

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 пусконаладочной системы управления насосной станции с использованием автономных контрольно-измерительных приборов

УДК 681.51:621.65-791.2

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Фролова Виктория Андреевна		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцова Ирина Леонидовна			

Нормоконтроль

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации
<b>УК(У)-6</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в том числе в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью

<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
<b>ПК(У)-2</b>	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
<b>ПК(У)-3</b>	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
<b>ПК(У)-4</b>	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
<b>ПК(У)-5</b>	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

<b>ПК(У)-6</b>	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
<b>ПК(У)-7</b>	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
<b>ПК(У)-8</b>	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
<b>ПК(У)-9</b>	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
<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 – Шифр «Наименование направления»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Цавнин А.В.  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Фролова Виктория Андреевна

Тема работы:

Проектирование пусконаладочной системы управления насосной станцией с использованием автономных контрольно-измерительных приборов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-90/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: пусконаладочная система управления насосной станцией. Цель работы: проектирование пусконаладочной системы управления насосной станцией с использованием автономных контрольно-измерительных приборов.
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы АС; Разработка объема автоматизации; Обзор выбора КИПиА; Обзор выбора исполнительных механизмов; Расчет показателей надежности модернизируемой системы; Модельные исследования САР.

<b>Перечень графического материала</b>	Трехуровневая структурная схема АС; Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; Опросные листы датчиков КИПиА.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы, профессор ОСГН, д.э.н.
Социальная ответственность	Мезенцова Ирина Леонидовна, Ст. преподаватель ООД ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
-	

<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	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		03.02.2023

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Фролова Виктория Андреевна		03.02.2023

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (ООП)– 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
8Т92	Фролова Виктория Андреевна

Тема работы:

Проектирование пусконаладочной системы управления насосной станции с использованием автономных контрольно-измерительных приборов
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		03.02.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н.		03.02.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Фролова Виктория Андреевна		03.02.2023



## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страниц машинописного текста, 31 таблицу, 22 рисунка, 1 список использованных источников из 30 наименований, 3 приложения.

Объект исследования – насосная станция.

Цель работы – проектирование пусконаладочной системы управления насосной станцией с использованием автономных контрольно-измерительных приборов.

В процессе работы проводились анализ, разработка и описание структуры автоматизируемого объекта, разработка принципиальной схемы, схемы внешних проводок, выбор контроллерного оборудования, датчиков и исполнительных механизмов.

Данная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2019.

Для выполнения выпускной квалификационной работы использовалось следующее программное обеспечение: Microsoft Office 2019, Draw io, AutoCad.

Ключевые слова: насосная станция, автоматизация, ПЛК, АСУ ТП, КИПиА, Архитектура АСУ, АСДУ, APC управление.

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие сокращения:

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

НС – насосная станция;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

ПЛК – программируемые логические контроллеры;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

IP – степень защиты;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

САР – система автоматического регулирования;

ПО – программное обеспечение.

## Содержание

Введение...	13
1 Техническое задание .....	14
1.1 Основное назначение и цели создания АСУ ТП .....	14
1.2 Требования к системе в целом.....	14
1.3 Требования к техническому обеспечению .....	14
1.4 Требования к программному обеспечению.....	15
1.5 Требования к метрологическому обеспечению .....	16
1.6 Требования к математическому обеспечению.....	17
1.7 Требования к лингвистическому обеспечению .....	17
1.8 Требования к надежности .....	18
2 Основная часть.....	19
2.1 Описание технологического процесса.....	19
2.2 Разработка структурной схемы АС.....	21
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации .....	22
2.4 Блок-схема алгоритмов управления клапаном .....	23
2.5 Выбор датчика температуры.....	23
2.6 Выбор датчика давления .....	28
2.7 Выбор уровнемера .....	29
2.8 Выбор исполнительных механизмов .....	31
2.9 Выбор контроллерного оборудования .....	33
2.10 Расчет показателей надёжности модернизируемой системы .....	35
2.11 Модельные исследования САР.....	40
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	49
3.1 Потенциальные потребности результатов исследования .....	49
3.2 Анализ конкурентных технических решений.....	50
3.3 SWOT-анализ.....	52
3.4 Структура работ в рамках научного исследования .....	53
3.5 Разработка графика проведения научного исследования.....	55
3.6 Расчет материальных затрат НТИ.....	56

