

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

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

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Проектирование автоматизированной системы резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия

УДК 681.586:622.692.23-022.218

#### Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Карки Александр		29.05.23

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	К. Т. Н., доцент		29.05.23

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К. Э. Н., доцент		31.05.23

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	К. Т. Н., доцент		31.05.23

#### Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман Алёна Владимировна	—		02.06.23

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Цавнин Алексей Владимирович	К. Т. Н., доцент		05.06.23

Томск – 2023 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

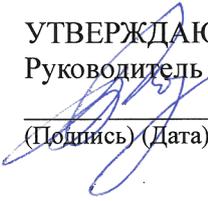
Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных обстоятельств и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции,

Код компетенции	Наименование компетенции
	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,

Код компетенции	Наименование компетенции
	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
<b>ПК(У)-10</b>	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
<b>ПК(У)-11</b>	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
<b>ПК(У)-18</b>	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
<b>ПК(У)-19</b>	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
<b>ПК(У)-20</b>	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
<b>ПК(У)-21</b>	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
<b>ПК(У)-22</b>	способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  

 Воронин А. В.  
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Карки Александр

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-88/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	08.06.2023
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: резервуарный парк подготовки углеводородного сырья промпредприятия. Цель работы: проектирование автоматизированной системы резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия.
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Разработка технического задания (ГОСТ 34.602-2020);</li> <li>– описание технологического процесса;</li> <li>– разработка структурной схемы АС;</li> <li>– разработка объема автоматизации;</li> <li>– разработка схем измерительно-вычислительного комплекса АС по ANSI S 5.4 для аналоговых и цифровых каналов;</li> <li>– разработка алгоритмов управления АС (задвижкой в командном и автоматическом режимах работы с экранной контекстной поддержкой оператора);</li> <li>– выбор средств реализации АС (КИП и исполнительных устройств с опросными листами, описанием их физических принципов работы,</li> </ul>

	выбором закладных, оценкой погрешности измерения); – расчет показателей надежности АС; – разработка принципиальных схем релейной автоматики пуска/останова ТУ.
<b>Перечень графического материала</b>	– Структурная схема; – схемы измерительно-вычислительного комплекса АС по ANSI S 5.4 для аналоговых и цифровых каналов; – блок-схемы алгоритмов управления.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН ШБИП, к. э. н.
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович, доцент ООД ШБИП, к. т. н.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
Заключение (Conclusion)	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	03.02.2023
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к. т. н., доцент		03.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Карки Александр		03.02.2023

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

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

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Карки Александр

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	08.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2023	Основная часть ВКР	60
31.05.2023	Раздел «Социальная ответственность»	20
31.05.2023	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

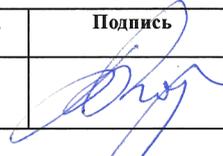
**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	К. Т. Н., доцент		03.02.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К. Т. Н., доцент		03.02.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Карки Александр		03.02.2023

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку на 106 страниц, 30 рисунков, 39 таблиц, 56 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: резервуарный парк подготовки углеводородного сырья, КИП, контрольно-измерительный прибор, преобразователь расхода, преобразователь давления, преобразователь температуры, уровнемер, сигнализатор уровня, анализатор газа, управление регулирующей арматурой, ПИД-регулятор, Simulink, SCADA, ГОСТ 21.408-2013, ANSI S 5.4.

Объект исследования – резервуарный парк подготовки углеводородного сырья промпредприятия.

Целью работы является проектирование автоматизированной системы резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия.

В выпускной квалификационной работе представлена автоматизация основных задач, выполняемых при управлении резервуарным парком.

Спроектированная система может быть использована для сбора информации о хранимом сырье в реальном режиме времени. Это позволит оперативно принимать решения. Защита от внештатных ситуаций автоматизирована полностью.

## Содержание

Введение.....	12
Определения, обозначения и сокращения.....	13
1 Техническое задание.....	14
2 Анализ резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия.....	18
2.1 Структура резервуарного парка.....	18
2.2 Конструкция резервуаров.....	19
2.3 Автоматизируемые процессы.....	19
2.4 Способы измерения параметров и управления процессами.....	21
2.5 Выводы по разделу.....	30
3 Автоматизированная система управления технологическим процессом.....	32
3.1 Выбор контрольно-измерительных приборов.....	32
3.2 Автоматическое регулирование расхода.....	47
3.2.1 Стабилизация расхода.....	47
3.2.2 Безопасное заполнение резервуара.....	52
3.2.3 Управление запорной арматурой.....	53
3.3 Схемы измерительно-вычислительного комплекса АС.....	54
3.4 Расчет надежности системы автоматизации.....	55
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	59
4.1 Техничко-экономическое обоснование.....	59
4.1.1 Технология QuaD.....	59
4.1.2 SWOT-анализ.....	60
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	63
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	63
4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ.....	64
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	66
4.3 Бюджет научно-технического решения.....	68
4.3.1 Расчет материальных затрат.....	68

4.3.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	68
4.3.3	Отчисления во внебюджетные фонды.....	70
4.3.4	Накладные расходы.....	71
4.3.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.	71
4.4	Оценка научно-технического уровня НИР.....	72
5	Социальная ответственность.....	78
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	79
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	79
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны... ..	79
5.2	Профессиональная социальная безопасность.....	80
5.2.1	Отклонение показателей микроклимата.....	81
5.2.2	Превышение уровня шума.....	83
5.2.3	Возможность поражения электрическим током.....	83
5.2.4	Отсутствие или недостаток естественного света.....	84
5.2.5	Электромагнитное и электростатическое излучения.....	85
5.3	Экологическая безопасность.....	86
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	87
5.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	88
5.5	Выводы по разделу.....	89
	Заключение.....	90
	Conclusion.....	92
	Список использованных источников.....	94
	Приложение А (обязательное) Блок-схема алгоритма управления клапаном.	102
	Приложение Б (обязательное) Схема автоматизации элементов резервуара по ГОСТ 21.408-2013.....	103
	Приложение В (обязательное) Схема автоматизации элементов резервуара в нотации ANSI S 5.4.....	104

Приложение Г (обязательное) Структура подключения элементов автоматизированной системой.....	105
Приложение Д (обязательное) Экран SCADA системы с параметрами одного резервуара.....	106

## Введение

Резервуары для хранения существовали всегда. По мере роста потребностей человечества в ресурсах также выросли требования и к резервуарам для хранения ресурсов. На сегодняшний день технологический прогресс позволяет удовлетворить многие требования без участия человека, в автоматическом режиме. Автоматизация позволяет улучшить многие характеристики резервуаров, такие как надёжность, точность, предсказуемость, безопасность.

В работе решена задача автоматизации типичных операций управления резервуарным парком, такие как базовые потребности учёта принятого и отгруженного объёма, состояния хранимой продукции, безопасный приём и отгрузка продукта, определение и предотвращение аварийных ситуаций. Это позволяет ускорить проводимые операции, увеличить их точность, сократить необходимый персонал и в совокупности снизить стоимость эксплуатации резервуарного парка в целом.

**Объект исследования:** резервуарный парк подготовки углеводородного сырья промпредприятия

**Цель работы:** проектирование автоматизированной системы резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

- разработать техническое задание,
- описать технологический процесс,
- определить объём автоматизации и разработать автоматизированную систему управления технологическим процессом.

## Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие сокращения и термины с соответствующими определениями:

**АРМ** – автоматизированное рабочее место.

**АС** – автоматизированная система.

**АСУ** – автоматизированная система управления.

**МДП** – местный диспетчерский пункт.

**ПЛК** – программируемый логический контроллер.

**РП** – резервуарный парк.

**САУ** – система автоматического управления.

**ТЗ** – техническое задание.

**ТП** – технологический процесс.

**ТОУ** – технологический объект управления.

**ТСАУ** – технические средства автоматизации и управления.

**SCADA** – инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) [1].

## **1 Техническое задание**

Техническое задание составлено согласно ГОСТ 34.602-2020.

### **1.1 Общие сведения**

- Полное наименование АС и ее условное обозначение: АС резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия;
- шифр темы (при наличии): отсутствует;
- наименование организации-заказчика АС, наименование организации-разработчика (при наличии сведений о ней): отсутствует;
- перечень документов, на основании которых создается АС, кем и когда утверждены эти документы: отсутствуют;
- плановые сроки начала и окончания работ по созданию АС: отсутствуют;
- общие сведения об источниках и порядке финансирования работ: отсутствуют.

### **1.2 Цели и назначение создания автоматизированной системы**

Автоматизированная система резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия предназначена для автоматизации процессов управления резервуарным парком.

#### **1.2.1 Назначение АС**

Система обеспечивает модернизацию резервуарного парка подготовки углеводородного сырья, а именно:

- управление в реальном времени технологическим процессом (приём, хранение, отпуск),
- улучшение безопасности процессов за счёт автоматизации проверок и повышения скорости реакции,
- удалённый контроль уровня продукта,
- контроль технологических параметров,
- удалённое управления насосными агрегатами.

### **1.2.2 Цели создания АС**

Цель создания автоматизированной системы в повышении качества решения следующих задач:

- получение информации с объектов автоматизации,
- оптимизация режимов работы объектов автоматизации,
- повышение точности и скорости измерений параметров объектов автоматизации,
- повышение безопасности процессов,
- минимизация издержек.

### **1.3 Характеристика объектов автоматизации**

Автоматизируется резервуарный парк из шести резервуаров, находящийся в томской области. Высота резервуаров 18 м, диаметр 40 м, минимальное расстояние между резервуарами 30 м [2, с. 9]. Центробежные насосы для приёма и отпуска продукта с параметрами: расход  $Q=350 \text{ м}^3/\text{ч}$ , напор  $H=50 \text{ м}$ . В качестве регулирующей арматуры используются шаровые краны диаметром  $D=0,15 \text{ м}$ .

### **1.4 Требования к автоматизированной системе**

#### **1.4.1 Требования к структуре АС в целом**

Расстояние до резервуарного парка не более одного км.

В критических зонах использовать взрывобезопасные решения.

Решения должны быть модульными, с возможностью замены каждого блока отдельно на стандартные аналоги. Нужно предусмотреть возможность расширения системы на три дополнительных резервуара.

#### **1.4.2 Требования к функциям (задачам), выполняемым АС**

Система должна измерять температуру, давление, концентрацию взрывоопасных газов в критических точках.

Контроль уровня в резервуарах должен производиться не менее, чем тремя независимыми датчиками.

АС контролирует насосы и запорную арматуру. Ограничить скорость передвижения жидкости при закачке и отгрузке [3]:

- при частично заполненной патрубке – до одного м/с,
- при полностью заполненной патрубке – до пяти м/с.

### 1.4.3 Общие технические требования к АС

Для определения температурных требований обратимся к статистике по Томску. Из таблицы 1 видно, что температура никогда не опускалась ниже минус 55 °С, достигала минус 50 °С только в 1950-х годах и ранее, средний минимум значительно выше; поднималась выше 30 °С не так давно (2014 год). Следовательно, автоматизированная система будет работать при рабочих температурах обычной электроники в диапазоне от минус 40 до плюс 50 градусов Цельсия. В случае изменения климатических условий потребуется подогрев элементов.

Таблица 1 – Данные для Томска. Температура воздуха, °С, год [4]

Месяц	Абсолют. минимум	Средний минимум	Средняя	Средний максимум	Абсолют. максимум
январь	-55,0 (1931)	-21,2	-17,5	-13,4	3,7 (1948)
февраль	-51,3 (1951)	-18,4	-14,2	-9,0	7,5 (2016)
март	-42,4 (1892)	-11,2	-6,3	-0,4	17,7 (2009)
апрель	-31,1 (1964)	-2,2	2,6	8,7	30,1 (2020)
май	-17,5 (1898)	4,9	10,4	17,5	34,4 (2004)
июнь	-3,5 (1961)	11,2	16,5	23,0	34,7 (1931)
июль	1,5 (1945)	13,8	18,8	25,0	35,6 (2014)
август	-1,6 (1902)	11,3	15,9	21,9	33,8 (1998)
сентябрь	-8,1 (1955)	5,2	9,2	14,7	31,7 (2010)
октябрь	-29,1 (1940)	-1,1	2,0	6,3	25,1 (1928)
ноябрь	-48,3 (1952)	-11,3	-8,2	-4,8	11,6 (2006)
декабрь	-50,0 (1938)	-18,5	-14,9	-11,1	6,5 (1975)
год	-55,0 (1931)				35,6 (2014)

Из таблицы 2 видно, что относительная влажность воздуха практически не меняется в течении года. Автоматизированная система должна работать при относительной влажности менее 85 % при любой температуре.

Таблица 2 – Относительная влажность воздуха, % [4]

янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	год
81	78	72	65	61	70	76	79	79	80	83	82	76

В процессе эксплуатации элементов системы в взрывоопасной зоне возможен контакт с агрессивной средой. Все внешние элементы должны быть защищены от дождя и пыли, степень защиты не ниже IP53 по ГОСТ 14254-2015.

Управление АС осуществляется одним человеком с автоматизированного рабочего места.

### **1.5 Порядок контроля и приемки автоматизированной системы**

Текущее состояние должно выводиться на экран пункта управления. Значения на экране должны соответствовать независимым замерам с учётом погрешности. Команды управления насосами должны выполняться реальными устройствами.

### **1.6 Источники разработки**

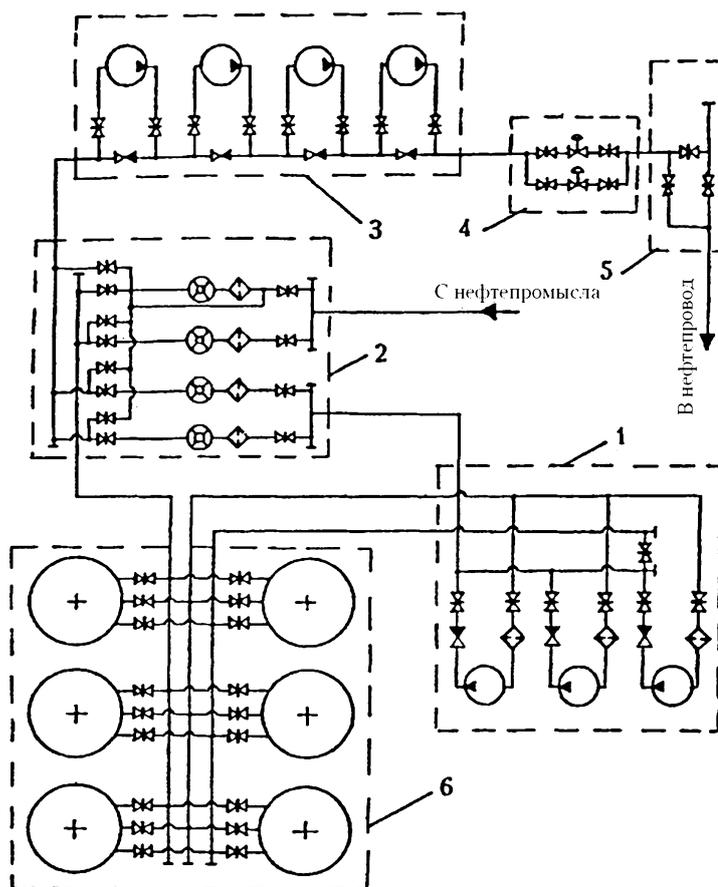
- ГОСТ 34.602-2020 Информационные технологии. КОМПЛЕКС СТАНДАРТОВ НА АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ. Техническое задание на создание автоматизированной системы;
- ГОСТ 14254-2015 СТЕПЕНИ ЗАЩИТЫ, ОБЕСПЕЧИВАЕМЫЕ ОБОЛОЧКАМИ (КОД IP);
- СНиП 2.11.03-93 СКЛАДЫ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ НОРМЫ;
- Рекомендации по предотвращению опасной электризации нефтепродуктов при наливке в вертикальные и горизонтальные резервуары [3].

## 2 Анализ резервуарного парка подготовки углеводородного сырья промпредприятия

Резервуарный парк широко используется на всей технологической цепочке обработки нефти: от временного хранения до последних этапов переработки. Технологический процесс требует принять и складировать доставленное сырьё, хранить продукцию и обеспечить её отгрузку в нужном объёме. Рассмотрим потенциал для автоматизации типичного резервуарного парка.

### 2.1 Структура резервуарного парка

Пример структуры резервуарного парка, интегрированной в инфраструктуру перекачивающей станции, показан на рисунке 1.



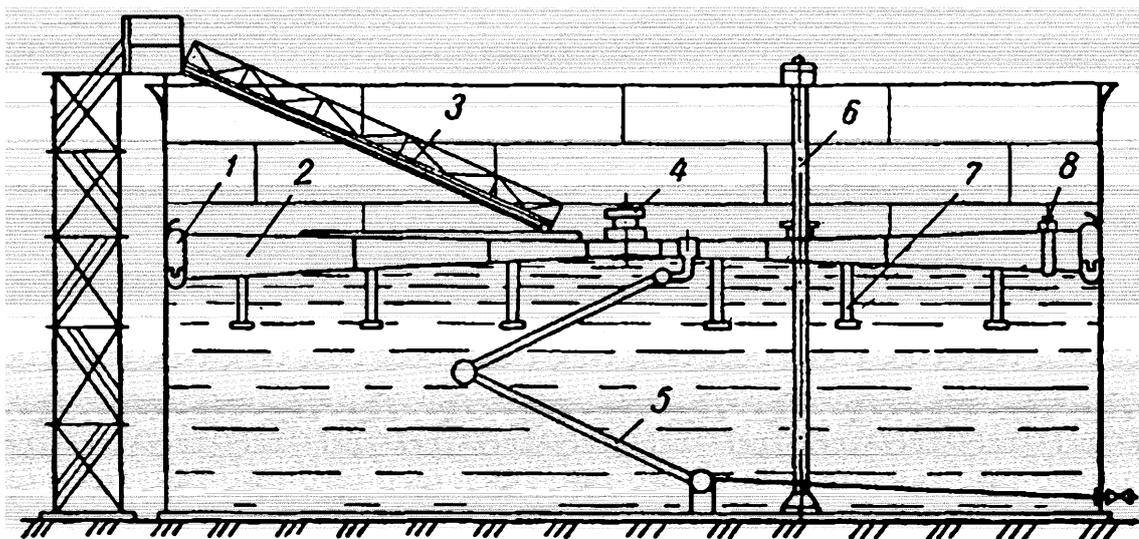
- 1 – подпорная насосная; 2 – площадка фильтров и счетчиков;  
3 – магистральная насосная; 4 – площадка регуляторов давления;  
5 – площадка пуска скребков; 6 – резервуарный парк

Рисунок 1 – Технологическая схема головной перекачивающей станции [5, с. 322]

Как видно из схемы рисунка 1, резервуарный парк цельным модулем встраивается в инфраструктуру объекта и это оптимальное решение для большинства случаев. Малое расстояние между резервуарами можно использовать при проектировании для оптимального использования ресурсов.

## 2.2 Конструкция резервуаров

Конструкция резервуара с плавающей крышей показана на рисунке .



1 – уплотняющий затвор; 2 – крыша; 3 – шарнирная лестница;  
4 – предохранительный клапан; 5 – дренажная система; 6 – труба; 7 – стойки;  
8 – люк

Рисунок 2 – Резервуар с плавающей крышей

## 2.3 Автоматизируемые процессы

Углеводородное сырьё является опасным продуктом как при использовании, так и во время хранения. Повысить контроль и безопасность можно через автоматизацию правил безопасного хранения и процедур работы с сырьём [6].

Основными задачами в этой области являются мониторинг, сбор и отображение информации о количестве имеющихся веществ, динамики их использования, отслеживания истории их изменения [7].

Обычно в АСУ ТП РП входят следующие подсистемы [8]:

– измерений уровня налива нефти и нефтепродуктов,

- предупреждения аварий и повреждений,
- размыва донных отложений,
- пожаротушения,
- управления резервуарным парком.

АСУ ТП РП создаётся с целью централизованно контролировать и управлять РП из местных диспетчерских пунктов (МДП) непосредственно у ТОУ.

В МДП необходимо передавать следующие параметры:

- уровень заполненности резервуаров,
- температура по слоям продукта в резервуарах.

Измеренные параметры контролируются на:

- достоверность – через диапазон допустимых значений,
- допустимые рабочие параметры для резервуаров,
- свободный объем ёмкости,
- соответствие положения запорной арматуры,
- состояние средств локальной автоматики и каналов связи.

В рамках этой работы не будут рассмотрены системы пожаротушения и размыва донных отложений. Все остальные процессы будут автоматизированы.