3.7	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	57
3.8	Основная заработная плата исполнителей темы .....	57
3.9	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	59
3.10	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	60
3.11	Накладные расходы .....	61
3.12	Формирование бюджета затрат проекта.....	61
3.13	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности .....	62
3.14	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» .....	65
4	Социальная часть .....	69
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ....	69
4.2	Производственная безопасность .....	70
4.3	Повышенный уровень шума .....	71
4.4	Повышенный уровень общей вибрации .....	72
4.5	Электромагнитное поле промышленной частоты .....	73
4.6	Отсутствие или недостаток искусственного освещения .....	74
4.7	Производственные факторы .....	75
4.8	Экологическая безопасность.....	75
4.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
4.10	Вывод по разделу социальная ответственность .....	78
	Заключение .....	80
	Список используемой литературы.....	81
	Приложение А (Обязательное) Структурная схема.....	84
	Приложение Б (Обязательное) Функциональная схема .....	85
	Приложение В (Обязательное) Блок-схема клапана на впуске и выпуске резервуара .....	86

## Введение

Современные насосные станции включают широкий спектр различных насосов, выполняющих различные функции, от водоснабжения до вакуумной подачи в системах обработки. Однако, не менее важно, чтобы насосная станция была оборудована эффективной пусконаладочной системой управления, которая позволила бы операторам контролировать и управлять работой системы.

В настоящее время автономные контрольно-измерительные приборы (АКИП) все больше применяются в промышленности для повышения эффективности и безопасности производственных процессов. Они обеспечивают точный контроль и измерение параметров системы, которые также могут использоваться для определения состояния системы в целом.

Чаще всего насосные станции расположены рядом с населенными пунктами, так как удобно следить за процессом работы. Поэтому очень редко рассматривают вопрос о строительстве насосных станций вдали от населенных пунктов. А что если будет такая насосная станция, которая расположена где-то на севере Сибири? Как же тогда контролировать работу станции?

В данной работе рассматривается нефтяная насосная станция, которая находится на севере Сибири. Для обслуживания оборудования один или два раза в год прилетают на вертолете.

Целью является проектирование пусконаладочной системы управления насосной станции с использованием автономных контрольно-измерительных приборов.

Была выполнена работа, включающая в себя:

- структурную схему АС;
- функциональную схему автоматизации (ГОСТ 21.408–13);
- выбор средств реализации АС;
- расчет показателей надежности модернизируемой системы;
- модельные исследования САР.

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Основное назначение и цели создания АСУ ТП**

Целью данной работы является проектирование пусконаладочной системы управления насосной станцией с использованием автономных контрольно-измерительных приборов.

Разработанная система предназначается для систем контроля, управления и сбора данных насосной станции. Также использование современных датчиков позволит повысить надёжность измерений и сократить число аварий.

### **1.2 Требования к системе в целом**

Разрабатываемая система управления обязана удовлетворять требованиям стандарта ГОСТ 21.408-13 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом представленных ниже требований [16].

### **1.3 Требования к техническому обеспечению**

Конструкция технических средств должна соответствовать условиям эксплуатации, требованиям безопасности на объектах и обеспечивать: безопасность эксплуатационного персонала при проведении обслуживания и регламентных работ; надежность сопряжения и фиксации съемных модулей; взаимозаменяемость модулей; удобство обслуживания.

Аппаратура должна быть рассчитана на эксплуатацию в климатических зонах с условиями эксплуатации:

- температура окружающей среды - от минус 60 °С до плюс 60 °С;
- максимальная скорость изменения температуры – 1 °С/мин;
- верхний предел относительной влажности воздуха - 100% с возможностью конденсации влаги и образования инея;
- атмосферное давление - от 70 кПа до 106 кПа [17].

## 1.4 Требования к программному обеспечению

ПО должно охватывать все вычислительные средства, необходимые для работы, и реализовывать полный объем функций.

Алгоритмы ПЛК должны быть написаны на промышленных языках программирования согласно стандарта ГОСТ Р МЭК 61131-3 [18].

ПО должно быть рассчитано на эксплуатацию в реальном масштабе времени с применением оперативных и перепрограммируемых постоянных запоминающих устройств без использования внешних накопителей (на магнитной ленте, дисках и др.), требующих постоянного технического обслуживания.

ПО должна обеспечивать:

- реализацию мультипрограммного режима исполнения задач;
- эффективное распределение ресурсов оперативной памяти и вычислительных ресурсов системы;
- организацию взаимодействия между функциями (задачами) и отдельными компонентами системы управления;
- распределение очередности исполнения заданий в соответствии с поступающими запросами на их исполнение и их приоритетам;
- анализ и обработку, поступающих в систему прерываний с сохранением состояния выполняемого задания и восстановление состояния после обработки прерывания;
- реализацию функций отладки прикладного программного обеспечения системы реального времени;
- рестарт системы при подаче питания и после сбоя.

Инструментальные программные средства должны обеспечивать разработку, отладку и загрузку программного обеспечения.

Драйверы работы с устройствами ввода - вывода должны обеспечивать:

- сбор технологической информации в периодическом или инициативном режиме и ее первичную обработку, включая контроль

достоверности вводимых данных, масштабирование, выбор данных в случае резервированных каналов, усреднение, сглаживание, накопление данных и т.д.;

- формирование выходных управляющих воздействий на объект управления в аналоговом или дискретном виде с контролем достоверности сформированных выходных сигналов и возможности исполнения команд управления, учитывая их приоритетность по обработке.

- Драйверы работы с внешними устройствами должны обеспечивать:

- вывод информации на видеотерминальные устройства цветного изображения;

- вывод на печатающее устройство выходных документов, регистрацию событий и сообщений об отклонениях от нормы хода технологического процесса.

### **1.5 Требования к метрологическому обеспечению**

Метрологическое обеспечение устанавливает обоснованный выбор методов и средств измерений, применение технических и программных средств, действующих правил и норм, направленных на достижение единства и заданной точности измерений технологических параметров.

Метрологическое обеспечение должно осуществляться на всех этапах разработки, создания и эксплуатации.

При проектировании должны применяться средства измерений отечественного или иностранного производства, прошедшие государственные испытания с целью утверждения типа СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений.

В проектной документации должны использоваться только допущенные к применению единицы величин в соответствии с ГОСТ 8.417.

Основная приведенная погрешность измерительных каналов СЛТМ (без учета погрешности датчика) не должна превышать 0,3%.



Программное обеспечение вычислительных устройств должно базироваться на нормативной документации, действующей на территории РФ, и соответствовать ГОСТ 8.654-2009 «Требования к программному обеспечению средств измерений».

### **1.6 Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение представляет собой описание алгоритмов и постановок задач (комплексов задач) для всех вычислительных средств.

В состав математического обеспечения должны входить: математическое обеспечение нижнего уровня; математическое обеспечение контроллерного уровня; математическое обеспечение верхнего уровня.

На всех уровнях математического обеспечения, должны использоваться методы контроля достоверности входной и выходной информации.

Зависимости, описываемые применяемыми математическими моделями, должны быть справедливы для расчетных интервалов изменения параметров входной информации и интервалов времени, на которых решаются функциональные задачи.

Математическое обеспечение должно быть построено на основе надежных, простых и эффективных алгоритмов.

### **1.7 Требования к лингвистическому обеспечению**

Лингвистическое обеспечение должно быть рассчитано на пользователя-специалиста в предметной области и удовлетворять следующим требованиям: русифицированный человеко-машинный интерфейс (все сообщения и запросы, выдаваемые системой оператору, надписи на видеокадрах должны производиться на русском языке); наличие русскоязычной проектной и эксплуатационной документации.