Функциональная схема автоматизируемого резервуарного парка представлена на рисунке 3.

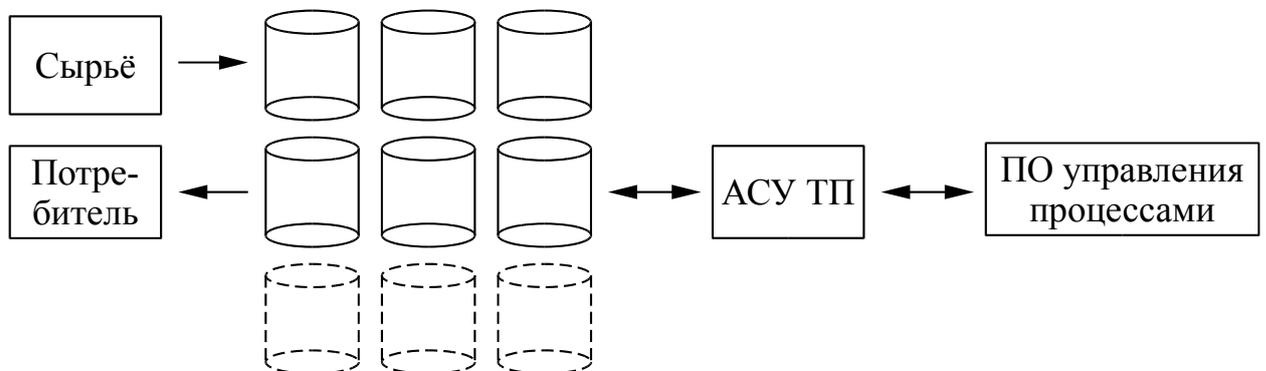


Рисунок 3 – Функциональная схема автоматизируемого резервуарного парка

Из требований ТЗ следует, что каждый резервуар должен быть оборудован согласно структурной схеме на рисунке 4, описание в таблице 3.

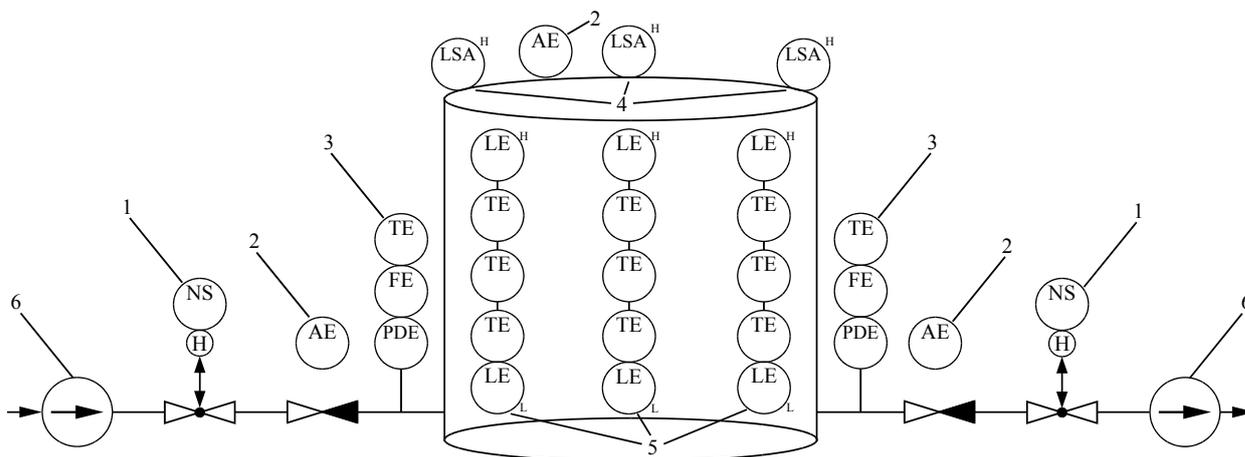


Рисунок 4 – Расположение автоматизируемых элементов резервуара

Таблица 3 – Описание групп, использованных на рисунке 4

Группа	Описание
1	электрические приводы для управления запорной арматурой
2	анализаторы газа для определения утечки и других возможных аварийных состояний
3	измеряет состояние входного/выходного патрубков
4	определяет достижение максимального уровня заполнения
5	устанавливается внутри резервуара, требует взрывобезопасного исполнения, показывает температуру в нескольких точках, точно измеряет уровень заполнения в трёх точках для предотвращения перекоса понтона, измеряет уровень подтоварной воды
6	насосы на входе и выходе

## 2.4 Способы измерения параметров и управления процессами

Проанализируем литературу для выявления оптимальных решений по измерению необходимых параметров и управлению процессом.

### 2.4.1 Преобразователь расхода

Для отслеживания объёмов закаченного и опущенного сырья необходимо использовать расходомеры, но не все типы расходомеров применимы для нефтепродуктов [9]. Сравним возможные решения, основанные на разных физических принципах.

В статье о преобразователях расхода нефти [10] рассматриваются четыре принципа измерения расхода:

- преобразователь массового расхода,
- лепестковый/камерный преобразователь расхода,
- турбинный преобразователь расхода,
- ультразвуковой преобразователь расхода.

Перечислены возможные причины сбоев во время их работы:

- метрологические (вызванные значительными изменениями характеристик измерительного прибора),
- деградация (вызывает разрушение части или всего оборудования),
- конструктивные (вызвана недочётами в конструкции),
- операционные (загрязнение устройства, попадание чужеродных объектов).

При выборе датчика важно учесть все эти риски в контексте их использования. Практика показывает, что также необходимо учесть следующие факторы:

- размер и массу измерителя расхода,
- минимальное давление на входе – для избежания эффекта кавитации,
- положение измерителя в системе труб,
- структура измерительной системы (в здании, на открытой местности),
- потребность в дополнительном оборудовании (выпрямление струи),
- доступность местных производителей.

Литература упоминает возможность косвенного определения расхода по давлению [11]. Акцент делается на простоте и дешевизне решения, что актуально в нефтяной промышленности при использовании труб большой протяжённости. Приводимые данные говорят о расхождении измерения от истинного значения порядка 1 %. Для регулирования расхода это решение не подходит, так как на давление влияет диаметр трубы, который меняется при регулировании. Возможно было бы косвенно определить и диаметр, но это

только увеличивает погрешность, которая должна быть довольно низкой, чтобы точно отмерять закаченный и отгруженный объёмы.

Описан теоретически возможный метод измерения расхода, схожий по принципу с кориолисовым, но лишённый некоторых недостатков, таких как малый диаметр проходного отверстия и, предположительно, низкая стоимость. Когда появятся датчики на его основе, выбор датчика стоит пересмотреть ещё раз, т. к. подобный датчик без контакта его механизма с проводимой средой был бы идеальным решением [12].

В сравнении вихревых, кориолисовых и термоанемометрических расходомеров упоминается слабая защищённость всех трёх от электромагнитных помех. К вибрациям наименее устойчивы вихревые расходомеры. Для всех трёх расходомеров рабочая температура выше 200 °С. Термально-массовый метод наилучшим образом себя зарекомендовал в работе на газовых средах. Вихревой метод измерения лучше всего подходит для измерения расхода пара, а кориолисовый – для измерения массы жидкости [13].

Каких-то явных ограничений одной или другой технологии не выявлено. Стоит рассматривать конкретные модели и сравнить заявленные характеристики и цены.

Из применимых для нефтепродуктов способов измерения расхода на данный момент есть активные патенты для:

Для преобразователя массового расхода одно изобретение относится к области расхода жидких сред и может быть использовано в измерительных устройствах для измерения расхода жидкости с помощью ультразвука. Пошлина учтена за 14 год с 02.06.2022 по 01.06.2023 [14]. Другое изобретение относится к расходомерной технике на основе ультразвуковых преобразователей и может найти применение для контроля расхода текучих сред. Пошлина учтена за 20 год с 28.11.2022 по 27.11.2023. [15]

Для турбинных преобразователей расхода одно изобретение относится к геофизическим исследованиям действующих нефтяных скважин и предназначено для оценки производительности погружных нефтяных насосов в

процессе эксплуатации. Пошлина учтена за девятый год с 16.10.2022 по 15.10.2023 [16]. Другое изобретение относится к нефтедобывающей промышленности и предназначено для идентификации прорыва газа в турбинном счетчике за счет резкого увеличения частоты вращения лопастей турбины. Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 19.03.2023 по 18.03.2024 [17].

Для ультразвукового преобразователя расхода одно изобретение относится к ультразвуковому расходомеру для измерения расхода текучей среды. Пошлина учтена за девятый год с 30.10.2022 по 29.10.2023 [18]. Также предложены устройство и способ ультразвукового измерения расхода вязких текучих сред. Пошлина учтена за девятый год с 26.02.2022 по 25.02.2023 [19].

Для лепестковых/камерных преобразователей расхода одно изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано для измерений объёма и объёмного расхода жидкой фазы в составе газожидкостной смеси, например, нефти в составе нефтегазовой смеси. Пошлина учтена за третий год с 06.11.2022 по 05.11.2023 [20]. Другое изобретение также относится к области измерительной техники и может быть использовано для измерений массы и массового расхода жидкой фазы газожидкостной смеси. Пошлина учтена за шестой год с 01.07.2022 по 30.06.2023 [21].

#### **2.4.2 Преобразователь давления**

Для повышения безопасности системы важно своевременно получать сигнал о превышении допустимых значений. Определить текущее значение возможно несколькими типами датчиков [22]:

- тензометрические,
- пьезорезисторные,
- ёмкостные,
- резонаторные,
- ионизационные,
- индуктивные.

Наиболее распространены датчики, основанные на принципах преобразования:

- тензометрический,
- ёмкостный,
- индуктивный.

Кремниевые датчики давления обладают высокой чувствительностью, линейностью шкалы и небольшим гистерезисом; чувствительны к температуре. Металлические резисторы, как и кремниевые, имеют достаточно высокую чувствительность, надежность и стабильность метрологических характеристик; изнашивается за несколько дней [23].

Электрические датчики практически не применимы из-за вероятности мгновенного воспламенения в случае возникновения искры. Конструкция волоконно-оптических датчиков гидростатического давления должна обеспечить высокую чувствительность датчика, например, при изменении уровня нефтепродуктов в резервуаре высотой 20 м на незначительную величину порядка 1 мм [24].

Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова состоит в международной организации HART Communication Foundation и их продукция поддерживает HART-протокол, что позволило бы упростить конструкцию системы автоматизации и повысить точность передаваемых значений [25].

Есть активные патенты для основных способов измерения давления, кроме индуктивных.

Для тензометрического преобразователя давления существует очень мало патентов. Изобретение относится к области измерительной техники и промышленной электроники и служит для измерения деформаций, усилий, давлений и других физических величин с помощью тензорезисторных датчиков, собранных в измерительный мост. Пошлина учтена за пятый год с 06.12.2022 по 05.12.2023 [26].

Для ёмкостного преобразователя давления одно изобретение относится к измерительной технике, в частности для измерения статического и динамического давления без нарушения целостности обтекания потока газа и изделий. Ёмкостный датчик давления состоит из двухсторонней фольгированной диэлектрической пленки, являющейся основанием датчика. Пошлина учтена за 12 год с 25.11.2022 по 24.11.2023 [27].

### **2.4.3 Преобразователь температуры**

Для недопущения нежелательных процессов в хранимом сырье важно знать его текущую температуру.

Опубликовано теоретическое исследование возможности измерения температуры через преломление в оптическом волокне [28]. Это был бы идеальный вариант для взрывоопасных областей. Исследованию более десяти лет, есть шанс, что уже появились датчики на его основе.

Термопары также решают задачу достаточно эффективно, с точностью 0,1 °С, но нужна правильная фильтрация шумов и линеаризация. Описано простое решение на основе микроконтроллера с АЦП MAX11200 [29].

Проведён обзор датчиков на различных принципах. Исследованы датчики на основе прямого замера энергии вещества и замера инфракрасного излучения на расстоянии. Все датчики по принципу измерения подразделяются на [30, 31, 32]:

- термоэлектрические (термопары) – высокая точность;
- терморезистивные – проще термоэлектрических;
- полупроводниковые – нестабильности характеристик во времени;
- акустические – измеряют температуру в среде, недоступной для прямого измерения;
- пирометры – измерения бесконтактным методом на расстоянии;
- пьезоэлектрические – кварцевые пластины способны работать в условиях повышенной влажности.

Описан модуль, собранный из готовых компонентов, работающий на технологии RFID от аккумулятора. В данном случае дальность считывания

температуры и влажности была от двух метров. Время автономной работы ожидается до шести лет [33].

У описанных интегральных датчиков температуры слишком большая погрешность:  $\pm 2$  °C [34].

Запатентованные решения (действующий патент) существуют для термоэлектрических преобразователей температуры. Изобретение относится к термометрии и может быть использовано при измерении температуры на оборудовании, применяемом в длительных технологических циклах. Пошлина учтена за 17 год с 29.03.2022 по 28.03.2023 [35].

Для терморезистивного способа есть только патент на измерение крайне низких температур (ниже 1,5 K), что можно объяснить большим возрастом открытия. Изобретение относится к низкотемпературной электронике. Терморезистивный элемент с положительным температурным коэффициентом сопротивления включает термочувствительный слой и электрические контакты. Пошлина учтена за третий год с 12.03.2022 по 11.03.2023 [36].

#### **2.4.4 Уровнемер**

Для контроля уровня прямым измерением используется уровнемеры. Знание уровня заполненности резервуара очень важно для предотвращения переполнения и учёта продукции. Зная уровень заполненности возможно вычисление косвенных параметров, таких как объёма содержимого.

Для безопасности системы важно не допустить переполнения резервуара и желательно продублировать сигнализацию достижения критического уровня используя разные способы измерения.

Описан инновационный метод измерения для взрывобезопасных зон, но заявленная точность не самая высокая в индустрии – (0,5—1,0) %. Одно из основных заявленных преимуществ – низкая цена по сравнению с альтернативными технологиями [32].

Проведён сравнительный анализ всех существующих методов измерения уровня жидкости. Основные преимущества каждого типа уровнемеров применительно к среде, в которой их планируется использовать [37]:

- радарные – измерение уровня и уровня границы раздела сред, изменение любой плотности без перенастройки, нет подвижных частей;
- ультразвуковые – не зависит от изменений плотности и прочей среды;
- датчики давления – показания зависят от плотности жидкости, плохо работают с затвердевшими материалами;
- ёмкостные – может работать при переменной плотности среды, при наличии вязких продуктов, пенистых материалов, измеряет уровень границы раздела сред;
- буйковые – определяют уровень границ двух сред, но нужна регулярная калибровка, изменения плотности сильно влияют на точность;
- радиоизотопные – не требует контакта с процессом;
- магнитострикционные – определяют момент пересечения линии;
- вибрационные сигнализаторы уровня – отсутствие подвижных частей, непригодны для работы в очень вязких средах;
- поплавковые сигнализаторы уровня – очень надежны, требуют постоянного обслуживания.

Таким образом для планируемых условий использования лучше всего подходят датчики ёмкостные и радарные.

Действующие патенты есть на радарные уровнемеры. Изобретение относится к измерению уровня жидкости в резервуаре, а именно к системе радарного уровнемера. Пошлина учтена за девятый год с 04.11.2022 по 03.11.2023 [38].

Действующие патенты есть на ёмкостные уровнемеры. Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для измерения уровня жидких продуктов, в частности нефти и нефтепродуктов. Пошлина учтена за 13 год с 18.12.2021 по 17.12.2022 [39].

Для ёмкостных уровнемеров есть только один патент.

#### **2.4.5 Анализатор газа**

Отклонения в составе воздуха около объекта могут свидетельствовать о нежелательных процессах в хранимом сырье. Во время присутствия человека на объекте важно знать о наличии/отсутствии вредных веществ в воздухе.

Описано, что развитие оптических технологий идет по двум направлениям: на основе чёрного тела и на основе твердотельных светодиодов и фотодиодов [40].

Описана технология низкотемпературных датчиков газов для взрывоопасных сред [41].

Описано применение термокаталитических датчиков [42].

Разработки ведутся в области анализаторов газа, о чём свидетельствует действующий патент. Группа изобретений относится к области сенсорной техники и нанотехнологий, в частности, к изготовлению газовых сенсоров и газоаналитических мультисенсорных линеек. Установленный срок для уплаты пошлины за третий год: с 23.11.2022 по 22.11.2023 [43].

#### **2.4.6 Обеспечение искробезопасности**

В резервуаре планируется хранить пожароопасное сырьё и возникновение искры в некоторых зонах недопустимо.

Рассматриваются основные принципы обеспечения искробезопасности при эксплуатации электронных приборов во взрывоопасных средах [44].

ГОСТ 30852.9–2002 определяет степень взрывоопасности зон [45].

#### **2.4.7 Управление запорной арматурой**

Для ограничения скорости загрузки и отгрузки сырья необходимо управлять запорной арматурой.

Рассмотрены вопросы моделирования работы задвижек при низких температурах [46].

Описаны экспериментальные исследования влияния нефтяной среды на прочность запорной арматуры [47].

#### **2.4.8 Управление резервуарным парком**

Собрав информацию обо всех параметрах необходима система более высокого уровня для правильного использования этих данных.

Рассмотрено применение решений для управления резервуарным парком на основе шины Foundation Fieldbus [48].

Рассмотрены вопросы современной модернизации резервуарных парков [49, 50, 51, 52].

#### **2.5 Выводы по разделу**

После рассмотрения возможных решений, основанных на разных принципах действия, можно рекомендовать (по возможности) использовать датчики с цифровым преобразователем, а также:

- для преобразователя расхода сравнить конкретные продукты на рынке, основанные на одной из четырёх технологий, пригодных для использования для нефтепродуктов, и, возможно, перейти на альтернативный кориолисов метод измерения, когда появится продукция на его основе;

- для преобразователя давления можно использовать любой из самых распространённых (тензометрический, ёмкостный, индуктивный), также рассмотреть решения на основе волоконно-оптических способов измерения;

- для преобразователя температуры рассмотреть термоэлектрические и терморезистивные преобразователи, также рассмотреть решения на основе волоконно-оптических способов измерения;

- для уровнемера заполненности и свободной воды есть датчики, измеряющие оба параметра (радарные и ёмкостные);

- для анализатора газа есть технология низкотемпературных датчиков газов для взрывоопасных сред;

- для обеспечения искробезопасности выбрать одно из промышленных решений;

– для управления запорной арматурой выявлено, что нефтяная среда не влияет на прочность запорной арматуры, любая промышленная арматура подходит для решения этой задачи;

– для управления резервуарным парком в целом выбор технологий определяют возможности оборудования, использованного для измерения технологических параметров.

### 3 Автоматизированная система управления технологическим процессом

#### 3.1 Выбор контрольно-измерительных приборов

##### 3.1.1 Преобразователь расхода

Сравним модели, использующие разные технологии: ультразвуковой, роторный и вихревой (переменного перепада давления).

Таблица 4 – Сравнительная таблица расходомеров

	ВЗЛЕТ <sup>1</sup>	ЭМИС <sup>2</sup>	ТехЭнерго <sup>3</sup>
Расход, м <sup>3</sup> /ч	0,01—12200	18—605	0,03—1800
Погрешность, %	$\pm \left( 1,2 + \frac{0,2}{v} \right)$	$\pm (0,5; 1,0; 1,5)$	$\pm (0,15; 0,25; 0,5)$
Технология	ультразвуковой	вихревой	двухроторный
Скорость потока, м/с	до 20	—	—
Диаметр, мм	10—5000	15—300	8—400
Температура рабочей среды, °С	-30—160	-60—450	-40—60; 0—250
Температура окружающей среды, °С	-40—65	-40—70	-40—70
Класс защиты	IP54/IP68	IP67	IP56, IP65
Выходной сигнал	– универсальный, – токовый, – RS-232, – RS-485, – Ethernet	– (4—20) мА, – HART, – импульсный, – дискретный, – частотный, – Modbus RTU	– токовый, – импульсный, – RS-485
Цена, Р	от 170 000	111 940	от 50 000
Примечание – здесь (и далее) в заголовке подчёркнуто выбранное оборудование			

<sup>1</sup> ВЗЛЕТ МР УРСВ-510 ц

<sup>2</sup> ЭМИС-ВИХРЬ 200

<sup>3</sup> ИЦ ТехЭнергоКомп РОТЭКмер

Из рассмотренных вариантов расходомеров самая низкая погрешность у двухроторного расходомера ИЦ ТехЭнергоКомп РОТЭКмер. По всем остальным параметрам он также подходит, включая самую низкую цену. Единственный минус в использовании подвижных частей для измерения. Ультразвуковой даёт слишком большую погрешность, при этом цена выше в несколько раз. У вихревого расходомера погрешность схожая с двухроторным, но есть дополнительные ограничения на концентрацию газа в жидкости. Решения на основе эффекта Кориолиса слишком дорогие, их установка экономически неоправдана. Оптимальным решением будет двухроторный расходомер «ИЦ ТехЭнергоКомп РОТЭКмер» – представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Двухроторный расходомер ИЦ ТехЭнергоКомп РОТЭКмер

### **3.1.2 Преобразователь давления**

Давление во входном и выходном патрубке преобразует датчик давления. Через давление совместно с данными по объёму возможно вычислить массу и плотность содержимого. В данном случае достаточно датчика избыточного давления – в измерении абсолютного давления необходимости нет. Модели преобразователей давления представлены в таблице 5.