В целом должна изолировать диспетчера от особенностей работы аппаратуры, программ сбора и передачи данных.

## **1.8 Требования к надежности**

Показатели надежности должны соответствовать требованиям ГОСТ 24.701-86:

- срок службы системы – не менее 15 лет;
- средняя наработка на отказ системы в целом должна быть не менее 10 000 часов;
- коэффициент готовности (вероятность нахождения АСУ ТП объекта в любой момент определенного периода в работоспособном состоянии) – не менее 0,98.

Показатели безотказности должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 870-4-93.

## 2 Основная часть

### 2.1 Описание технологического процесса

Вначале по трубопроводу поступает нефть и проходит участок, где находятся датчик давления и датчик контроля потока. Эти датчики посылают сигнал, что нефть мимо них прошла и поступает в резервуар. Если нефть не прошла этот участок, датчики также посылают сигнал и отправляются специалисты для устранения причины, если это необходимо. При этом насосная станция не работает.

После того как нефть попала в резервуар, она должна заполнить его до определенного уровня. В резервуаре имеется датчик уровня, при помощи которого можно понять насколько заполнился резервуар. Как только нефть заполнила резервуар до нужного уровня, срабатывает датчик уровня и закрывается клапан, который находится наверху резервуара. Этот клапан нужен для того, чтобы пропускать окружающий воздух, при этом уменьшая вероятность взрыва.

Далее нефть по трубопроводу попадает к задвижкам насосных агрегатов. Задвижки насосных агрегатов открываются только тогда, когда электродвигатель наберет нужное число оборотов. За открытие задвижек следит датчик положения задвижки. После того как электродвигатель набрал нужное количество оборотов, срабатывает датчик положения задвижек и задвижки медленно начинают открываться. Такие датчики стоят перед насосным агрегатом и после насосного агрегата. На самих насосных агрегатах имеются датчики вибрации, температуры. Расположение датчиков представлено на рисунке 1.

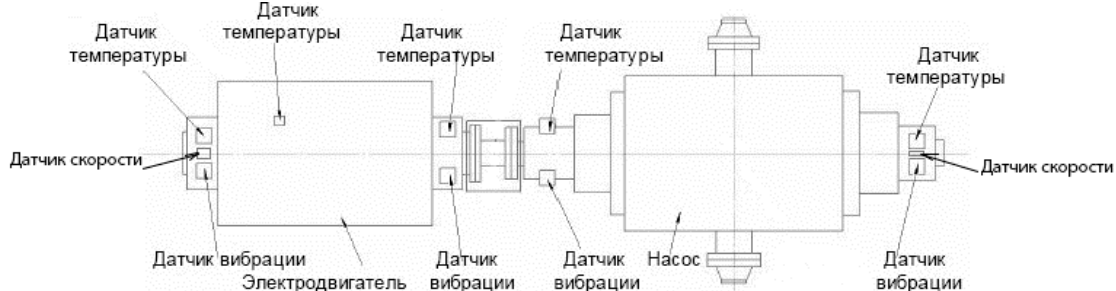


Рисунок 1 – Расположение датчиков на насосном агрегате

После прохождения насосного агрегата нефть отправляется по трубопроводу на следующую станцию, пройдя участок с датчиком давления и контроля потока. Если нефть поступила на насосный агрегат, но не прошла через последний участок с датчиками, то датчики подают сигнал о том, что нефть не идет, останавливается работа электродвигателя и закрываются задвижки, а затем отправляют специалистов для устранения неполадок. Если имеется дополнительный насосный агрегат, то поступает к нему и работа продолжается.

Информация со всех датчиков поступает на блок управления, а с блока управления – на объект управления. Для обеспечения электродвигателей током используется щитовая с высоковольтным и низковольтным оборудованием. На щитовую ток поступает с трансформаторной подстанции. Трансформаторная подстанция соединена с зарядным устройством, которое соединено с аккумуляторными батареями, а АКБ соединены с инвертором, который соединен с блоком управления. Инвертор, АКБ, зарядное устройство используются на случай отключения электричества, то есть если нет электросети, то датчик тока, установленный на трансформаторной подстанции, покажет ток равный нулю, тогда с зарядного устройства начнет подаваться ток на батареи, с батарей на инвертор, с инвертора на блок управления. Следовательно, блок управления не отключится. С блока управления пойдет сигнал на блок управления резервной генераторной установкой, который соединен с другой щитовой с высоковольтным и низковольтным оборудованием. С щитовой ток пойдет на трансформатор, с трансформатора на первую щитовую. Следовательно, процесс работы продолжится.

Электрощитовое оборудование – это комплекс разного оборудования, содержащее в себе разнообразные приборы и аппараты, которые собираются на базе одной установки, данная установка предназначена для решения конкретных задач, которые связаны с энергоснабжением объекта.

Высоковольтное оборудование – данный набор, состоящий из разнообразных устройств, а также приборов, которые рассчитаны для работы с напряжением (которое больше или равно 1 кВ). также это оборудование осуществляет прием, передачу, преобразование электрической энергии переменного высоковольтного тока.

Низковольтное комплектное устройство – это устройство, которое используется для получения, а также разделения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц напряжением 0,4 кВ в сетях с глухо-заземленной или изолированной нейтралью.

## **2.2 Разработка структурной схемы АС**

Автоматизированная система управления стабилизационной колонной построена по принципу открытой трехуровневой иерархии, которая включает в себя полевой уровень (нижний), контроллерный уровень (средний) и верхний уровень.

Нижний (полевой) уровень системы состоит из распределенных первичных устройств автоматизации:

- датчики давления; датчики температуры; датчики уровня, расхода;
- исполнительные механизмы.
- На данном уровне должны выполняться следующие функции АС:
  - измерение параметров технологического процесса (температуры, давления, уровня жидкости);
  - сбор и передача сигналов аварийной сигнализации, состояния и положения запорной арматуры.

Средний (контроллерный) уровень представлен коммуникационными интерфейсами и локальным контроллером (ПЛК). ПЛК должен выполнять следующие функции:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о параметрах технологического процесса;

– автоматическое управление и регулирование, а также обмен информацией с пунктами управления АРМ.

Верхний уровень состоит из автоматизированного рабочего места оператора (АРМ), компьютера с операционной системой Windows и оснащенного SCADA-пакетом, основной и резервный сервера баз данных. На верхнем уровне выполняются следующие задачи:

- сбор и обработка (в том числе масштабирование) данных с локальных контроллеров;
- синхронизация всех подсистем за счет поддержания единого времени в системе;
- формирование технологической базы данных (БД);
- формирование отчетной документации, протоколов событий и т.п.;
- предоставление интерфейса непосредственного взаимодействия с оператором АСУ.

Обобщенная структура схема управления АС приведена в приложении А.

### **2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации**

ФСА является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На ней изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок.

Функциональная схема автоматизации предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации ТП.

В таблице 1 приведен объём автоматизации.

Таблица 1 – Объем автоматизации

№	Наименование технологических параметров	Обозначение приборов	Функции АСУ ТП
1	Уровень в резервуаре	LI	Измерение, индикация
2	Давление в трубопроводе и резервуаре	PI	Измерение, индикация
3	Температура в резервуаре и температура электродвигателя	TI	Измерение, индикация
4	Расход (поток) на трубопроводе	FI	Измерение, индикация

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям ГОСТ 21.408–13 и приведена в приложении Б.

#### 2.4 Блок-схема алгоритмов управления клапаном

В качестве технологического оборудования рассмотрим клапаны на впуске и выпуске резервуара. Для выбранного технологического оборудования разработаем алгоритм пуска/останова. Алгоритм пуска/останова клапанов на впуске и выпуске резервуара представлен в Приложении В.