Преобразователей давления нужно всего два на каждый резервуар, поэтому цена не является решающим фактором. При прочих равных датчик «Piezus APZ 3420» даёт возможность подключения по протоколу Modbus RTU, что предпочтительнее из-за большего удобства подключения и простоты работы с цифровыми данными. Датчик «Piezus APZ 3420» показан на рисунке 6.

Таблица 5 – Сравнительная таблица преобразователи избыточного давления

	Овен <sup>1</sup>	ЭМИС <sup>2</sup>	Пьезус <sup>3</sup>
Давление, МПа	0,001—100	-0,1—70	0—60
Погрешность, %	0,25; 0,5; 1,5	± (0,04—1,0)	0,5; 0,25; 0,20
Технология	кремний на кремнии	—	кремниевый тензорезистивный
Температура рабочей среды, °С	-40—100	-40—120	-40—125
Температура окружающей среды, °С	-40—80	—	-50—85
Влажность воздуха, %	—	95 ± 5	полевой корпус
Класс защиты	IP65	IP65/66/67/68	IP65/67/68
Выходной сигнал	– (4—20) мА	– (4—20) мА, – HART	– аналоговый, – HART, – Modbus RTU
Цена, Р	от 8 910	от 7 600	от 12 100



Рисунок 6 – Датчик избыточного давления Piezус APZ 3420

### 3.1.3 Преобразователь температуры

Для обеспечения безопасности при работе с горючими средами и нестабильными химическими соединениями важно знать их реальную температуру. Сравнительные характеристики термопреобразователей представлены в таблице 6. Технологический процесс не требует высокой точности показаний температуры: автоматизированная система не меняет температуру. При возможности подключить первичный преобразователь напрямую в контрол-

<sup>1</sup> Овен ПД100И-ДИ4,0

<sup>2</sup> ЭМИС-БАР 103

<sup>3</sup> Piezус APZ 3420

лер можно использовать ВЗЛЕТ ТПС. Для построения полностью цифровой системы выбран датчик Рэлсиб Т.Pt-RS-DIN-6-75-(-70/+200)-М (рисунок 7).

Таблица 6 – Сравнительная таблица термопреобразователей

	ВЗЛЕТ ТПС <sup>1</sup>	Овен <sup>2</sup>	НПК Рэлсиб <sup>3</sup>
Диапазон измерений, °С	-50—100	-40—600	-70—200
Тепловая инерция, с	—	20—40	—
Погрешность, °С	± 0,15	± 1	± 0,5
Технология	сопротивление	сопротивление	сопротивление
Температура окружающей среды, °С	-50—100	-40—85	-40—55
Влажность воздуха, %	—	—	0—95
Класс защиты	IP65	IP54/65	IP54
Выходной сигнал	первичный преобразователь	Modbus RTU	Modbus
Цена, Р	5 658	от 20 160	от 5 790



Рисунок 7 – Термопреобразователь Рэлсиб Т.Pt-RS-DIN-6-75-(-70/+200)-М

### 3.1.4 Преобразователь уровня заполненности и свободной воды

Для данного проекта не подходят кондуктометрические датчики, т. к. продукт является диэлектриком, зато подходят датчики ёмкостного типа. Погрешность должна быть минимальной, не более пары миллиметров, из-за

<sup>1</sup> ВЗЛЕТ ТПС-100П

<sup>2</sup> Овен ДТС125М.RS термосопротивления с цифровым интерфейсом RS-485

<sup>3</sup> НПК Рэлсиб Т.Pt-RS-DIN-6-75-(-70/+200)-М

большого диаметра резервуаров и стоимости продукта. Возможные варианты датчиков представлены в таблице 7. Под задачи проекта лучше остальных решений подходит комплекс ИГЛА ДУ-Б.2 (рисунок 8). У комплекса несколько преимуществ:

- уровень измеряется ёмкостным способом с низкой погрешностью,
- измеряется также уровень подтоварной воды,
- измеряется также температура.

Таблица 7 – Сравнительная таблица уровнемеров

	Овен <sup>1</sup>	ВЗЛЕТ <sup>2</sup>	ИГЛА <sup>3</sup>
Диапазон измерений, м	0,025—4	0,4—20	0,015—20
Погрешность, мм	Дискретность (5 или 10) мм	± 2,0	± 1,0
Плотность рабочей среды, г/см <sup>3</sup>	не менее 0,65	—	0,68—0,88
Технология	поплавковый	радарный	ёмкостной
Температура рабочей среды, °С	-60—125	—	-40—50
Температура окружающей среды, °С	—	-40—60	-40—50
Класс защиты	—	IP67	IP54, Ex
Выходной сигнал	– Modbus RTU	– (4—20) мА, – Modbus RTU, – HART	– RS-485 ASCII (HostLink)
Цена, Р	от 24 330	по запросу	от 71 000

<sup>1</sup> ПДУ-RS-EXD цифровой поплавковый уровнемер с интерфейсом RS-485

<sup>2</sup> ВЗЛЕТ РУ Ex

<sup>3</sup> ИГЛА ДУ-Б.2

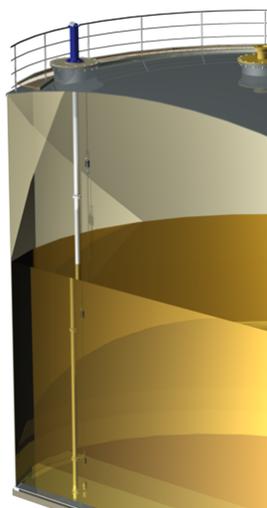


Рисунок 8 – ИГЛА ДУ-Б.2

Уровнемер ИГЛА ДУ-Б.2 является частью модульной системы. Есть возможность расширить систему дополнительными датчиками измерения температуры на нескольких уровнях и плотности жидкости. Установив три уровнемера возможно определить перекося крыши. Система может быть установлена в резервуары с понтоном. На рисунке 9 представлена типовая схема подключения системы к резервуарному парку – все датчики внутри резервуара подключаются к одному блоку, через который соединяются с интерфейсом RS-485.

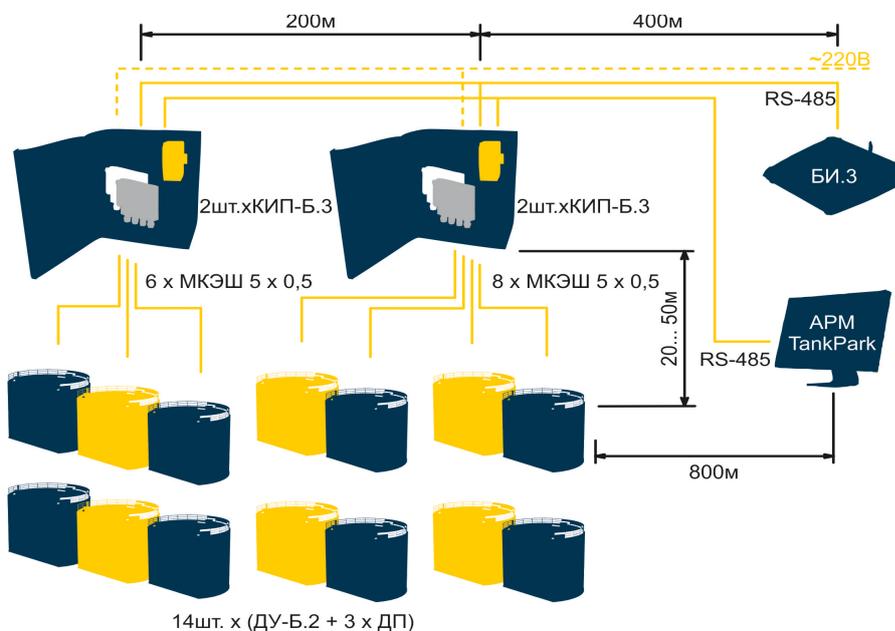


Рисунок 9 – Система Игла для измерения уровня жидкости

### 3.1.5 Сигнализатор уровня

Защита от перелива будет надёжнее, если измерение уровня дублировать на основе других физических принципов. Буйковый сигнализатор уровня подходит и для резервуаров с понтоном. Возможные решения в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнительная таблица сигнализаторов уровня

	РИЗУР-М-П	ИИТ СУ1 <sup>1</sup>	СЕНСОР <sup>2</sup>
Погрешность, мм		± 5	
Плотность рабочей среды, кг/м <sup>3</sup>	не менее 700	—	не менее 450
Температура рабочей среды, °С	-60—150	не более 65	—
Температура окружающей среды, °С	-60—60	—	-50—60
Влажность воздуха, %	—	100	—
Класс защиты	IP65/67/68, Ex	—	IP66, Ex
Выходной сигнал	– сухой контакт, – (4—20) мА, – NAMUR	—	– W5, – W5DH3, – NAMUR
Цена, ₽	от 25 000	42 200	24 000

Решение от НПП «СЕНСОР» выглядит предпочтительнее, хотя принципиальных отличий между рассмотренными вариантами нет. Стандарт NAMUR позволяет диагностировать отказ (обрыв линии и замыкание) и может быть использован во взрывоопасных зонах. Датчик ПМП-022 показан на рисунке 10.

<sup>1</sup> ООО Предприятие "Информационно-измерительная техника" ДС-100ПТ

<sup>2</sup> НПП «СЕНСОР» ПМП-022



Рисунок 10 – Сигнализатор уровня НПП «СЕНСОР» ПМП-022

### 3.1.6 Преобразователь интерфейса NAMUR

Сигнализаторы уровня подключаются по стандарту NAMUR. Чтобы интегрировать их в цифровую сеть необходимо включить в цепь преобразователь в сигнал RS-485. В таблице 9 представлены возможные модули. Решение от Центравтоматика предназначено для использования в помещениях и не подходит по температуре окружающей среды. Решение от RealLab! также не подходит для климатических условий объекта. CHRONOS METER предлагает оптимальное решение как по климатическим требованиям, так и по количеству каналов и по цене. Модуль СИПУ 485.4N.B5 представлен на рисунке 11.

Таблица 9 – Сравнительная таблица преобразователей интерфейса NAMUR

	Центравтоматика <sup>1</sup>	RealLab! <sup>2</sup>	<u>CHRONOS</u> <sup>3</sup>
Каналов	1	8	4
Температура окружающей среды, °С	5—50	-40—70	-40—55
Влажность воздуха, %	80	30—80	90
Класс защиты	IP20	IP20, Ex	IP65
Выходной сигнал	RS-485	RS-485	RS-485
Цена, Р	по запросу	12 816	4 313

<sup>1</sup> ЗАО НПП "Центравтоматика" Модуль ввода сигналов "NAMUR" MBCH-Ex ЦКЛГ.421433.011 ТУ

<sup>2</sup> RealLab! SLA-8DIN-M

<sup>3</sup> CHRONOS METER Счетчик импульсов SET.SIPU.RS (RS-485) 4-х канальный СИПУ 485.4N.B5



Рисунок 11 – Счетчик импульсов SET.SIPU.RS

### 3.1.7 Анализатор газа

В проекте погрешность анализатора газа малозначима. Скорость реакции должна быть достаточной, чтобы была возможность своевременного принятия решения. Возможные решения представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнительная таблица анализаторов газа

	Эл. стандарт <sup>1</sup>	Авангард <sup>2</sup>	<u>Аналитприбор</u> <sup>3</sup>
Время установления выходных сигналов, с	не более 10	120	30
Время прогрева, мин	не более 10	не более 15	—
Технология	—	—	инфракрасный
Температура окружающей среды, °С	-60—90	-40—50	-60—80
Влажность воздуха, %	95	30—90	—
Класс защиты	IP66/67, Ex	—	IP66/68, Ex
Выходной сигнал	– (4—20) мА, – Modbus RTU, – HART, – сухой контакт	– RS-485, – Modbus	– (4—20) мА, – реле, – RS-485, – HART
Цена, Р	от 135 000	17 400	114 974,40

Решение от Авангард слишком медленно реагирует на изменения и предназначено для установки в помещениях, поэтому не подходит для ис-

<sup>1</sup> Электронстандарт прибор ПГТ-903У-метан

<sup>2</sup> Авангард АВУС-ДГ-СН<sub>4</sub>

<sup>3</sup> Аналитприбор ДАК-СН<sub>4</sub>-129

пользования в этом проекте. Модель от Электронстандарт подходит по основным параметрам, но несколько дороже продукта от Аналитприбор. Последний анализатор подходит по всем параметрам – представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Анализатор газа Аналитприбор ДАК-СН<sub>4</sub>-129

### 3.1.8 Обеспечение искробезопасности

Для защиты в случае молнии и при ошибках обслуживания в системе устанавливается барьер искробезопасности. Возможные решения представлены в таблице 11. Модуль от RealLab! поддерживает только один канал, за такие же деньги можно найти модули с большим количеством каналов. Решение от ЭлеСи не подходит по минимальной рабочей температуре. Модуль ЛенПромАвтоматика ЛПА-410-4032 показан на рисунке 13.

Таблица 11 – Сравнительная таблица барьеров искробезопасности

	RealLab! <sup>1</sup>	ЭлеСи <sup>2</sup>	ЛПА <sup>3</sup>
Каналов	1	6	2
Температура окружающей среды, °С	-40—70	-20—60	-40—70
Влажность воздуха, %	100	95	90
Класс защиты	IP20	IP30	IP20
Выходной сигнал	RS-485	RS-485	RS-485
Цена, Р	от 6 300	по запросу	6 970

<sup>1</sup> RealLab! SL-485

<sup>2</sup> ЭлеСи ЕТ 186, ЕТ 187

<sup>3</sup> ЛенПромАвтоматика ЛПА-410-4032



Рисунок 13 – Барьер искробезопасности ЛенПромАвтоматика ЛПА-410-4032

### 3.1.9 Управление регулирующей арматурой

Для управления регулирующей арматурой есть готовые коммерческие решения разной сложности. Основное влияние на цену оказывает использованный электропривод, различные исполнения на основе одного электропривода отличаются незначительно. Поэтому для сравнения выбраны решения от разных производителей с одинаковым крутящим моментом – представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительная таблица исполнительных механизмов

	Чебоксары <sup>1</sup>	РэмТЭК.П.600	ЗЭИМ <sup>2</sup>
Диапазон ограничения момента, $H \cdot m$	630	120—600	630
Номинальное время полного хода, с	25	—	25
Номинальная потребляемая мощность, не более, Вт	200	—	550
Тип двигателя	—	—	ДСТР140-6,0-300
Температура окружающей среды, °С	—	-63—50	-40—50
Класс защиты	IP54/65, Ex	IP67/68, Ex	IP65/67/68, Ex

<sup>1</sup> ООО «ПКП «Чебоксарыэлектропривод» МЭОФ-630/25-0,25 -ПВТ4Gb

<sup>2</sup> ЗЭИМ МЭОФ-630-Е1-ПХТ4-02К с блоком управления КИМ1

Продолжение таблицы 12

	Чебоксары	РэмТЭК.П.600	ЗЭИМ
Управление	– (4—20) мА	– Modbus RTU, – Profibus DP, – PROFINE, – ETHERCAT, – CAN, – HART, – FF BUS	– (4—20) мА, – Modbus RTU
Цена, Р	44 940,00	по запросу	59 895,60

Из рассмотренных решений у РэмТЭК.П.600 больше всего возможностей и он поддерживает больше всего протоколов взаимодействия, что излишне для планируемого применения и влияет на цену. Продукт от Чебоксары электропривод самый простой из рассмотренных и требует внешней генерации импульсов, что повышает требования к контроллеру. Оптимальным набором возможностей и ценой обладает модель ЗЭИМ МЭОФ-630-Е1-ПХТ4-02К с блоком управления КИМ1 – рисунок 14: он выполняет поставленную задачу в нужных условиях, разгружает контроллер и поддерживает цифровой протокол, что может упростить подключение.



Рисунок 14 – ЗЭИМ МЭОФ-630-Е1-ПХТ4-02К с блоком управления КИМ1

### 3.1.10 Программируемый логический контроллер

После выбора всех контрольно-измерительных приборов появляется достаточно информации для выбора программируемого логического контроллера.

лера. В таблице 13 представлены интерфейсы соединения с датчиками и устройствами полевого уровня для одного резервуара.

Таблица 13 – Интерфейсы подключения полевых датчиков

Интерфейс, оборудование	Требуется регуляционный опрос	Количество
<b>RS-485</b>		<b>18</b>
Контроллер	нет	1
Преобразователь расхода	да	2
Преобразователь давления	да	2
Преобразователь температуры	да	2
Сигнализатор предельного уровня	да	3
Анализатор газа	да	3
Управление запорной арматурой	да	2
Управление насосом	нет	2
Уровнемер заполненности и свободной воды	да	1

Для соединения элементов системы нужно знать расстояния между элементами. План резервуарного парка с размерами согласно СНиП [2] представлен на рисунке 15, высота резервуара 18 м. Из плана видно, чтобы соединить все устройства одного резервуара и довести проводку до соседнего резервуара нужно порядка 200 м кабеля. Для интерфейса RS-485 максимальное расстояние 1200 м, максимальное количество устройств на одном сегменте сети 32. Следовательно, к одному каналу RS-485 возможно подключить не более одного резервуара (дробные решения не рассматриваются).

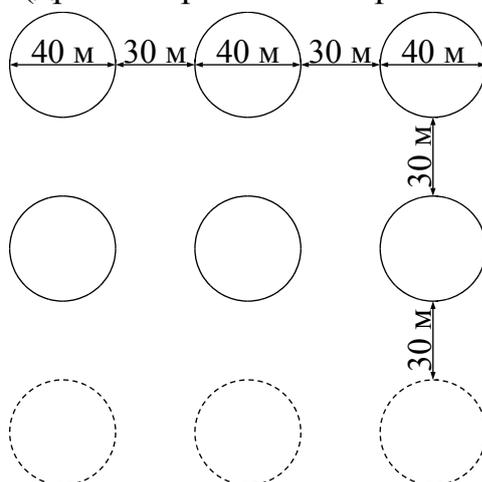


Рисунок 15 – План резервуарного парка

Увеличить количество каналов RS-485 возможно подключив их через коммутатор. Раздельные каналы подключения сделают систему более надёжной – при разрыве кабеля на одном резервуаре остальные резервуары продолжают работать. В таблице 14 представлены возможные коммутаторы (выбор на рынке невелик). Модель от Арго-про не подходит по климатическим требованиям и количеству портов. Продукт от АЕКОН не покрывает все девять резервуаров одним устройством, а за сравнимые деньги можно установить два модуля от RealLab! и подключить все резервуары. Модуль от RealLab! представлен на рисунке 16.

Таблица 14 – Сравнительная таблица коммутаторов RS-485

	Арго-про <sup>1</sup>	АЕКОН <sup>2</sup>	RealLab! <sup>3</sup>
Портов	4	8	5
Температура окружающей среды, °С	-40—50	-40—85	-40—70
Влажность воздуха, %	80	5—95	95
Класс защиты	IP20	IP20	IP20
Выходной сигнал	RS-485	RS-485	RS-485
Цена, ₺	по запросу	30 421	14 248



Рисунок 16 – Разветвитель-повторитель RealLab! NLS-485C-5-ST

Подберём ПЛК с нужным количеством портов – таблица 15. Решение от Овен дороже конкурентов со схожими характеристиками, использует уста-

<sup>1</sup> ООО «Арго-про» Коммутатор МУР1001.9 НК 32-4

<sup>2</sup> АЕКОН CONV-HUB485X-8X2

<sup>3</sup> RealLab! NLS-485C-5-ST

ревший CoDeSys. Контроллер от RealLab! основан на старом процессоре и программной среде нероссийского производства. Контроллер НПФ «КРУГ» DevLink®-C1000 удовлетворяет всем требованиям и предлагает ряд дополнительных возможностей, которые можно установить при необходимости; применимость для подобных задач подтверждается статьями на сайте производителя; контроллер представлен на рисунке 17. Для защиты от окружающей среды контроллер вместе с искробарьерами и разветвителями необходимо установить под крышу в щит автоматизации со степенью защиты IP65.