#### 2.5 Выбор датчика температуры

В связи с технологическим процессом целесообразно использовать в качестве датчика температуры термосопротивление, так как оно дешевле термопары. Однако диапазон измерений в разы меньше, чем у термопар, что не является существенным, так как нефть в резервуаре не нагревается до таких высоких температур и диапазона измерения медных термосопротивлений

будет достаточно. Были отобраны следующие термосопротивления: Рэлсиб серии TCMr–Кл1–1; TCM Метран 280.

Термопреобразователи сопротивления TCMr.50M–Кл1–1 с чувствительным элементом из меди с клеммной головкой предназначены для непрерывного измерения температуры жидких, паро–газообразных сред, сыпучих материалов и других сред. В термопреобразователях используется клеммная головка диаметра 45 или 58 мм с винтовой герметично–закручивающейся крышкой без уплотнительного кольца. Все металлические детали термометров изготовлены из пищевой нержавеющей стали 12x18xH10T. Допускается изготовление подвижного штуцера из чёрного металла с покрытием цинк или никель. Датчик (рисунок 2) обеспечивает непрерывное преобразование измеряемой температуры в унифицированный сигнал постоянного тока (4 – 20) мА [5].



Рисунок 2 – Термопреобразователи сопротивления Рэлсиб серии TCMr

Термопреобразователи сопротивления медные TCM Метран–280 предназначены для измерения температуры жидких и газообразных химически неагрессивных сред, а также агрессивных, не разрушающих материал защитной арматуры.

Термопреобразователь сопротивления медный TCM Метран серии 280 представлен на рисунке 3.





Рисунок 3 – Термопреобразователь сопротивления медный ТСМ Метран 280

Сравнение характеристик отобранных датчиков представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики датчиков температуры

Характеристики	Значение	
	Рэлсиб серии ТСМг-Кл1-1	Метран 280
Длина монтажной части, мм	100	1000
Цена, руб.	700	1 400
Диапазон измерений	От минус 50 до 180	От минус 50 до 150
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, HART
Степень защиты корпуса датчика	IP 54	IP 65
Средний срок службы при номинальной температуре применения, лет, не менее	6	5
Вид зависимости «ток от температуры»	линейная	линейная
Класс допуска	A	B

После анализа в качестве датчика температуры был выбран Метран 280, так как он обладает оптимальными характеристиками и функциями по сравнительно малой цене. Рэлсиб серии ТСМг-Кл1-1 не подходит, так как не

имеет возможности подключения по HART интерфейсу.