Таблица 15 – Сравнительная таблица ПЛК

	Овен <sup>1</sup>	RealLab! <sup>2</sup>	КРУГ <sup>3</sup>
RS-485	2	2	4
Ethernet	1	0	1
Процессор	400 МГц	ATMEGA128	ARM9, 400 МГц
Среда	EmbOS Segger, CODESYS v.2	Microchip Studio	ИСП КРУГОЛ
Температура окружающей среды, °С	-40—55	-40—50	-40—60
Влажность воздуха, %	10—95	95	5—85
Класс защиты	IP00	IP20	IP20
Цена, Р	от 43 200	от 11 374	от 26 450



Рисунок 17 – Контроллер DevLink®-C1000

<sup>1</sup> Овен ПЛК110[M02]

<sup>2</sup> RealLab! NLcon-1AT2

<sup>3</sup> НПФ «КРУГ» DevLink®-C1000

## 3.2 Автоматическое регулирование расхода

### 3.2.1 Стабилизация расхода

По техническому заданию необходимо ограничить максимальную скорость движения жидкости. Реализовать управление расходом можно управляя положением запорной арматуры. Такой способ управления называется дросселированием. Принципиальная схема автоматизации показана на рисунке 18.

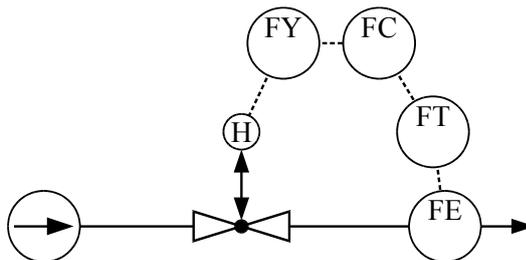


Рисунок 18 – Принципиальная схема автоматизации регулирования расхода

Для составления структурной схемы системы регулирования проанализируем её составные элементы.

У всех шаровых кранов одинаковая конструкция, что обуславливает схожие характеристики, независимо от диаметра. Теоретическая пропускная характеристика отличается от результатов испытаний на 20 %, поэтому используем полученные для крана DN150 значения [53] и воспользуемся инструментами аппроксимации. На рисунке 19 представлены графики пропускной характеристики, аппроксимации и доработанная (нормализованная) формула, основанная на полученной аппроксимации. Нормализованная аппроксимация пропускной характеристики шарового крана выражается формулой

$$Kv(x) = \frac{e^{4,336x} - 1}{e^{4,336} - 1}, \quad (1)$$

где  $x$  – нормализованная степень открытости шарового крана.

Для компенсации нелинейности при регулировании выразим  $x$  из (1):

$$\alpha(y) = \frac{\ln((e^{4,336} - 1) \cdot y + 1)}{4,336}, \quad (2)$$

где  $y$  – нормализованный расход.

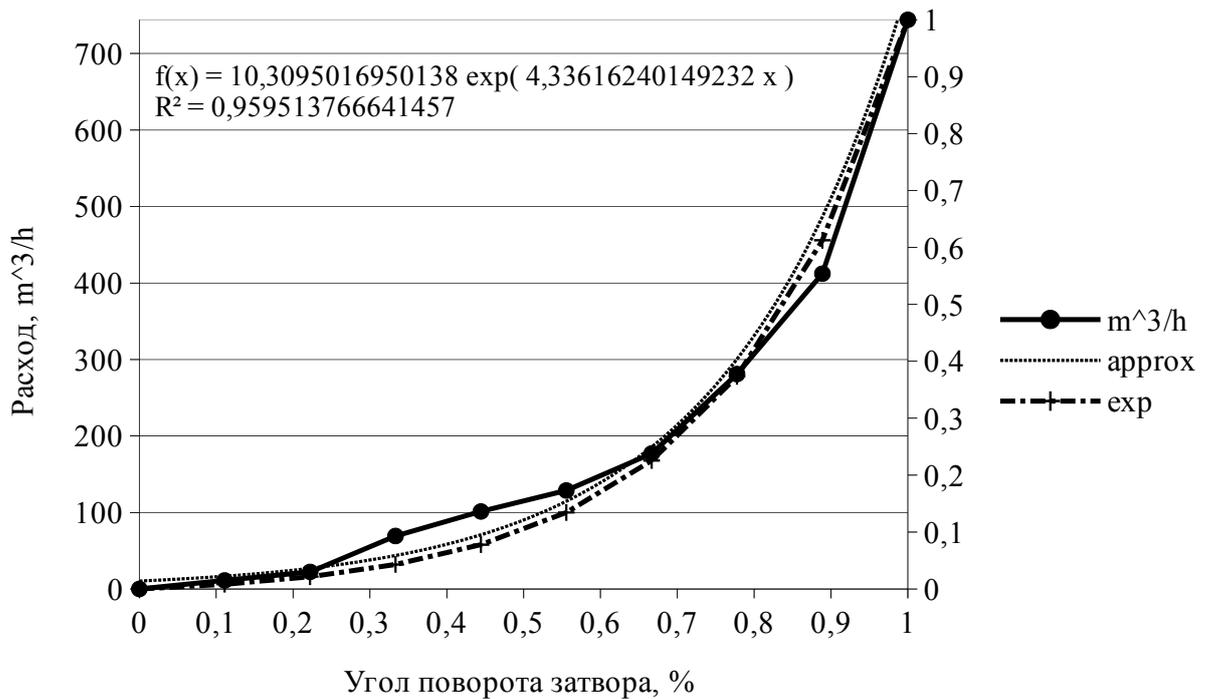


Рисунок 19 – Пропускная характеристика для крана DN150

Передаточные функции элементов:

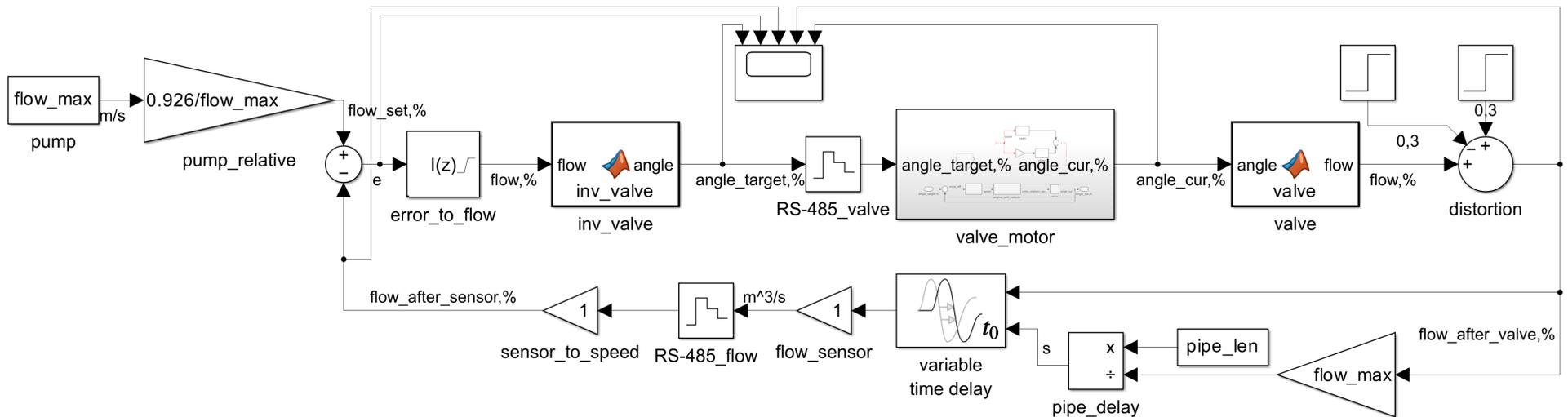
- преобразователь расхода без значимой задержки:  $W_f(s) = 1$  ;
- электропривода:  $W_e(s) = k_e k_p$ , где  $k_e$  – скорость электропривода,  $k_p$  – коэффициент передачи редуктора;
- соединение электропривода с шаровым краном образует интегратор с ограниченным диапазоном  $0 \div 1$  :  $W_i(s) = \frac{1}{s}$  .

Положение затвора регулирующей арматуры влияет только на пропускную способность, оно не определяет расход. Максимальная скорость жидкости определяется характеристиками насоса. Относительно максимальной скорости рассчитывается положение затвора, поэтому уставка должна быть в относительных единицах. Составленная на этих принципах структурная схема представлена на рисунках 20 и 21.

Для насоса, определённого техническим заданием, максимальная скорость жидкости и уставка относительно этой скорости будет

$$D = 0,15, \text{ м}; S = \pi \frac{D^2}{4} = 0,018, \text{ м}^2; \text{flow\_max} = \frac{Q}{S} = \frac{350}{60 \cdot 60 \cdot 0,018} \approx 5,4, \text{ м/с}; \quad (3)$$

$$k = 5/5,4 \approx 0,926.$$

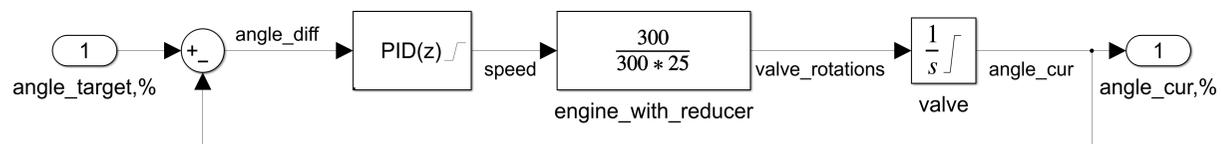


Блоки: «valve» – содержит выражение (1), «inv\_valve» – содержит выражение (2), «RS-485\_\*» – моделируют дискретный опрос и команды, «sensor\_to\_speed» показывает пересчёт единиц из  $m^3/s$  в относительные  $m/s$

Рисунок 20 – Структурная схема модели регулирования скорости

На рисунке 20 использованы следующие константы и параметры для И-регулятора:

`i=0.0406; pipe_len=4; flow_max=5.4;`



Блок «engine\_with\_reducer» совмещает электропривод и редуктор (скорость электропривода 300 1/с, полная смена состояния за 25 с), инерция которых не учитывается ввиду большой длительности переходного процесса

Рисунок 21 – Структурная схема блока «valve\_motor»

Параметры ПИД-регулятора рисунка 21:

`pos_d=0.108974808508376; pos_i=0.020970939590264; pos_p=18.557310361182385;`

Для наихудшего случая посчитаем максимальную задержку опроса датчиков при скорости подключения 9 600 бод [54]. Структура кадра Modbus протокола показана на рисунке 22. В таблице 16 представлены объёмы данных для передачи и задержки, выраженные в байтах, необходимые по стандарту Modbus RTU для корректной передачи сообщения.

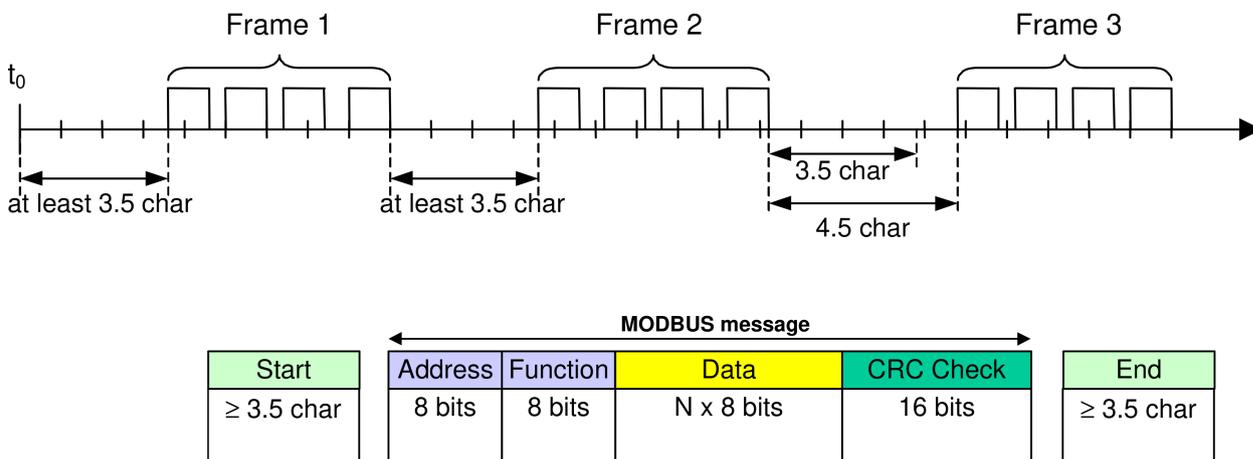


Рисунок 22 – Структура кадра протокола Modbus [55, с. 13]

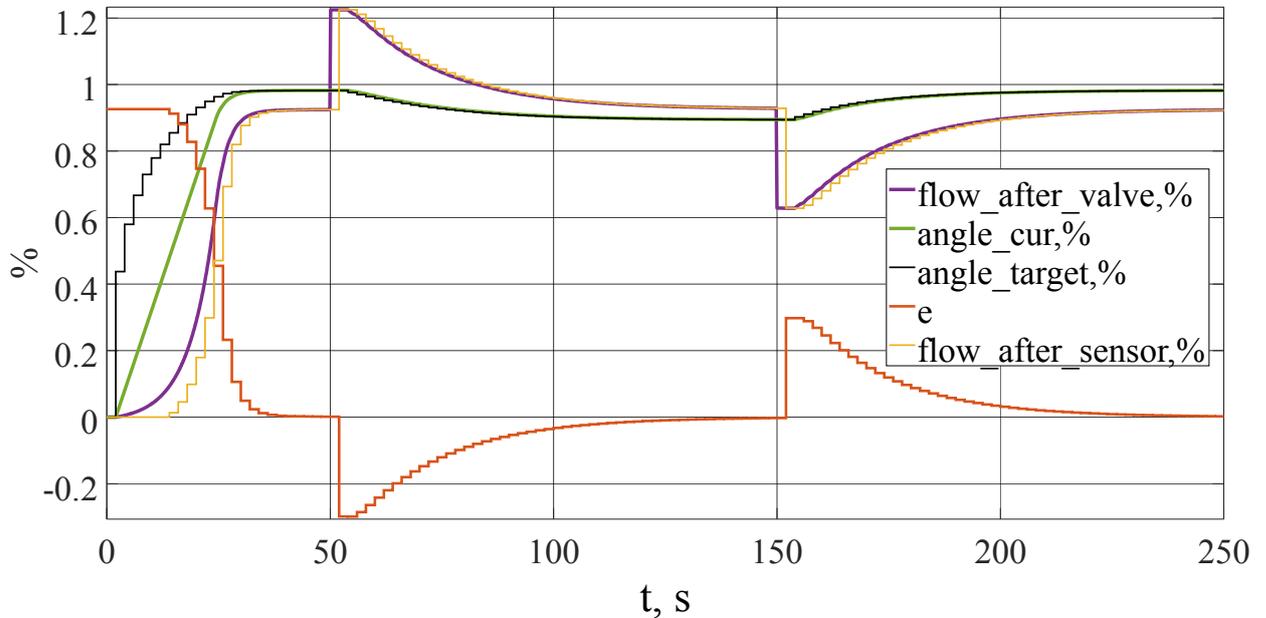
Таблица 16 – Размеры элементов сообщения Modbus в байтах

Элемент	Размер
заголовок	4,0
данные	4,0
задержка между байтами данных	0,5
пауза в начале и конце сообщения	3,5+3,5
<i>всего байт для передачи сообщения</i>	<i>19,0</i>

Протокол Modbus RTU требует опрашивать каждый датчик индивидуально, поэтому для получения нового значения по каналу необходимо передать два сообщения. Таким образом, возможная частота опроса каждого датчика (из 15) для четырёх резервуаров будет

$$\begin{aligned}
 \text{сообщения: } & \frac{\text{скорость}}{(\text{запрос} + \text{ответ}) \times \text{байт\_в\_сообщении} \times \text{бод\_в\_байте}} = \\
 & = \frac{9600}{2 \cdot 19 \cdot 8} = 31,579, \frac{1}{c}; \\
 \text{цикл: } & \frac{\text{устройств} \times \text{резервуаров}}{\text{сообщения}} = \\
 & = \frac{15 \cdot 4}{31,579} = 1,9, c.
 \end{aligned} \tag{4}$$

При командах на управление арматурой и сигналом с расходомера раз в две секунды график переходного процесса представлен на рисунке 23. График переходного процесса без дискретизации сигнала представлен на рисунке 24 и показывает, что поставленные задачи также выполняются при более высокой скорости коммуникации.



Сигналы: «flow\_after\_valve» – скорость движения среды через шаровой кран, «flow\_after\_sensor» – показание датчика расхода, «e» – ошибка, «angle\_cur» – текущее положение затвора шарового крана, «angle\_target» – расчётное положение затвора шарового крана

Рисунок 23 – Результат моделирования регулирования скорости

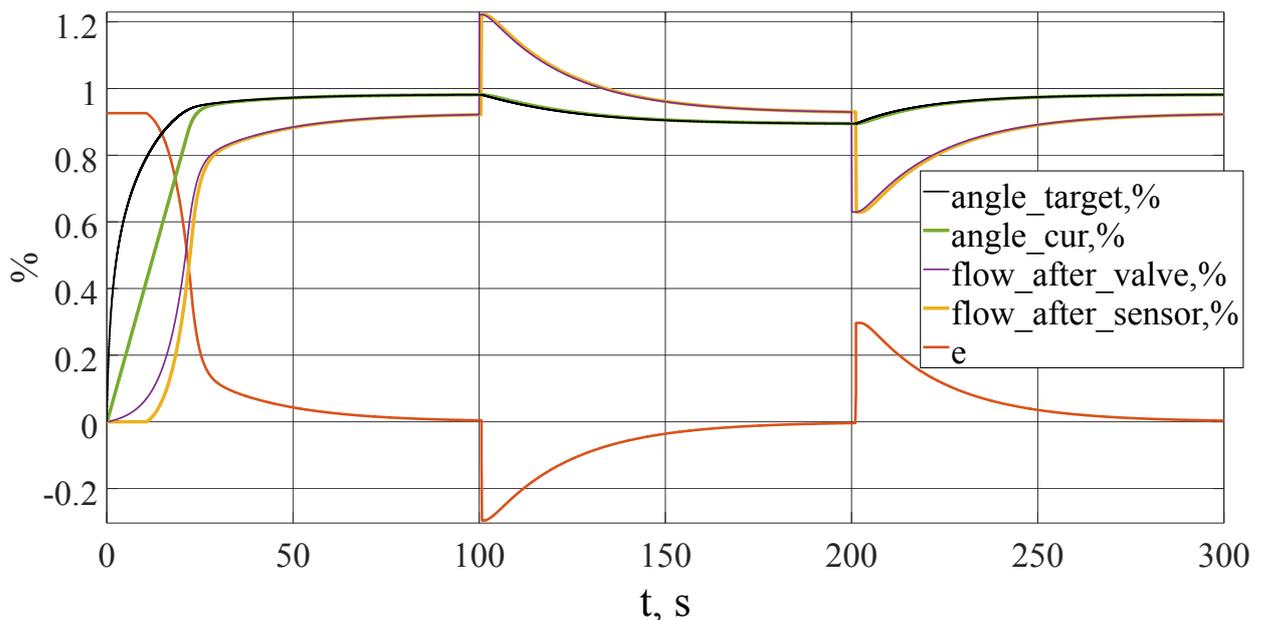
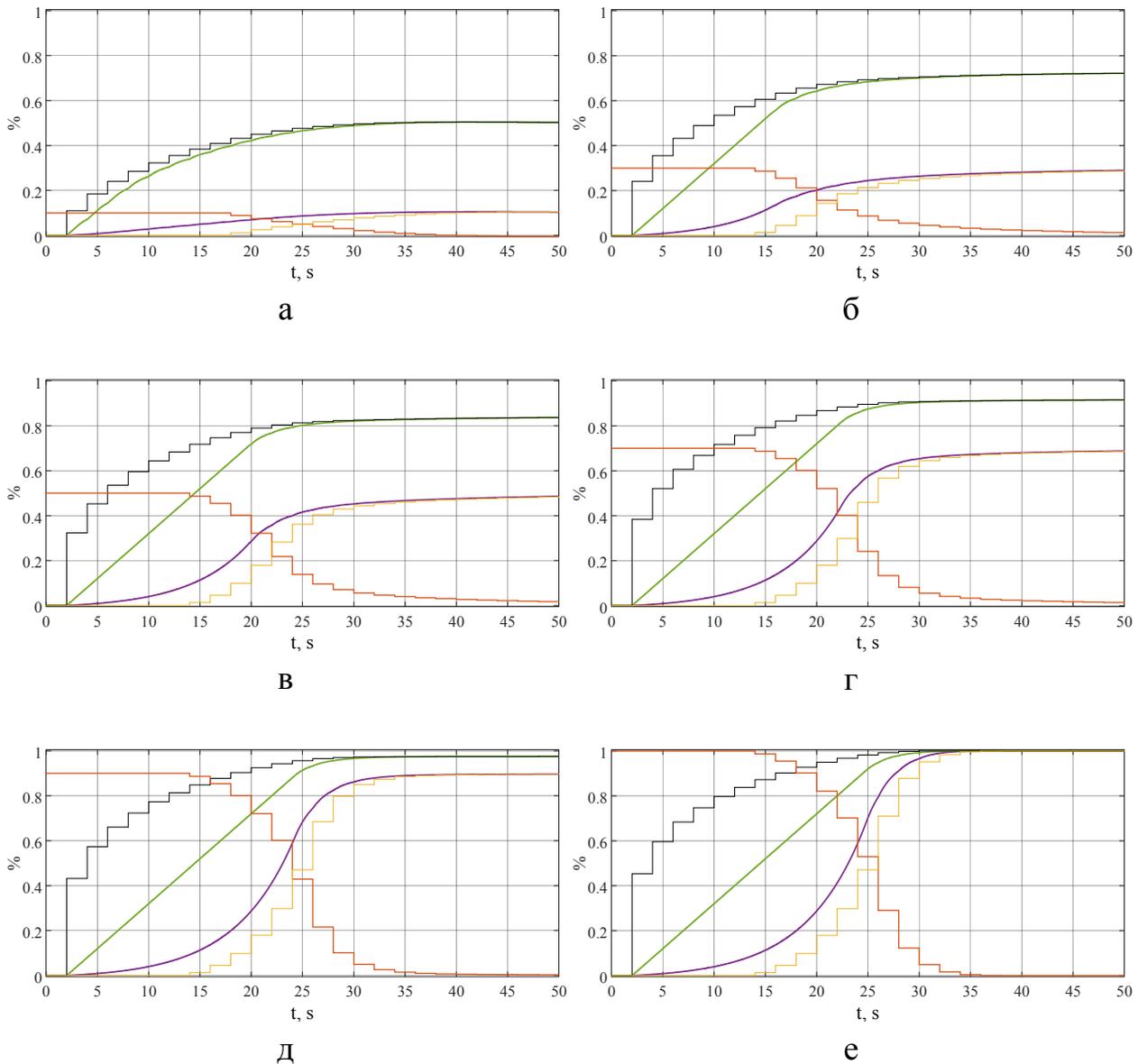


Рисунок 24 – График переходного процесса без дискретизации сигнала

Проверим реакцию модели на всём диапазоне уставок – графики переходных процессов представлены на рисунке 25. Проверка показывает, что модель устойчива и система выходит на все уставки за одинаковое время.