Таблица 3 – Опросный лист для датчика температуры

Параметры измеряемой и окружающей среды			
Измеряемая среда: Нефть		Фазовое состояние: <input type="checkbox"/> газ <input checked="" type="checkbox"/> жидкость	
Диапазон измеряемых температур, С*		Мин -50	Макс 150
Датчик температуры			
<input type="checkbox"/> Rosemount (Emerson) *		<input checked="" type="checkbox"/> Метран *	
Первичный преобразователь (ПП), без защитной гильзы			
<input type="checkbox"/> Требуется *		<input type="checkbox"/> Не требуется *	
<input checked="" type="checkbox"/> Требуется *		<input type="checkbox"/> Не требуется *	
Тип чувствительного элемента (ЧЭ)		Тип чувствительного элемента (ЧЭ)	
<input type="checkbox"/> Термопара	<input type="checkbox"/> Термометр сопротивления	<input type="checkbox"/> Термопара	<input checked="" type="checkbox"/> Термометр сопротивления
Количество чувствительных элементов		Количество чувствительных элементов	
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2		<input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	
Номинальная статическая характеристика (НСХ) *		Номинальная статическая характеристика (НСХ) *	
<input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> N	<input type="checkbox"/> Pt100	<input type="checkbox"/> К <input type="checkbox"/> В <input type="checkbox"/> N	<input type="checkbox"/> 50М <input checked="" type="checkbox"/> 100М <input type="checkbox"/> 50П
<input type="checkbox"/> J _____ (другие НСХ)	_____ (другие НСХ)	<input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> S _____ (другие НСХ)	<input type="checkbox"/> 100П <input type="checkbox"/> Pt100 _____ (другие НСХ)
Рабочий спай		Рабочий спай	
<input type="checkbox"/> изолированный <input type="checkbox"/> неизолированный		<input checked="" type="checkbox"/> изолированный <input type="checkbox"/> неизолированный	
Класс допуска		Класс допуска	
1	<input type="checkbox"/> А <input type="checkbox"/> В	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> А <input checked="" type="checkbox"/> В <input type="checkbox"/> С
Схема соединений		Схема соединений	
2-хпроводная	<input type="checkbox"/> 2-хпроводная <input type="checkbox"/> 3-хпроводная <input type="checkbox"/> 4-хпроводная	2-хпроводная	<input type="checkbox"/> 2-хпроводная <input checked="" type="checkbox"/> 3-хпроводная <input type="checkbox"/> 4-хпроводная
Диаметр оболочки ЧЭ		Диаметр защитной арматуры (без защитной гильзы)	
6мм		<input type="checkbox"/> 20мм <input type="checkbox"/> 10мм <input type="checkbox"/> 8мм <input checked="" type="checkbox"/> 6мм <input type="checkbox"/> 5мм <input type="checkbox"/> 3мм	
Глубина погружения (длина монтажной части)*		Глубина погружения (длина монтажной части)*	
_____ мм		1000 мм	
Материал оболочки кабеля		Материал защитной арматуры	
321 SST (НСХ J) Inconell 600 (НСХ K) Nicrobell B (НСХ N)	316/321 SST	<input checked="" type="checkbox"/> 12X18H10T <input type="checkbox"/> 10X17H13M2T <input type="checkbox"/> 15X25T <input type="checkbox"/> ХН78Т <input type="checkbox"/> 10X23H18 <input type="checkbox"/> Латунь <input type="checkbox"/> ХН45Ю _____ (другие мат-лы)	
Способ крепления первичного преобразователя		Способ крепления первичного преобразователя*	
<input type="checkbox"/> ½" NPT _____ (другая резьба) <input type="checkbox"/> Без резьбы		<input checked="" type="checkbox"/> M20x1.5 _____ (другая резьба) <input type="checkbox"/> Без резьбы	
		<input type="checkbox"/> Фланец _____ <input type="checkbox"/> Вварной	
Rosemount (Emerson)		Метран	
Защитная гильза			
Требуется*: <input type="checkbox"/> Трубчатая (max D=9..12мм)		Требуется*: <input type="checkbox"/> Сварная (до 25 МПа) <input type="checkbox"/> Цельноточеная (до 50 МПа)	