Уставки: а – 0,1; б – 0,3; в – 0,5; г – 0,7; д – 0,9; е – 1,0

Рисунок 25 – Графики переходных процессов для разных значений уставки

### 3.2.2 Безопасное заполнение резервуара

По техническому заданию скорость истечения нефтепродуктов в пустой резервуар не должна превышать один м/с. Алгоритм выбора скорости для заполнения резервуара представлен на рисунке 26.

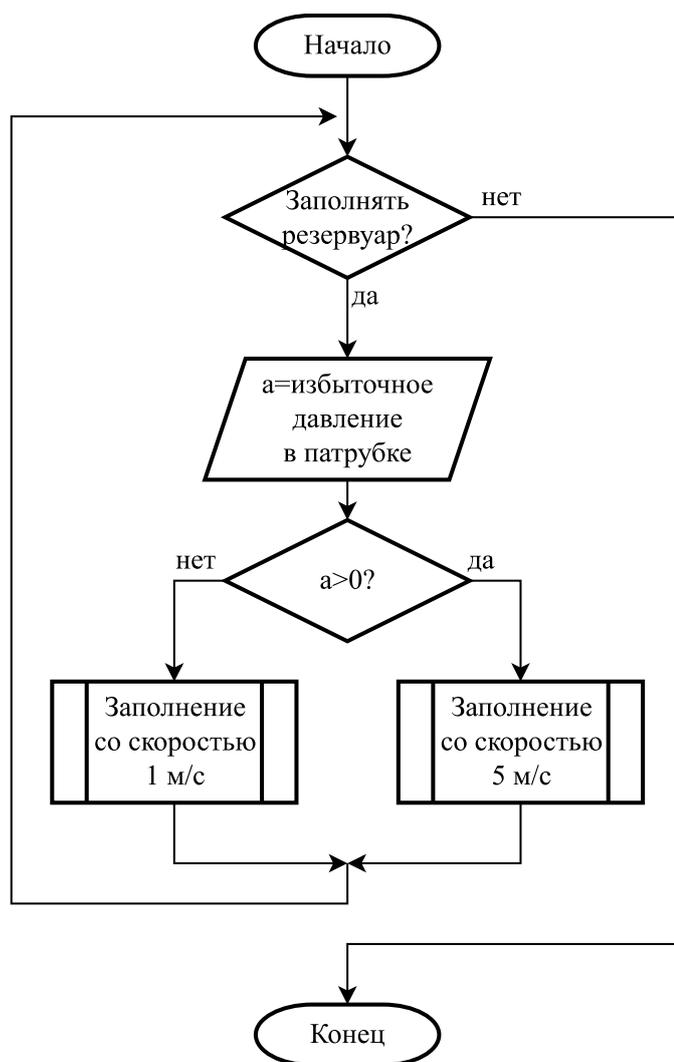


Рисунок 26 – Алгоритм выбора скорости для заповнення резервуара

### 3.2.3 Управление запорной арматурой

Автоматизация управления запорной арматурой позволяет реализовать ряд процедур для улучшения безопасности и эффективности процессов, таких как:

- до выполнения команды проверка условий, необходимых для её выполнения;
- выполнение и контроль выполнения самой команды;
- формирование команд управления в нужной последовательности.

На основе данных от контроллера алгоритм устанавливает флаги состояния запорной арматуры, такие как:

- открыта,
- закрыта,

- промежуточное положение,
- неопределенное состояние,
- нет напряжения,
- открывается,
- закрывается,
- авария.

Алгоритм управления клапаном приведён в приложении А [1, с. 243]. Алгоритм позволяет работать с краном в автоматическом и ручном режимах, сигнализирует об ошибках.

### **3.3 Схемы измерительно-вычислительного комплекса АС**

Согласно техническому заданию и выбранным контрольно-измерительным приборам были составлены схемы автоматизации. Схема автоматизации элементов каждого резервуара по ГОСТ 21.408-2013 представлена в приложении Б. Схема автоматизации элементов каждого резервуара в нотации ANSI S 5.4 представлена в приложении В. На схеме показано логическое расположение и контур подключения полевых датчиков, а именно:

- контуры 1 и 2 – управляют запорной арматурой;
- контуры 3, 4, 5 – измеряют состав газов;
- контуры 6 и 7 – измеряют температуру на входе и выходе;
- контуры 8 и 9 – измеряют расход;
- контуры 10 и 11 – измеряют давление на входе и выходе;
- контур 12 – собирает информацию с датчиков внутри резервуара;
- контуры 13, 14, 15 – сигнализируют о превышении критического уровня заполненности резервуара;
- контуры 16 и 17 – отключают насосы в случае аварийной ситуации.

Структура подключения элементов автоматизированной системой представлена в приложении Г. Все датчики полевого уровня каждого резервуара подключаются по единому кабелю через интерфейс RS-485 Modbus. Каждый резервуар подключается через барьер искрозащиты и разветвитель к

одному из портов RS-485 контроллера. На верхнем уровне SCADA система взаимодействует с контроллером также через интерфейс RS-485. Данные со всех резервуаров по цифровым каналам передаются в общую SCADA систему для анализа и принятия решений. Макет основного SCADA экрана в системе TraceMode с параметрами резервуара представлен в приложении Д.

### 3.4 Расчет надежности системы автоматизации

Из схемы автоматизации резервуара (приложение Б) видно, что:

- для контроля параметров нет зависимостей между элементами,
- надёжность первичного и вторичного преобразователя в документации к приборам не разделяется,
- надёжность контроллера входит в надёжность всех систем.

Следовательно, в случае управления расходом результат зависит от работы датчика, исполнительного устройства и контроллера – схема на рисунке 18.

Показатели надёжности выбранных элементов автоматизации представлены в таблице 17. Данные о наработке на отказ и средний срок службы взяты из инструкций по эксплуатации.

Таблица 17 – Вероятность работы выбранных элементов

№	Тип элемента	Наработка на отказ, ч	Средний срок службы, лет
1	Измерение давления	не менее 100 000	50
2	Измерение расхода	не менее 100 000	не менее 15
3	Измерение температуры	не менее 35 000	не менее 10
4	Измерение уровня	не менее 100 000	не менее 11
5	Сигнализатор уровня	не менее 14 000	10
6	Сигнализатор горючих газов	не менее 30 000	10
7	Исполнительное устройство	не менее 130 000	не менее 15
8	ПЛК	150 000	20

Для контроля каждого параметра схема надёжности будет одинаковой – представлена на рисунке 27.

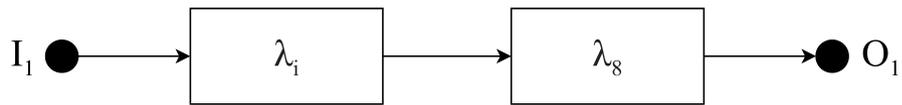


Рисунок 27 – Структурная схема надёжности для контроля параметра

Структурная схема надёжности системы управления расходом представлена на рисунке 28.

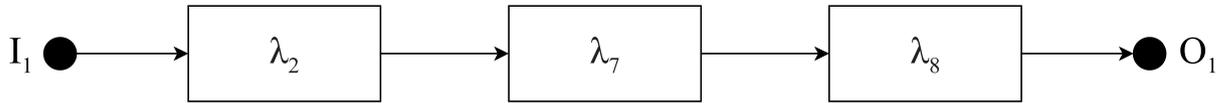


Рисунок 28 – Структурная схема надёжности системы управления расходом

В случае последовательного соединения наработка на отказ каждого элемента складывается. Для измерения параметров (рисунок 3) наработка на отказ будет

$$\lambda = \lambda_i + \lambda_8. \quad (5)$$

Для схемы управления расходом рисунка 4 наработка на отказ

$$\lambda = \lambda_2 + \lambda_7 + \lambda_8. \quad (6)$$

Для безотказной работы управления расходом необходимо чтобы работали все следующие элементы системы:

- измерение расхода,
- исполнительное устройство,
- ПЛК.

Суммарная наработка на отказ

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_2 + \lambda_7 + \lambda_8 = 10 \cdot 10^4 + 12 \cdot 10^4 + 15 \cdot 10^4 = 3,7 \cdot 10^5, \text{ ч.} \quad (7)$$

По экспоненциальному закону вероятность безотказной работы в момент времени  $t$  определяется по формуле

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказа объекта, величина, обратная средней наработке на отказ.

На рисунке 29 представлен график вероятности безотказной работы системы в момент  $t$  по экспоненциальной модели

$$P(t) = e^{-3,7 \cdot 10^{-5} t}. \quad (9)$$

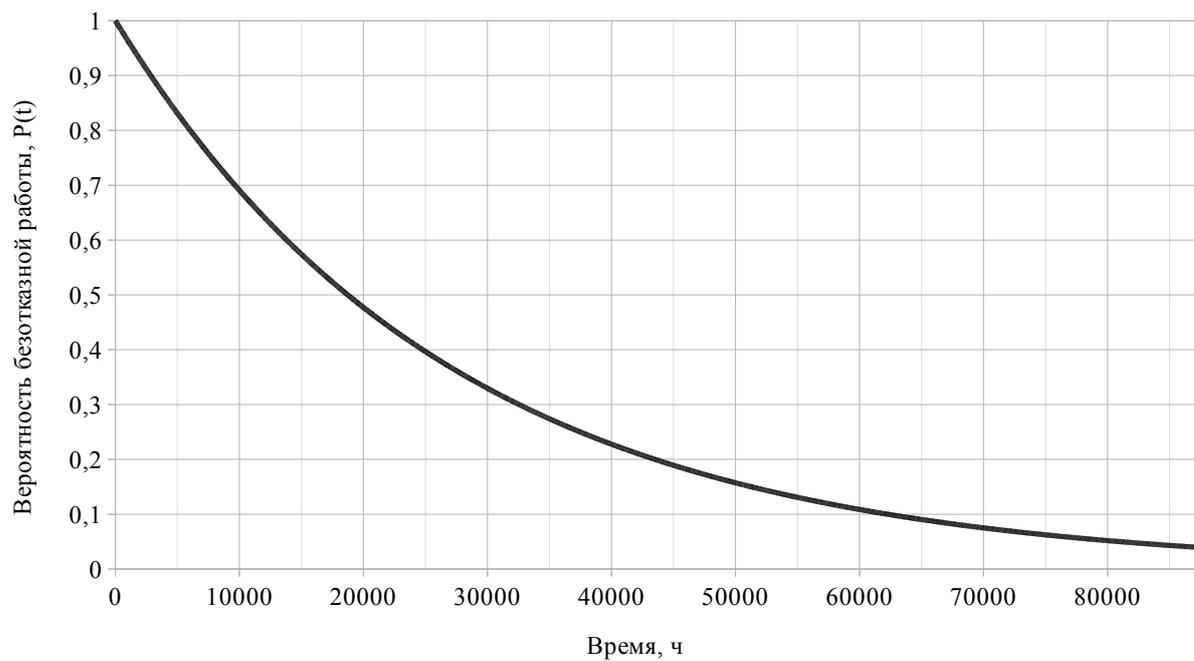


Рисунок 29 – Вероятности безотказной работы управления расходом в момент  $t$ , за 10 лет

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ  
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Карки Александру

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	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	
2) Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнергию – 5,8 руб. за 1 кВт·ч
3) Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды – 30%, НДС – 20%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

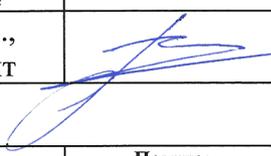
– Организация и планирование исследования	– Расчет продолжительности этапов работ, – построение линейного графика работ, – расчет накопления готовности проекта.
– Расчет сметы затрат на выполнение проекта	– Расчет затрат на материалы, – расчет заработной платы, – расчет затрат на социальный налог, – расчет затрат на электроэнергию.
– Оценка научно-технической эффективности	– Расчет коэффициента научно-технического уровня.

**Перечень графического материала:**

– Линейный график работ

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	22.02.2023
---	------------

**Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к. э. н., доцент		22.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Карки Александр		22.02.2023

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирование финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ.

### 4.1 Техничко-экономическое обоснование

У разрабатываемой автоматизированной системы есть ряд преимуществ по сравнению с ручным управлением этими же процессами. Используя несколько методик выявим эти преимущества более детально.

#### 4.1.1 Технология QuaD

Для оценки перспективности решения на рынке воспользуемся технологией QuaD (QUality ADvisor). В таблице 18 представлена экспертная оценка каждого параметра и общая средневзвешенная оценка.

Таблица 18 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
Безопасность	0,30	100	100	1,00	0,3
Надежность	0,25	95	100	0,95	0,24
Скорость	0,20	95	100	0,95	0,19
Простота эксплуатации	0,10	90	100	0,90	0,09

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Цена	0,10	50	100	0,50	0,05
Обслужива- ние	0,05	50	100	0,50	0,03
Итого	1,00	480	600	4,80	0,89

По методологии средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки, выраженное в процентах, может означать:

- от 100 до 80 – такая разработка считается перспективной,
- от 79 до 60 – перспективность выше среднего,
- от 59 до 40 – перспективность средняя,
- от 39 до 20 – перспективность ниже среднего,
- 19 и ниже – перспективность крайне низкая.

Полученное значение в 89 % позволяет оценить разработку как перспективную.

#### **4.1.2 SWOT-анализ**

Аббревиатура SWOT расшифровывается как Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [56, с. 10].

Для первой стадии анализа определим элементы каждой категории.

Сильные стороны:

- (C1) заявленная экономичность и энергоэффективность технологии,
- (C2) экологичность технологии,
- (C3) более низкая стоимость производства по сравнению с ручным управлением,
- (C4) хорошо разработанные в индустрии элементы системы.

Слабые стороны:

- (Сл1) отсутствие прототипа научной разработки,
- (Сл2) отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой,
- (Сл3) отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ,
- (Сл4) отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца,
- (Сл5) большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования.

Возможности:

- (В1) использование инновационной инфраструктуры ТПУ,
- (В2) снижение себестоимости продукции,
- (В3) появление дополнительного спроса на новый продукт,
- (В4) снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях,
- (В5) повышение стоимости конкурентных разработок.

Угрозы:

- (У1) отсутствие спроса на новые технологии производства,
- (У2) развитая конкуренция технологий производства,
- (У3) ограничения на экспорт технологии,
- (У4) введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции.

Во второй части исследования выявляется корреляция между выявленными категориями – представлено в таблице 19. Знаком «+» указано наличие корреляции, знаком «-» обозначена слабая корреляция.

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны				Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности	В1	+	-	-	+	-	-	-	-	-
	В2	+	-	+	+	-	-	-	-	-
	В3	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В4	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	В5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Угрозы	У1	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	У2	-	-	+	+	+	-	-	-	-
	У3	+	+	-	+	+	+	+	+	+
	У4	+	+	-	+	-	+	+	+	+

Результат анализа таблицы 19 представлен в таблице 20:

– поле СиВ показывает, какие сильные стороны необходимо использовать, чтобы получить отдачу от возможностей во внешней среде;

– поле СлВ показывает, за счет каких возможностей внешней среды организация сможет преодолеть имеющиеся слабости;

– поле СиУ показывает, какие силы необходимо использовать для устранения угроз;

– поле СлУ показывает, от каких слабостей необходимо избавиться, чтобы попытаться предотвратить угрозу.

Таблица 20 – Результат SWOT анализа

	Сильные стороны	Слабые стороны
Возможности	<p>В1С1С4 – Следование последним стандартам позволяет более полно использовать инфраструктуру ТПУ;</p> <p>В3С1С2С3С4 – Совокупность сильных сторон решения делает его более востребованным.</p>	<p>причинно-следственных связей не выявлено</p>
Угрозы	<p>У2С3С4 – более эффективное использование технологий позволит конкурировать более эффективно;</p> <p>У4С1С2С4 – высокоэффективные решения будут соответствовать более строгим требованиям.</p>	<p>У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 – для повышения спроса нужно развивать технологию;</p> <p>У3Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5 – для снижения зависимости от экспорта необходимо искать внутренний спрос.</p>

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Порядок этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 21 (обозначение должности: Р – Руководитель темы, И – Инженер).

Таблица 21 – Распределение исполнителей по видам работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнитель	Нагрузка, %
Разработка технического задания	1	Постановка целей и задач	Руководитель	100
	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	30
Инженер			100	
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	100
	4	Проведение патентных исследований	Инженер	100
Теоретические исследования	5	Обсуждение литературы	Руководитель	100
			Инженер	100
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	100
			7	Построение моделей
Руководитель	20			
Разработка технической документации и проектирование	8	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы, модели	Инженер	100
			Руководитель	10
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Инженер	100
			Руководитель	10

#### 4.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Расчет трудоёмкость выполнения научного исследования может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим,
- опытно-статистическим.

Первый применяется при наличии достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы часто не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый,
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и близкими к нулю затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (10)$$

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

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

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

Для выполнения перечисленных работ потребуются следующие специалисты:

- инженер (И),
- руководитель (Р).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

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

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

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

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

#### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

где  $T_{ki}$  – 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:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,477732794, \quad (13)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблицу 22.

Таблица 22 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб	Трудоёмкость работ						Длитель- ность работ в рабочих днях, $T_{pi}$		Длитель- ность работ в календарных днях, $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожi}$ , чел-дни					
	Р	И	Р	И	Р	И	Р	И	Р	И
1	0,5	—	1,5	—	0,9	—	0,90	—	1	—
2	0,6	2,0	0,9	3,0	0,7	2,4	0,72	2,4	1	4
3	—	5,0	—	10,0	—	7,0	—	7,0	—	10
4	—	3,0	—	5,0	—	3,8	—	3,8	—	6
5	1,0	1,0	2,0	2,0	1,4	1,4	1,40	1,4	2	2
6	—	4,0	—	7,0	—	5,2	—	5,2	—	8
7	1,0	5,0	2,0	10,0	1,4	7,0	1,40	7,0	2	10
8	0,3	3,0	0,6	6,0	0,4	4,2	0,42	4,2	1	6
9	1,0	10,0	2,5	25,0	1,6	16,0	1,60	16,0	2	24

График проведения научных работ представлен в форме диаграммы Гранта на рисунке 30.

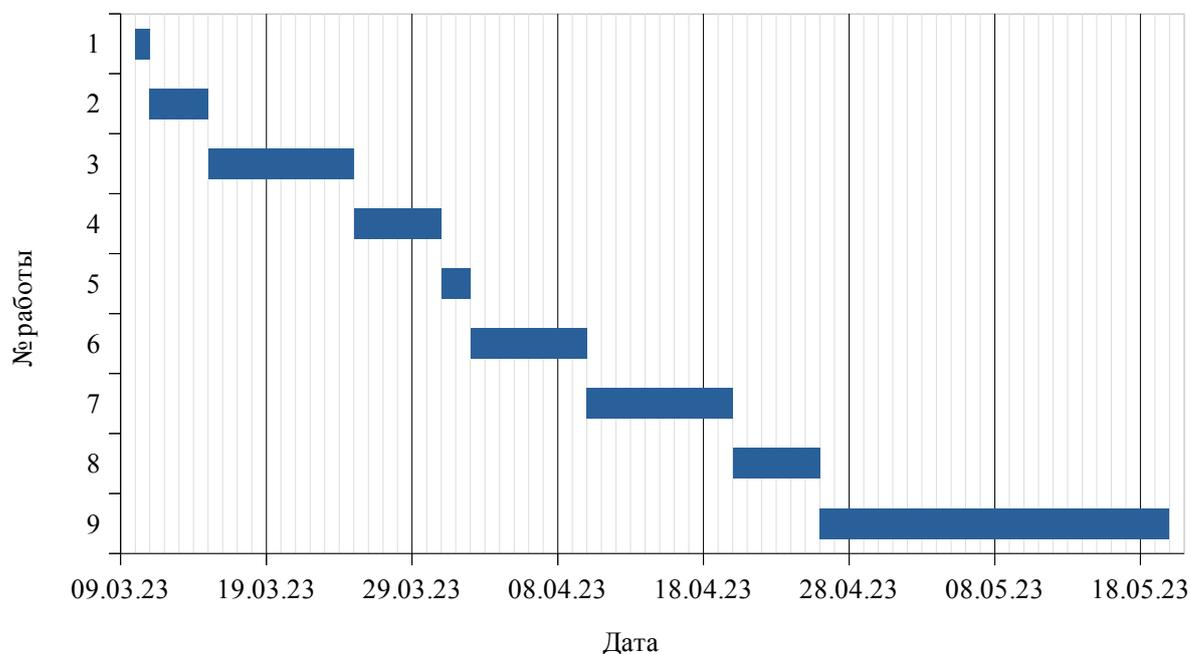


Рисунок 30 – Диаграмма Гранта для запланированных работ

### 4.3 Бюджет научно-технического решения

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 23 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитываются транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах от 15 % до 25 % от стоимости материалов.

Таблица 23 – Материальные затраты

Наименование	Ед.	Кол.	Цена, руб.	Затраты на материалы, руб.
Преобразователь расхода «ТехЭнерго-Комп»	шт.	12	50 000,00	600 000,00
Преобразователь давления «Piezus»	шт.	12	12 100,00	145 200,00
Преобразователь температуры «НПК Рэлсиб»	шт.	12	5 790,00	69 480,00
Уровнемер «ИГЛА»	шт.	6	71 000,00	426 000,00
Сигнализатор уровня «СЕНСОР»	шт.	18	24 000,00	432 000,00
Преобразователь интерфейса NAMUR «CHRONOS»	шт.	6	4 313,00	25 878,00
Анализатор газа «Аналитприбор»	шт.	18	114 974,40	2 069 539,20
Барьер искробезопасности «ЛПА»	шт.	3	6 970,00	20 910,00
Исполнительный механизм	шт.	6	59 895,60	359 373,60
Коммуникатор RS-485 «RealLab!»	шт.	3	14 248,00	42 744,00
ПЛК «КРУГ»	шт.	1	26 450,00	26 450,00
Итого				4 217 574,80
Итого с учётом материальных затрат				5 061 089,76

#### 4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по

данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок НИ ТПУ. В состав основной заработной платы включается премия в размере (20-30) % от тарифа или оклада, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (14)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (15)$$

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

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad (16)$$

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	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней – выходные дни, – праздничные дни	67	118
Потери рабочего времени – отпуск, – невыходы по болезни	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{OK} \cdot k_P, \quad (17)$$

где  $Z_{OK}$  – размер оклада, руб.;

$k_P$  – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле

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

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы 0,12

Расчет заработной платы представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчёт заработной платы

	$Z_{OK}, \text{ р.}$	$k_P$	$Z_M, \text{ р.}$	$Z_{дн}, \text{ р.}$	$T_P$	$Z_{доп}, \text{ р.}$	$Z_{осн}, \text{ р.}$	$Z_{зп}, \text{ р.}$
Р	37 700	1,3	49 010	2 758,35	7	2 317,02	19 308,46	21 625,48
И	19 200	1,3	24 960	1 404,78	47	7 922,98	66 024,84	73 947,83
$\Sigma$	56 900		73 970	4 163,14	54	10 240,00	85 333,31	95 573,30

#### 4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательствам Российской Федерации нормам органам государ-

ственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{ВНЕБ} = k_{ВНЕБ} (Z_{ОСН} + Z_{ДОП}), \quad (19)$$

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

Расчет отчислений приведен в таблице .

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления, руб.
Руководитель	19 308,46	2 317,02	0,27	5 860,50
Инженер	66 024,84	7 922,98	0,27	20 039,86
Итого				25 900,37

#### 4.3.4 Накладные расходы

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

$$Z_{НАКЛ} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) k_{НР}, \quad (20)$$

где  $k_{НР}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, 16 %.

$$Z_{НАКЛ} = (5061089,76 + 95573,30 + 25900,37) \cdot 0,16 \approx 829210,15, \text{ руб.} \quad (21)$$

#### 4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в

качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1 Материальные затраты НИИ	5 061 089,76
2 Основная заработная плата	95 573,30
3 Отчисления во внебюджетные фонды	25 900,37
4 Накладные расходы	829 210,15
Итого	6 011 773,58

#### 4.4 Оценка научно-технического уровня НИИ

Важнейшим результатом реализации проекта является его научно-технический уровень, который характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается ли научно-технический прогресс в данной области.

На основе оценок новизны результатов, их ценности, масштабов реализации определяется показатель научно-технического уровня по формуле:

$$H_m = \sum_{i=1}^n K_i \cdot P_i, \quad (22)$$

где  $K_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го признака научно-технического эффекта;

$P_i$  – количественная оценка  $i$ -го признака научно-технического уровня работы.

По каждому из факторов экспертным путем при помощи нижеприведенных таблиц устанавливаются численные значения коэффициента значимости и проставляется балльная оценка.

Признаки научно-технического эффекта приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Признаки научно-технического эффекта

Признак научно-технического эффекта ВКР	Примерное значение весового коэффициента $K_i$
Уровень новизны	0,3
Теоретический уровень	0,5
Возможность реализации	0,2

Уровень новизны ВКР определяется по таблице 29. Данная ВКР является новой, так как все части системы согласованы между собой под конкретную задачу, модель построена исходя из новых требований. Уровень новизны разработки ВКР – 6 баллов.

Таблица 29 – Количественная оценка уровня новизны ВКР

Уровень новизны разработки	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники	8—10
Новая	По-новому или впервые объяснены известные факты, закономерности	5—7
Относительно новая	Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути дальнейших исследований	2—4
Традиционная работа	Работа выполнена по традиционной методике, результаты которой носят информационный характер	1
Не обладает новизной	Получен результат, который был ранее известен	0

Оценка теоретического уровня ВКР производится по таблице 30. Теоретический уровень полученных результатов равен 6 баллам. В данной ВКР была разработана модель регулирования расхода.

Таблица 30 – Количественная оценка теоретического уровня ВКР

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	6
Элементарный анализ связей между фактами с наличием гипотезы, симплексного прогноза, классификации, объясняющей версии или практических рекомендаций частного характера	2
Описание отдельных элементарных факторов (вещей, свойств и отношений); изложение опыта, результатов измерений	0,5

Возможность реализации научных результатов представлена в таблице 31. Научные результаты, полученные в ходе выполнения ВКР, могут в течение первых лет применяться на одном или нескольких резервуарных парках.

Таблица 31 – Возможность реализации научных результатов

Время реализации	Баллы
В течении первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Более 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль (министерство)	4
Народное хозяйство	10

По результатам проведения оценки ВКР была составлена сводная таблица 32 – оценка научно-технического уровня, – на основе которой сделан вывод об ожидаемой эффективности выполняемой ВКР.

Таблица 32 – Количественная оценка признаков ВКР

Признак научно-технического эффекта ВКР	Характеристика признака ВКР	$K_i$	$P_i$
Уровень новизны	Новая	0,3	6
Теоретический уровень	Разработка способа	0,5	6
Возможность реализации	Время реализации в течении первых лет на одном или нескольких предприятиях	0,2	12

Рассчитаем научно-технический уровень:

$$НТУ = 6 \cdot 0,3 + 6 \cdot 0,5 + 12 \cdot 0,2 = 7,2. \quad (23)$$

Уровень научно-технического эффекта определяется по сводной таблице 33. По результатам исследования, коэффициент научно-технического уровня равен 7,2, что является средним уровнем эффективности научно-технической разработки.

Таблица 33 – Оценка уровня НТЭ

Уровень НТЭ	Коэффициент НТЭ
Низкий	1—4
Средний	5—7
Сравнительно высокий	8—10
Высокий	11—14

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т81	Карки Александру

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><b>Объект исследования:</b> резервуарный парк подготовки углеводородного сырья промпредприятия.  <b>Область применения:</b> автоматизация в нефтегазовой отрасли.  <b>Рабочая зона:</b> лаборатория отделения ОАР, ИШИТР.  <b>Климатическая зона:</b> резко континентальная.  <b>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</b> персональный компьютер, лабораторный стол, Ethernet-кабель, лампа настольная, блок питания.  <b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</b> работа за компьютером, распечатка документов.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1) Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ. Термины и определения;</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя;</li> <li>– ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности;</li> <li>– ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;</li> <li>– ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты</li> <li>– ГОСТ Р ИСО 9241-1-2007 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDTs). Часть 1. Общее введение;</li> <li>– ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре;</li> <li>– ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора;</li> <li>– ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;</li> <li>– ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения;</li> <li>– СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»;</li> <li>– ТОИ Р-45-084-01 «Типовая инструкция по охране труда</li> </ul>
---	---

	<p>при работе на персональном компьютере»;          – СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»;          – СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»;          – СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;          – Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 01.03.2023) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"</p>
<p><b>2) Производственная безопасность:</b>          2.1) Анализ выявленных вредных и опасных факторов          2.2) Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><b>Вредные факторы:</b>          – отклонение показателей микроклимата;          – превышение уровня шума;          – возможность поражения электрическим током;          – недостаток естественного света;          – электромагнитное и электростатическое излучения.  <b>Опасные факторы:</b>          – повышенное значение напряжения в электрической цепи, которое может пройти через тело человека.  <b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> наушники, очки, осветительные приборы, светофильтры, изолирующие устройства и устройства автоматического отключения</p>
<p><b>3) Экологическая безопасность:</b></p>	<p><b>Воздействие на литосферу:</b> при замене комплектующих персонального компьютера утилизация неисправных или устаревших деталей;  <b>Воздействие на гидросферу:</b> попадание отходов при утилизации деталей в сточные воды;  <b>Воздействие на атмосферу:</b> вредные выбросы на электростанциях, вырабатывающих используемое электричество, питающее ноутбук, а также загрязнение воздуха при производстве оборудования рабочей зоны.</p>
<p><b>4) Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Возможные ЧС:          – пожар;          – разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества;          – наводнение;          – ураган;          – землетрясение.          Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	
---	--

**Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	К. Т. Н., доцент		20.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Карки Александр		20.02.2023

## **5 Социальная ответственность**

В настоящем разделе указаны основные опасные и вредные факторы рабочей зоны, а также их анализ и способы защиты от них. Помимо этого, затронуты аспекты защиты от чрезвычайных ситуаций, охраны окружающей среды, а также вопросы обеспечения безопасности в рамках организационных и правовых норм. В данной ВКР представлена разработка системы автоматического управления резервуарным парком подготовки углеводородного сырья промпредприятия.

В процессе трудовой деятельности на специалиста, разрабатывающего методы модернизации автоматизированной системы управления резервуарным парком подготовки углеводородного сырья промпредприятия, могут оказывать воздействие различного рода производственные факторы. Для их предупреждения и сохранения здоровья работника предусматривается ряд мер по обеспечению безопасности трудовой деятельности.

Основными инструментами для выполнения поставленных задач являются средства вычислительной техники – персональный компьютер, устанавливаемое программное обеспечение и периферийные устройства. При разработке системы на здоровье человека влияют определенные негативные факторы, например, нагрузка на зрение, вредные шумы и излучения, неправильная поза за компьютером, а также психологическая нагрузка.

Целью данного раздела ВКР является анализ опасных и вредных факторов труда, анализ степени их влияния на человека и выявление потенциальных мер по нивелированию их воздействия на инженера. Кроме этого, были рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, пожарной безопасности, а также организационно-правовые вопросы.

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Правовые нормы, регулирующие взаимоотношения между сотрудником и организацией, включают в себя положения по оплате труда, режиму рабочего времени. Основные пункты отношений между сотрудником и организацией описаны в трудовом кодексе РФ.

Количество рабочего времени нормировано и не может быть выше 40 часов в неделю. На протяжении рабочего дня разработчик программного обеспечения должен иметь перерыв для отдыха и принятия пищи продолжительностью не менее 30 минут и не более двух часов.

Работу разработчика можно отнести ко второй категории работ (IIa), поскольку разработка ПО может быть классифицирована как работа, производимая сидя, и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением. Известно, что согласно пункту 3.2. «ТОИ Р-45-084-01, Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере», устанавливается, что продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать 2-х часов. Поэтому для второй категории работ предусматриваются 2 перерыва по 15 минут, используемые через 2 часа после начала рабочей смены и через 2 часа после обеденного перерыва.

### **5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

К вредным психофизиологическим факторам можно отнести:

- умственное перенапряжение;
- статические физические нагрузки;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Для минимизации влияния данных факторов на производительность и здоровье работника необходимо корректно организовать работу с ЭВМ в зависимости от категории и вида трудовой деятельности. Для предотвращения утомления, снижения влияния гипокинезии и гиподинамии целесообразно выполнять специализированные комплексы упражнений.

Также для минимизации вредных психофизиологических факторов следует организовать рабочие места согласно требованиям и нормам. Организация рабочих мест для пользователей ЭВМ осуществляется в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21:

- расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее двух метров, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 120 сантиметров;

- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

- конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение используемого оборудования с учетом характера выполняемой работы;

- поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения от 0,5 до 0,7;

- конструкция рабочего стула должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПК, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины;

- тип рабочего стула выбирается с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПК.

## **5.2 Профессиональная социальная безопасность**

Для выполнения данной работы в качестве оборудования используется персональный компьютер. Это учитывается при рассмотрении вредных и опасных факторов. Классификация вредных и опасных факторов проведена в

соответствии с СанПиН 1.2.3685-21. Возможные опасные и вредные факторы при выполнении ВКР на разных этапах работ отражены в таблице 34.

Таблица 34 – Возможные опасные и вредные факторы при работе с объектом исследования

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21
Превышение уровня шума	СП 51.13330.2011
Возможность поражения электрическим током	ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ
Отсутствие или недостаток естественного света	СП 52.13330.2016
Электромагнитное и электростатическое излучение	ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ

Поскольку современные жидкокристаллические мониторы отвечают всем нормам по ионизирующему излучению, оно в данной работе не рассматривается.

### **5.2.1 Отклонение показателей микроклимата**

Для помещения с компьютером существуют определенные требования к температуре, влажности и наличию пыли.

Температура должна находиться в диапазоне от 21 °С до 25 °С, относительная влажность – от 40 % до 60 %. Это оптимальные условия для обеспечения максимально комфортного теплового баланса температуры тела человека и его терморегуляции. Если температура выше нормы, кровеносные сосуды расширяются и теплоотдача в окружающую среду возрастает. При понижении температуры кровеносные сосуды сужаются, приток крови к телу замедляется и теплоотдача уменьшается.

На терморегуляцию организма влияет также влажность воздуха. Слишком высокая влажность (более 85 %) затрудняет терморегуляцию, а слишком низкая (менее 20 %) вызывает пересыхание слизистых, причем не только дыхательных путей, но и глаз.

Не менее важно влияние влажности в помещении на уровень излучения: чем она выше, тем слабее влияние электростатических и электромагнитных полей, уровень излучения которых в помещении, где установлен компью-

тер, всегда повышен. Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах согласно СанПиН 1.2.3685-21 п. 29 приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Допустимые значения						
Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	17,0—18,9	21,1—23,0	16—24	15—75	0,1	0,3
Теплый	18,0—19,9	22,1—27,0	17—28	15—75	0,1	0,4

Принципиальным фактором в микроклимате помещения с компьютером является уровень пыли. Офисная пыль может содержать частицы мебельных тканей, клея, строительных материалов, частицы кожи человека и домашних животных, в том числе грызунов, споры микроскопических плесневых и дрожжевых грибов, различные виды клещей, волокна хлопка, льна, бумаги, бактерии и вирусы. Такая пыль, попав в легкие, может вызвать различные заболевания – от аллергических реакций до хронических катаров верхних дыхательных путей, ларингита, хронического насморка, трахеита и даже хронического бронхита. Учитывая высокий уровень электромагнитного излучения в помещении с компьютером, пыль не оседает на поверхностях. Она электризуется от экрана монитора и висит в воздухе, поэтому гораздо проще попадает в легкие и на слизистые человека. Влажная уборка в таком помещении должна проводиться не реже трех раз в неделю в офисе и не реже раза в неделю дома. Кроме этого, помещение, где стоит компьютер, должно хорошо проветриваться.

## 5.2.2 Превышение уровня шума

Источником возникновения фактора являются студенты, работающие в лабораториях ОАР, стендовое оборудование. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей. Продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходят изменения объема внутренних органов. Если установлено методами аудиометрии, что в результате профессиональной деятельности произошло снижение слуха в области речевого диапазона на 11 дБ, то наступает факт профессионального заболевания – снижения слуха. Чаще всего снижение слуха развивается в результате переутомления слуха в течение 5—7 лет и более.

Допустимые значения звукового давления в соответствии с СП 51.13330.2011 глава 6 приведены в таблице 36.

Таблица 36 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
79	63	52	45	39	35	32	30	28	40

В качестве индивидуальных средств защиты от негативного воздействия звукового давления можно применять беруши и наушники. В качестве средств коллективной защиты могут быть использованы оградительные устройства, глушители шума, звукопоглощающие устройства и материалы.

## 5.2.3 Возможность поражения электрическим током

Источники возникновения данного фактора: электричество для питания ПЭВМ. Причиной прохождения тока по телу человека является прикосновение к проводам, оказавшимся под напряжением. Предельно допустимые значения силы токов и напряжений согласно ГОСТ 12.1.038-82 представлены в таблице 37. Средствами защиты от предельно допустимых значений напряже-

ния являются изолирующие устройства, устройства автоматического отключения и др.

Таблица 37 – Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и сила тока, протекающего через тело человека при аварийных режимах

Род тока		Предельно допустимые уровни (не более) при продолжительности воздействия, с				
		0,1	0,5	0,7	1,0	Свыше 0,1
Переменный с частотой 50 Гц	Напряжение прикосновения $U_{пр}$ , В	340	105	85	60	20
	Ток, мА	400	125	90	50	6
Постоянный	Напряжение прикосновения $U_{пр}$ , В	500	250	230	200	40
	Ток, мА	500	250	230	200	15

Помещение, согласно ПУЭ, относится к помещению с повышенной опасностью, характеризуется наличием возможности прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой стороны.

#### **5.2.4 Отсутствие или недостаток естественного света**

Естественным освещением называется освещение помещений светом неба, проникающим через световые проёмы в наружных ограждающих конструкциях. Недостаток естественного освещения приводит к усталости глаз, головной боли. Процесс разработки относится к зрительной работе очень малой точности, размер объекта варьируется от 1 до 5 мм. Данная работа относится к пятому разряду зрительной работы. В таблице 38 представлены требования к проведению работ данного типа.

Таблица 38 – Требования к освещению рабочей зоны согласно СанПиН 2.2.4.3359-16

Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Фон	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
			КЕО $e$ , %, при			
			верхнем или комбинированном освещении	боковом освещении	верхнем или комбинированном освещении	боковом освещении
А	Малый	Темный	3	1	1,8	0,6
Б	Малый Средний	Средний Темный				
В	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				
Г	Средний Большой	Светлый Средний				

### 5.2.5 Электромагнитное и электростатическое излучения

Компьютер является источником электростатического и электромагнитного поля. Электромагнитные поля контролируют в двух диапазонах: от 5 Гц до 2 кГц, от 2 до 400 кГц. Измерения проводят на рабочих местах пользователей стационарных и портативных персональных компьютеров. Контролируют следующие параметры: напряженность электрического и магнитного поля, напряженность электростатического поля.

Биологический эффект ЭМП в условиях многолетнего воздействия накапливается, вследствие чего возможно развитие отдаленных последствий дегенеративных процессов в центральной нервной системе, новообразований, гормональных заболеваний. К электромагнитным полям особенно чувстви-

тельны дети, беременные, люди с нарушениями в сердечно-сосудистой, гормональной, нервной, иммунной системах.

Влияние на нервную систему: нарушается передача нервных импульсов. В результате появляются вегетативные дисфункции, жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, нарушение сна нарушается высшая нервная деятельность – ослабление памяти, склонность к развитию стрессовых реакций.

Предельно допустимые уровни синусоидального (периодического) магнитного поля частотой 50 Гц на рабочих местах согласно Сан-ПиН 1.2.3685-21 п. 41 приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Предельно допустимые уровни синусоидального магнитного поля частотой 50 Гц

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
≤ 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

### 5.3 Экологическая безопасность

Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным, малоотходным и энергосберегающим технологиям и производствам.

При выполнении данной работы не осуществляется выбросов вредных веществ в атмосферу. Загрязнение атмосферного воздуха может возникнуть в случае возникновения пожара в помещении, в этом случае дым от пожара будет являться антропогенным загрязнением атмосферного воздуха.

В ходе выполнения данной работы не происходило значительного загрязнения гидросферы, образовывались лишь хозяйственно-бытовые воды.

Бытовые сточные воды помещения образуются при эксплуатации туалетов, столовой; а также при мытье рук, полов и т. п. Данные воды отправляются на городскую станцию очистки. Загрязнение гидросферы осуществляют производственные отходы, в качестве которых в данном случае выступают бумажные отходы (макулатура) и неисправные детали персональных компьютеров, плат, контроллеров.

Бумажные отходы должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия. Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов.

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Резервуарный парк относится к категории опасных производственных объектов (ОПО) как объект на котором: получают, используются, перерабатываются, опасные вещества (воспламеняющиеся и горючие); используется оборудование, работающее под избыточным давлением газа более 0,07 МПа. Опасность для обслуживающего персонала обусловлена следующими факторами:

- необходимостью работы во взрывоопасных и пожароопасных помещениях, необходимостью обслуживания запорной аппаратуры, насосного оборудования и другого оборудования, находящегося под высоким давлением;
- выделением из технологических линий пожаро- и взрывоопасных веществ;
- использованием в технологических процессах вредных химических веществ;

- нахождением площадок обслуживания оборудования на значительной высоте;

- находящиеся в аппаратуре продукты (углеводородные газы, пары легких фракций, дизельные фракции) в случае разгерметизации оборудования могут образовывать с воздухом взрывоопасные или горючие смеси;

- нагретые до высоких температур (400 °С) в процессе производства нефтепродукты могут стать причиной ожогов обслуживающего персонала.

#### **5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС**

В случае возникновения пожара тушение горящего электрооборудования должно производиться огнетушителями ОУ-5 или ОУ-10 (углекислотные) и огнетушителями типа ОП-10 (порошковые).

Во избежание пожара необходимо соблюдать ряд правил:

- соблюдать чистоту в помещении, вовремя выносить мусор;
- план эвакуации из здания следует располагать на видном месте;
- работать только при наличии исправного оборудования;
- по окончании работы на оборудовании проверить выключены ли электроприборы.

При этом необходимо также обеспечить:

- присутствие наглядных пособий для предотвращения пожара,
- содержание помещения в чистоте,
- противопожарный инструктаж сотрудников.

Помещения по взрывопожарной и пожарной опасности, в соответствии с Федеральным законом N 123-ФЗ ст. 27, принадлежат к категории «В1—В4».

Если пожар не удастся ликвидировать самостоятельно, необходимо позвонить по номеру 101 в пожарную охрану, сообщив о пожаре и месте его возникновения, а затем покинуть помещение в соответствии с планом пожарной эвакуации.

При реализации работ по разработке системы автоматического управления могут возникать различные ЧС: разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение, а также пожар. Наибо-

лее вероятной ЧС является пожар. При работе причиной пожара могут стать токи короткого замыкания, искрение в местах неплотных контактов проводов и др.

### **5.5 Выводы по разделу**

В данном разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности при разработке системы автоматического управления. К таким вопросам относятся социальная и экологическая безопасность, а также безопасность в чрезвычайных ситуациях, правовые аспекты обеспечения безопасности.

Были проанализированы вредные и опасные факторы, возникающие в ходе разработки. К ним относятся отклонение микроклимата в помещении, недостаточная освещённость рабочей зоны, электрическим током, превышение уровня возможность шума, поражения электромагнитное и электростатическое излучение, отсутствие естественного света. Перечисленные факторы при превышении норм оказывают отрицательное воздействие на здоровье.

Как было описано ранее, категория помещения, где производится разработка согласно ПУЭ, относится к помещению с повышенной опасностью. Группа электробезопасности, в соответствии с Приказом от 15 декабря 2020 – первая (I) Категория помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, является категорией «В1—В4».

В подразделе «Экологическая безопасность» были рассмотрены негативные аспекты, способные повлиять на окружающую среду в ходе проведения работ.

Установлено, что наиболее вероятно чрезвычайной ситуацией является пожарная опасность. Для этой ЧС были разработаны организационные мероприятия по её предотвращению и ликвидации.

## Заключение

Конкуренция в современном мире требует поиска более эффективных решений, снижения издержек и накладных расходов. Эффективное хранение нефтепродуктов достигается за счёт укрупнения объекта хранения, вместе с этим растут и риски. Автоматизированная система способна значительно упростить работу обслуживающему персоналу и снизить риски. Работа описывает построение эффективной системы хранения нефтепродуктов.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была проанализирована литература и патенты, что позволило обосновать технические решения и выбор оборудования для автоматизации. Разработано техническое задание. Выявлены параметры, которые необходимо измерить, и по каждому из них сформулированы рекомендации для подбора оборудования. На основе патентного анализа расставлены приоритеты согласно перспективности технологий.

Составлена структурная схема автоматизации. Учитывая выбранное оборудование были разработаны функциональные схемы автоматизации по двум основным стандартам (ГОСТ 21.408-2013 и ANSI S 5.4), составлена обобщённая модель системы регулирования скорости движения жидкости (применима к любой модели насоса) и блок-схемы для интеграции модели регулирования в процесс управления резервуарным парком, создан экран SCADA-системы для АРМ.

Рассчитаны характеристики системы, скорость передачи сигналов – из-за специфики работы интерфейса RS-485 важно убедиться в стабильности системы при большом количестве устройств на одном канале. Благодаря делегированию работы с шаровым краном на более низкий уровень удалось снизить требования к скорости и инфраструктуре системы. Составленная модель настроена на работу при наименьшей возможной скорости передачи сигнала. В модели не учитывается инертность элементов из-за отсутствия влияния на результат. Решена проблема нелинейности характеристики ша-

рового крана за счёт использования обратного преобразования расхода в степень открытости крана, что позволяет совершить переходный процесс за одинаковое время для любой уставки. Модель проверена на устойчивость по всему диапазону уставок.

Результатом выполнения работы стал проект автоматизации резервуарного парка. Для автоматизации было выбрано следующее оборудование российского производства:

- преобразователь расхода «ИЦ ТехЭнергоКомп РОТЭКмер»,
- преобразователь давления «Piezus APZ 3420»,
- преобразователь температуры «НПК Рэлсиб Т.Pt-RS-DIN-6-75-(-70/+200)-М»,
- преобразователь уровня заполненности и свободной воды «ИГЛА ДУ-Б.2»,
- сигнализатор уровня «НПП «СЕНСОР» ПМП-022»,
- преобразователь интерфейса NAMUR «CHRONOS METER Счетчик импульсов SET.SIPU.RS (RS-485)»,
- анализатор газа «Аналитприбор ДАК-СН<sub>4</sub>-129»,
- барьер искробезопасности «ЛенПромАвтоматика ЛПА-410-4032»,
- управление регулирующей арматурой «ЗЭИМ МЭОФ-630-Е1-ПХТ4-02К с блоком управления КИМ1»,
- коммуникатор RS-485 «RealLab! NLS-485C-5-ST»,
- программируемый логический контроллер «НПФ «КРУГ» DevLink®-С1000».

Все приборы подключаются через цифровой интерфейс RS-485.

Таким образом все поставленные задачи были выполнены и цель работы достигнута.

## Conclusion

This research is aimed to design automated system of oil terminal preparation of hydrocarbon raw materials of an industrial enterprise. To justify technical decisions and to choose the right equipment that suits best the task of automation, literature and patents were analyzed. A detailed requirements specification was compiled. The literature analysis enabled to compile recommendations for selection of equipment. Priorities of technologies were set based on patent analysis.

Composed structure scheme gives a high level overview of the system. Functional schemas of automation were developed based on specific features of the chosen equipment – both main industry standards were used (ANSI S 5.4 and GOST 21.408-2013). Generalized model of fluid flow speed control was created (applicable to any pump). Flowcharts show how to integrate flow control model into the automation process. SCADA screen was created to show current state to operators and to enable them to control the process.

Properties of the system were calculated and checked against requirements, e. g. delays of signal transition: specifics of RS-485 interface requires to ensure that the system is stable when multiple devices are connected to the same wire. Control of ball valve was delegated to lower levels which enabled to lower requirements to speed and infrastructure of the system. The compiled model is tuned to work in conditions with slowest possible speed. Inertion was not modelled because it has no influence on the final result. Ball valve introduces exponential non-linearity into the system, the problem is solved by inverse calculation of flow into valve openness – this enabled to get constant-time transition process for full range of setting values. The model was tested for stability against all values of setting.

The research resulted in a project of automated system of oil terminal. The following equipment from Russian manufacturers was chosen for the project:

- flow transmitter “IC TechEnergComp ROTEKmer”;

- pressure transmitter “Piezus APZ 3420”;
- temperature transmitter “NPK Relsib T.Pt-RS-DIN-6-75-(-70/+200)-M”;
- oil and under-oil water level transmitter “IGLA DU-B.2”;
- level indicator “NPP «SENSOR» PMP-022”;
- NAMUR interface converter “CHRONOS METER SET.SIPU.RS (RS-485)”;
- gas analyzer “Analitpribor DAC-CH<sub>4</sub>-129”;
- intrinsic safety barrier “LenPromAvtomatika LPA-410-4032”;
- valve control “ZEIM MEOF-630-E1-IIXT4-02K with KIM1”;
- RS-485 communicator “RealLab! NLS-485C-5-ST”;
- programmable logic controller “NPF «KRUG» DevLink®-C1000.”

All equipment is connected via RS-485 interface.

Summing up the results, it can be concluded that all the tasks were completed and the main goal of the research is reached.

## Список использованных источников

1 Громаков, Е. И. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебное пособие / Е. И. Громаков, А. В. Лиепиньш. — Томск : Томский политехнический университет, 2019. — 408 с. — Текст : непосредственный.

2 СНиП "Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы" от 26 апреля 1993 г. № 2.11.03 // официальное издание Госстрой России. 1993 г.

3 Главное управление по госпоставкам и коммерческой деятельности "Рекомендации по предотвращению опасной электризации нефтепродуктов при наливке в вертикальные и горизонтальные резервуары" от 28 декабря 1993 г. — 44 с.

4 Климат Томска. — Текст : электронный // Погода и климат : [сайт]. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/29430.htm> (дата обращения: 28.02.2023).

5 Коршак, А. А. Основы нефтегазового дела: Учебник для вузов / А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. — 3-е изд., испр. и доп. — Уфа : ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. — 528 с. — Текст : непосредственный.

6 Новая автоматизированная система контроля технологических параметров резервуарного парка / И. Р. Киреев, Р. Г. Шарафиев, В. Б. Барахнина [и др.]. — Текст : непосредственный // Информационные технологии. Проблемы и решения. — 2019. — № 1(6). — С. 44-49.

7 Замятин, Н. В. Автоматизированная система мониторинга резервуарного парка / Н. В. Замятин, В. И. Маковкин. — Текст : непосредственный // Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. — 2015. — № 1-2. — С. 93-97.

8 Землеруб, Л. Е. Дополнительные функции автоматизированной системы управления технологическим процессом, повышающие надежность и безопасность эксплуатации резервуарного парка / Л. Е. Землеруб. — Текст :

непосредственный // Трубопроводный транспорт углеводородов : материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 30 октября 2018 года. — Омск : Омский государственный технический университет, 2018. — С. 165-172.

9 Best Practices for Achieving Measurement Confidence in Refining, Meha Jha and Julie Valentine // Emerson URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/article-best-practices-for-achieving-measurement-confidence-in-refining-en-7206916.pdf> (дата обращения: 02.05.2023).

10 Shaybakova, R. V. Flow transducer in oil custody transfer metering system / R. V. Shaybakova, R. S. Khatmullina. — Текст : непосредственный // National Development. Science and Education. — 2022. — № 6(9). — С. 23-24.

11 Майстренко, А. В. Косвенное измерение расхода жидкости, перекачиваемой насосными агрегатами / А. В. Майстренко, А. А. Светлаков. — Текст : непосредственный // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. — 2014. — № 4(34). — С. 215-219.

12 Жилияев, О. В. Теоретический анализ применимости нового физического способа измерения массового расхода и плотности жидкости / О. В. Жилияев, В. Н. Ковальногов. — Текст : непосредственный // Вестник Ульяновского государственного технического университета. — 2020. — № 4(92). — С. 31-44.

13 Кортиашвили, В. В. Обзор методов измерения массового расхода / В. В. Кортиашвили, Е. И. Крахмалев. — Текст : непосредственный // Экспозиция Нефть Газ. — 2015. — № 3(42). — С. 69-71.

14 Патент № 2410647 Российская Федерация, МПК G01F 1/66. Способ измерения расхода жидких сред и ультразвуковой расходомер (варианты) / С. Д. Ледовский; патентообладатель ООО "Научно-производственное предприятие "Уралтехнология" — № 2009120705/28 : заявл. 01.06.09 : опубл. 27.01.11, Бюл. № 3.

15 Патент № 2243509 Российская Федерация, МПК G01F 1/66. Ультразвуковой фазовый способ измерения расхода среды (варианты) / С. Ч. Хак; патентообладатель ЗАО "Взлет" — № 2003134525/28 : заявл. 27.11.03 : опубл. 27.12.04, Бюл. № 36.

16 Патент № 2572220 Российская Федерация, МПК G01F 1/12. Турбинный расходомер / Д. Н. Лебедев; патентообладатель АО "Новомет-Пермь"; — № 2014141717/28 : заявл. 15.10.14 : опубл. 27.12.15, Бюл. № 36.

17 Патент № 2784258 Российская Федерация, МПК E21B 47/10. Способ повышения точности измерений расхода жидкости турбинным счетчиком при наличии свободного газа / Р. А. Мусалеев; патентообладатель АО "ОЗНА-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ"; — № 2022107070 : заявл. 15.10.22 : опубл. 23.11.22, Бюл. № 33.

18 Патент № 2670721 Российская Федерация, МПК G01F 1/66. Ультразвуковой расходомер (варианты) / ВАН-КЛОСТЕР Ероен-Мартин; патентообладатель КРОНЕ АГ; — № 2014143637 : заявл. 29.10.14 : опубл. 24.10.18, Бюл. № 30.

19 Патент № 2609436 Российская Федерация, МПК H04M 11/02. Ультразвуковое измерение расхода с использованием регулирования потока при переходе из ламинарного течения в турбулентное / ПРИЯДАРШАНА Патхтхаге Джаямпати Анурадха; патентообладатель ДЭНИЕЛ МЕЖЕМЕНТ ЭНД КОНТРОЛ, ИНК. — № 2015135634 : заявл. 25.02.14 : опубл. 01.02.2017, Бюл. № 4.

20 Патент № 2747367 Российская Федерация, МПК G01F 3/28. Объемный камерный счётчик жидкости / А. Н. Ахмадышин; патентообладатель ООО НПО «Новые технологии эксплуатации скважин» — № 2020136330 : заявл. 05.11.20 : опубл. 04.05.21, Бюл. № 13.

21 Патент № 2666179 Российская Федерация, МПК G01F 3/28. Массовый камерный счетчик жидкости / В. И. Чудин; патентообладатель ООО НПО "НТЭС" — № 2017123300 : заявл. 30.06.17 : опубл. 06.09.18, Бюл. № 25.

22 Марков, Д. М. Обзор методов измерения статико-динамического давления / Д. М. Марков, И. В. Маркова, А. А. Воронцов. — Текст : непосредственный // Научное обозрение. Педагогические науки. — 2019. — № 3-2. — С. 48-50.

23 Датчик давления / С. А. Адарчин, В. М. Гурин, А. Н. Усачев [и др.]. — Текст : непосредственный // Инновации. Наука. Образование. — 2021. — № 38. — С. 425-430.

24 Мурашкина, Т. И. Волоконно-оптический датчик гидростатического давления для резервуаров с нефтепродуктами / Т. И. Мурашкина, М. М. Савочкина. — Текст : непосредственный // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". — 2016. — № 2. — С. 349-351.

25 Загузов, В. С. Датчики давления - первичное звено автоматизированных систем управления технологическими процессами / В. С. Загузов, Д. В. Панферов, Н. А. Титова. — Текст : непосредственный // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. — 2015. — № 2(88). — С. 43-46.

26 Патент № 2696930 Российская Федерация, МПК G01B 7/16. Цифровой тензометрический преобразователь на несущей частоте / Ю. К. Блокин-Мечталин; патентообладатель ФГУП "ЦАГИ" — № 2018142904 : заявл. 05.12.18 : опубл. 07.08.19, Бюл. № 22.

27 Патент № 2485464 Российская Федерация, МПК G01L 9/12. Емкостный датчик давления / А. А. Казарян; патентообладатель Минпромторг России — № 2011147707/28 : заявл. 24.11.11 : опубл. 20.06.13, Бюл. № 17.

28 Васюра, А. С. Рефрактометрический преобразователь температуры / А. С. Васюра, С. М. Довгалец, И. П. Борщова. — Текст : непосредственный // Научные труды Винницкого национального технического университета. — 2010. — № 3. — С. 1.

29 Штаргот, Д. Современные термопары и  $\sigma$ - $\delta$ -АЦП высокого разрешения обеспечивают прецизионное измерение температуры /

Д. Штаргот, С. Мирза, Д. Иоффе. — Текст : непосредственный // Компоненты и технологии. — 2012. — № 1(126). — С. 52-56.

30 Румянцев, А. А. Датчики температуры и движения / А. А. Румянцев, А. А. Мандраков. — Текст : непосредственный // Мир Инноваций. — 2020. — № 1. — С. 18-22.

31 Сафуанов, Р. И. Обзор датчиков температуры и их применение как опорного сигнала для работы теплового насоса на тепловой модели / Р. И. Сафуанов, И. М. Валеев. — Текст : непосредственный // Вестник Технологического университета. — 2017. — Т. 20. — № 7. — С. 105-107.

32 Гульматова, С. Обзор существующих методов измерения температуры и выбор типа используемого датчика для блока измерения и стабилизации температуры столика печи высокотемпературного приёмника ионов / С. Гульматова, Е. Н. Чернышова, И. О. Блажко. — Текст : непосредственный // Вестник молодёжной науки России. — 2019. — № 5. — С. 21.

33 Беспроводной датчик температуры и влажности с передачей данных посредством технологии радиочастотной идентификации / С. Ю. Дудников, А. А. Ухов, С. В. Шаповалов [и др.]. — Текст : непосредственный // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. — 2018. — Т. 18. — № 3. — С. 807-810.

34 Андреев, В. В. Интегральный датчик температуры / В. В. Андреев, А. Д. Перминова. — Текст : непосредственный // Электронный журнал: наука, техника и образование. — 2020. — № 1(28). — С. 113-119.

35 Патент № 2299408 Российская Федерация, МПК G01K 7/02. Устройство для измерения температуры в виде термоэлектрического преобразователя / А. В. Каржавин; патентообладатель ООО "Производственная компания "ТЕСЕЙ" — № 2006109703/28 : заявл. 28.03.06 : опубл. 20.05.07, Бюл. № 14.

36 Патент № 2729881 Российская Федерация, МПК H01C 7/02. Терморезистивный элемент / Э. В. Девятов; патентообладатель ИФТТ РАН — № 2020110495 : заявл. 11.03.20 : опубл. 13.08.20, Бюл. № 23.

37 Макартичан, С. В. Сравнительный анализ существующих методов измерения уровня жидкостей в резервуарах / С. В. Макартичан, С. С. Жабин, Н. С. Кузнецова. — Текст : непосредственный // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. — 2021. — № 2(35). — С. 36-41.

38 Патент № 2663279 Российская Федерация, МПК G01F 23/284. Система радарного уровнемера и блок отражателя / КОРСБО Тенсе; патентообладатель РОУЗМАУНТ ТАНК РАДАР АБ — № 2016119314 : заявл. 03.11.14 : опубл. 03.08.18, Бюл. № 22.

39 Патент № 2425334 Российская Федерация, МПК G01F 23/26. Емкостной уровнемер / М. И. Федотов; патентообладатель Т. Т. Федотова — № 2009147037/28 : заявл. 17.12.09 : опубл. 27.07.11, Бюл. № 21.

40 Литвак, А. Новые технологии контроля взрывоопасных газов / А. Литвак. — Текст : непосредственный // Территория Нефтегаз. — 2007. — № 6. — С. 102-103.

41 Русских, Д. В. Использование полупроводниковых датчиков газов во взрывоопасных и легковоспламеняющихся средах / Д. В. Русских, А. В. Кузьмин. — Текст : непосредственный // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. — 2011. — № 1(2). — С. 137-139.

42 Бондарь, О. Г. Повышение эффективности измерений концентрации горючих газов термокаталитическим датчиком / О. Г. Бондарь, Е. О. Брежнева. — Текст : непосредственный // Известия Юго-Западного государственного университета. — 2020. — Т. 24. — № 1. — С. 189-205. — DOI 10.21869/2223-1560-2020-24-1-189-205.

43 Патент № 2776335 Российская Федерация, МПК G01N 27/12. Газовый детектор на основе аминированного графена и наночастиц оксидов металлов и способ его изготовления / М. К. Рабчинский; патентообладатель ООО "ГрафСенсорс" — № 2021133993 : заявл. 22.11.21 : опубл. 18.07.22, Бюл. № 20.

44 Гумиров, Р. З. Обеспечение искробезопасности при эксплуатации приборов во взрывоопасных средах / Р. З. Гумиров, В. А. Костенков, А. Д. Маслов. — Текст : непосредственный // Проблемы безопасности российского общества. — 2016. — № 2. — С. 127-132.

45 ГОСТ 30852.9 2002 (МЭК 60079-10:1995). Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон : дата введения 2012-11-29. — Москва : Стандартинформ, 2014. — 41 с.

46 Базаров, А. А. Устранение заклинивания запорной арматуры трубопровода / А. А. Базаров, Н. В. Бондарева, А. А. Навардян. — Текст : непосредственный // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. — 2021. — Т. 29. — № 3(71). — С. 83-97. DOI 10.14498/tech.2021.3.5.

47 Шустер, Л. Ш. Влияние нефтяной среды на триботехнические характеристики скользящего контакта в запорной арматуре / Л. Ш. Шустер, Р. Р. Камалетдинова, С. В. Чертовских. — Текст : непосредственный // Сборка в машиностроении, приборостроении. — 2016. — № 4. — С. 45-48.

48 Абдраимова, Н. О. Использование технологии Fieldbus в управлении резервуарным парком / Н. О. Абдраимова, А. Б. Демеуова. — Текст : непосредственный // Путь науки. — 2017. — № 4(38). — С. 19-21.

49 Ахьяров, А. В. Разработка автоматизированной системы управления резервуарным парком / А. В. Ахьяров, Р. Г. Шарафиев, В. Н. Федоров. — Текст : непосредственный // Евразийский союз ученых. — 2019. — № 5-2(62). — С. 42-44.

50 Новожилов, А. В. Автоматические системы управления технологическим процессом резервуарных парков нефтеперерабатывающих заводов / А. В. Новожилов. — Текст : непосредственный // Научный Лидер. — 2021. — № 11(13). — С. 30-36.

51 Плиско, Н. Н. Безопасное хранение нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках / Н. Н. Плиско. — Текст : непосредственный // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. — 2017. — № 6. — С. 10.

52 Сорокин, В. А. Комплексная система учета нефтепродуктов резервуарного парка / В. А. Сорокин, Г. В. Миловзоров. — Текст : непосредственный // Актуальные научные исследования в современном мире. — 2021. — № 5-1(73). — С. 246-248.

53 Краны шаровые запорно-регулирующие. — Текст : электронный // Каталог ПТПА : [сайт]. — URL: [https://ptpa.nt-rt.ru/images/manuals/Краны\\_шаровые\\_запорно-регулирующие\\_техническая\\_информация.pdf](https://ptpa.nt-rt.ru/images/manuals/Краны_шаровые_запорно-регулирующие_техническая_информация.pdf) (дата обращения: 15.05.2023).

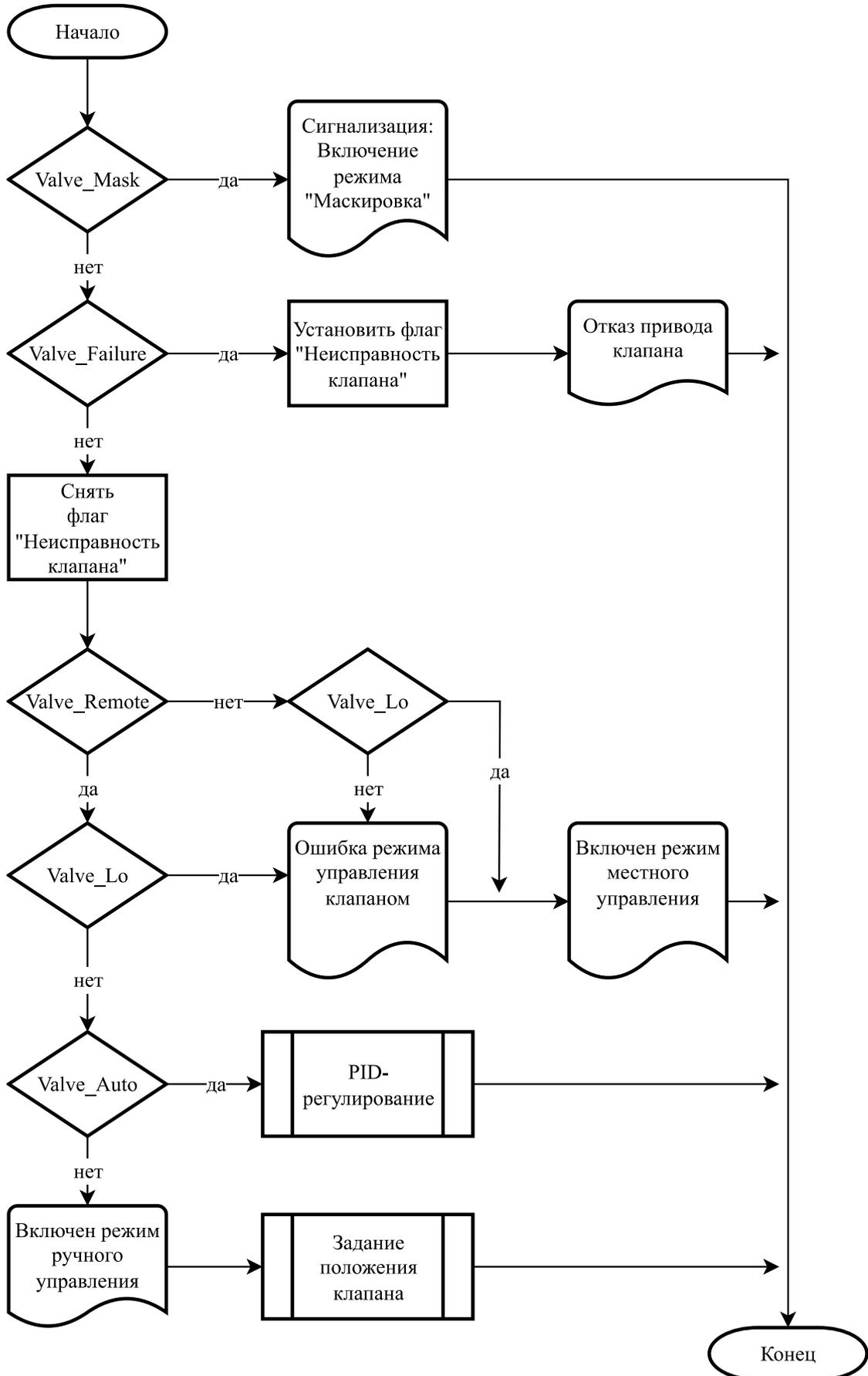
54 How Far and How Fast Can You Go with RS-485?. — Текст : электронный // URL: <https://www.farnell.com/datasheets/2602762.pdf> (дата обращения: 24.05.2023).

55 MODBUS over Serial Line Specification & Implementation guide V1.0. — Текст : электронный // URL: [https://modbus.org/docs/Modbus\\_over\\_serial\\_line\\_V1.pdf](https://modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf) (дата обращения: 26.05.2023).

56 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И. Г. Видяев, Г. Н. Серикова, Н. А. Гаврикова [и др.]. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 36 с. — Текст : непосредственный.

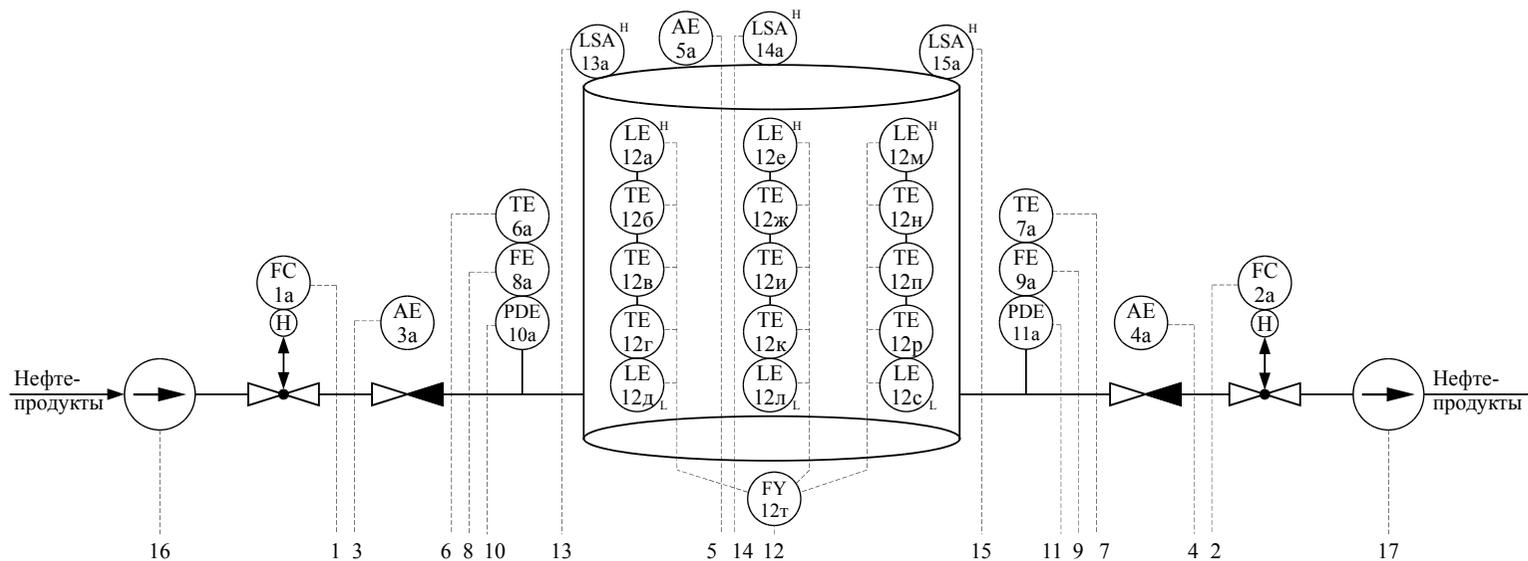
Приложение А  
(обязательное)

**Блок-схема алгоритма управления клапаном**



Приложение Б  
(обязательное)

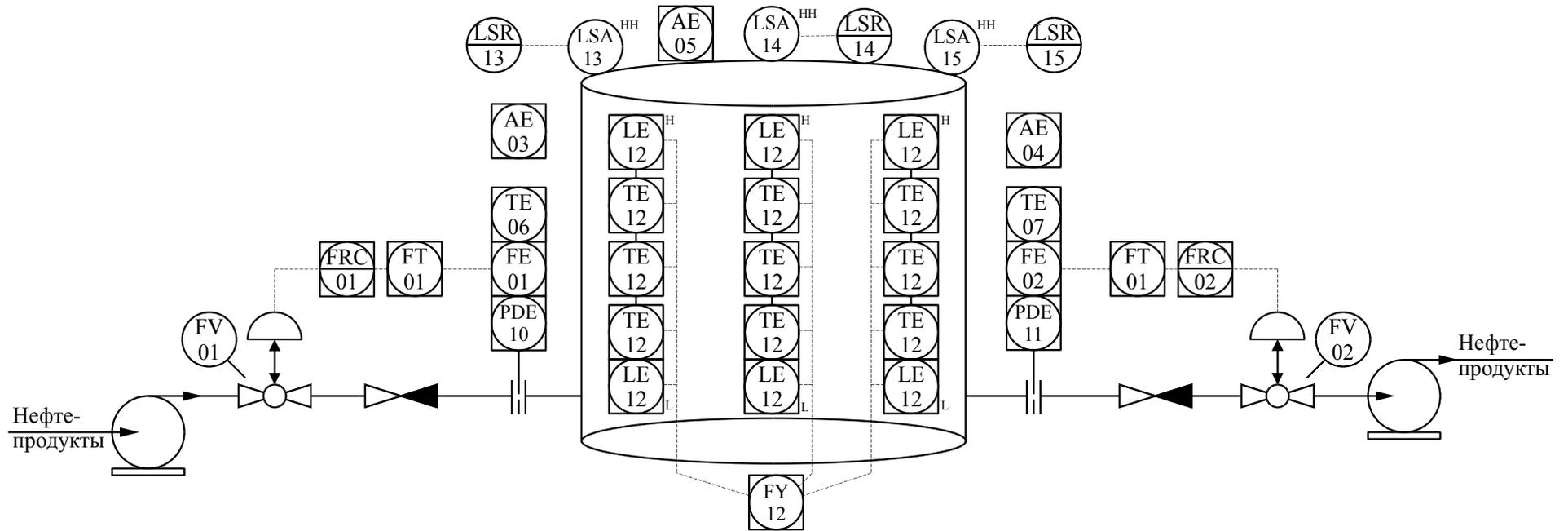
Схема автоматизации элементов резервуара по ГОСТ 21.408-2013



		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Сигнал ул- равления	Сигнал ул- равления	Состав газов	Состав газов	Состав газов	... °C	... °C	... м³/ч	... м³/ч	... МПа	... МПа	... м, °C	Индикатор уровня	Индикатор уровня	Индикатор уровня	Сигнал ул- равления	Сигнал ул- равления
Приборы местные				AT 36	AT 46	AT 56	TT 66	TT 76	FT 86	FT 96	PT 106	PT 116		LSY 136	LSY 146	LSY 156		
Щит управления		AC 16	AC 26	AR 3	AR 4в	TR 5в	TR 6в	FR 7в	FR 8в	PR 9в	PR 10в	PR 10в	LR 12у TR 12ф	LSR 13в	LSR 14в	LSR 15в		
	RS-485	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
SCADA	Мониторинг			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Управление	•	•														•	•
	Сигнализация			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		

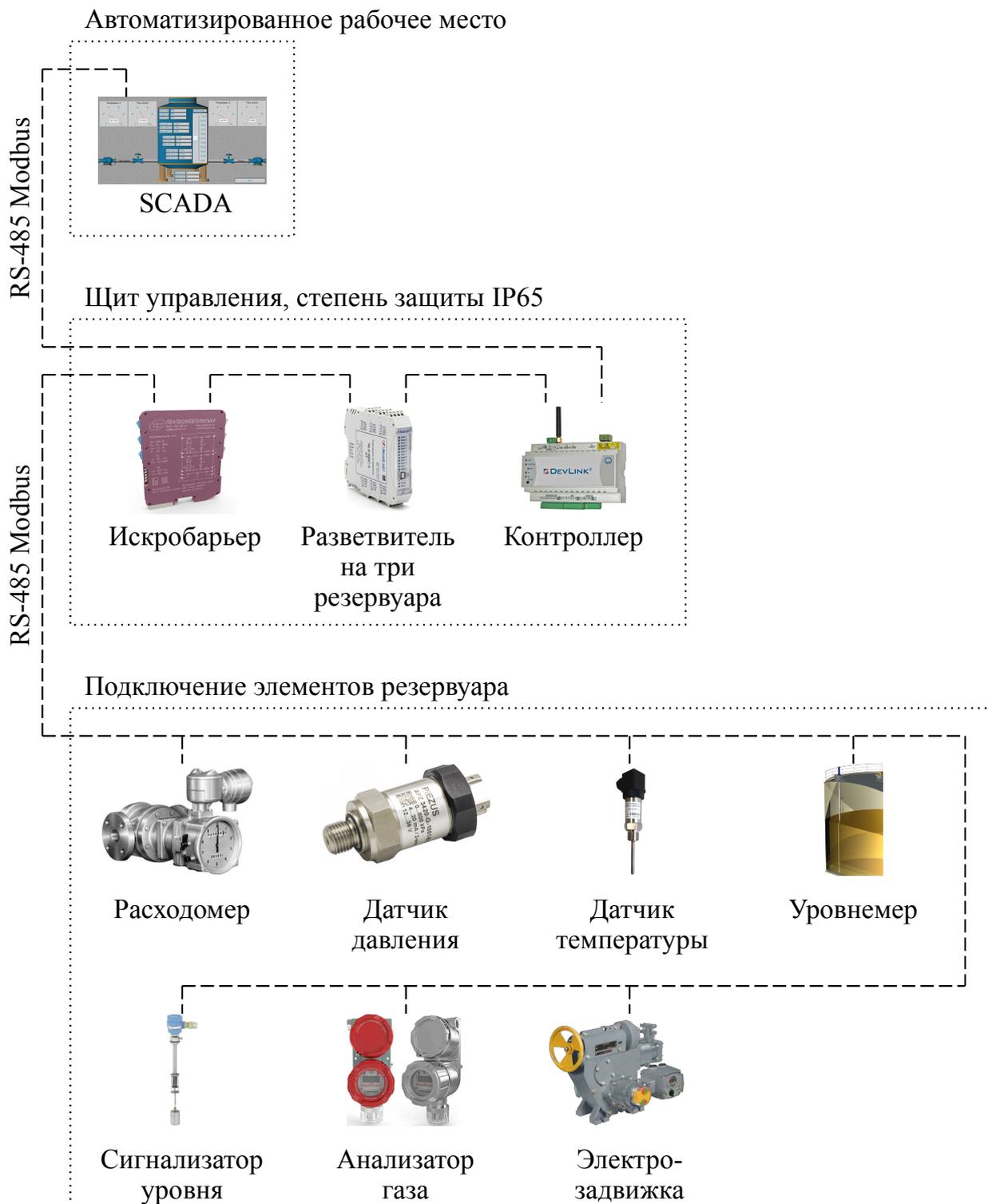
Приложение В  
(обязательное)

Схема автоматизации элементов резервуара в нотации ANSI S 5.4



Приложение Г  
(обязательное)

Структура подключения элементов автоматизированной системой



Приложение Д  
(обязательное)

Экран SCADA системы с параметрами одного резервуара