Продолжение таблицы 3

<input type="checkbox"/> Литая коническая (max D=17..26,5мм) вварная	<input type="checkbox"/> Литая	<input type="checkbox"/> Фланцевая (до 16 МПа)	<input type="checkbox"/> Вварная (до 50 МПа)
<input type="checkbox"/> Не требуется*		<input checked="" type="checkbox"/> Не требуется*	
Материал защитной гильзы _____		Материал защитной гильзы _____	
<b>Способ установки на объекте*</b>		<b>Способ установки на объекте*</b>	
<input type="checkbox"/> Резьба _____	<input type="checkbox"/> Фланец _____	<input type="checkbox"/> Вварной	<input type="checkbox"/> Резьба _____
			<input checked="" type="checkbox"/> Фланец _____
<b>Соединительная головка</b>			
<input type="checkbox"/> Требуется*	<input type="checkbox"/> Не требуется*	<input checked="" type="checkbox"/> Требуется*	<input type="checkbox"/> Не требуется* (удлин. провода _____ мм)
Материал соединительной головки		Материал соединительной головки	
<input type="checkbox"/> Алюминиевый сплав	<input type="checkbox"/> Нержавеющая сталь	<input type="checkbox"/> Полиамид Технамид®	<input type="checkbox"/> Пластик АБС
		<input checked="" type="checkbox"/> Алюминиевый сплав	
Резьба кабельного ввода		Резьба кабельного ввода	
<input type="checkbox"/> ½'' NPT	<input type="checkbox"/> M20x1.5	M20x1.5	
Степень защиты от воздействия пыли и воды		Степень защиты от воздействия пыли и воды	
<input type="checkbox"/> IP65	<input type="checkbox"/> IP68	<input checked="" type="checkbox"/> IP65	<input type="checkbox"/> IP5X
<b>Измерительный преобразователь</b>			
<b>Требуется для монтажа*:</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Требуется* (только встроенный в соединительную головку ПП)	
<input type="checkbox"/> В соединительную головку ПП		<input type="checkbox"/> Не требуется*	
<input type="checkbox"/> На DIN рейку	<input type="checkbox"/> На кронштейн	<input type="checkbox"/> Не требуется*	
Входной сигнал		Входной сигнал	
<input type="checkbox"/> К	<input type="checkbox"/> N	<input type="checkbox"/> Pt100	<input type="checkbox"/> J _____ (другие НСХ)
Выходной сигнал*		Выходной сигнал*	
<input type="checkbox"/> 4-20+HART	<input type="checkbox"/> Foundation Fieldbus	<input type="checkbox"/> HART	<input type="checkbox"/> Wireless
Наличие индикации		Местная индикация отсутствует	
<input type="checkbox"/> Требуется	<input type="checkbox"/> Не требуется		
<b>Взрывозащита</b>			
<b>Требуется*:</b>		<b>Требуется*:</b>	
<input type="checkbox"/> Искробезопасная электрическая цепь Exia		<input checked="" type="checkbox"/> Искробезопасная электрическая цепь Exia	
<input type="checkbox"/> Взрывонепроницаемая оболочка Exd (указать внешний диаметр кабеля _____ мм)		Взрывонепроницаемая оболочка Exd:	
<input type="checkbox"/> Не требуется*		<input type="checkbox"/> Кабельный ввод для бронированного кабеля – БК	
		<input type="checkbox"/> Кабельный ввод для трубного монтажа – ТБ	
		<input type="checkbox"/> Не требуется*	
<b>Предел допускаемой основной погрешности</b>			
Первичного преобразователя (ПП)		$\pm 0,1$	
Класс допуска указывается в разделе «Первичный преобразователь»			
Измерительного преобразователя (ИП)			
$\pm$ _____ °C			
Сборки ПП+ИП			
$\pm$ _____ °C			

## 2.6 Выбор датчика давления

При выборе датчика давления выбор производился из двух возможных варианта: Метран 150 и Элемер АИР–30. Сравнительные характеристики датчиков приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение датчиков давления

Техническая характеристика	Метран 150	Элемер АИР–30М
Диапазон измерения	(0 – 68) МПа	1 кПа – 16 МПа
Температура окружающей среды	От минус 40 до 85 °С	От минус 40 до 70 °С
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, HART	(4 – 20) мА, HART
Степень защиты от внешних воздействий	IP66	IP65
Взрывозащищенное исполнение	есть	есть
Гарантийный срок	3 года	5 лет
Основная приведенная погрешность	$\pm 0,075 \%$	$\pm 0,075 \%$
Питание, постоянный ток	(12 – 42) В	(12 – 42) В
Потребляемая мощность	0,8 Вт	0,7 Вт

По данной таблице сравнения характеристик был сделан выбор использовать датчик давления Элемер АИР–30М.

Датчики предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин.

Прибор имеет не только очень широкие диапазоны измерений (например, для избыточного давления от 0,04 кПа до 60 МПа), но и возможность перенастройки диапазонов с коэффициентом до 1:60. Это

позволяет производить высокоточные измерения со значениями основной погрешности от 0,1%. Выходной сигнал преобразователя — унифицированный токовый 4...20 мА или комбинированный 4...20/0...5 мА. В исполнении «HART» преобразователь формирует также соответствующий частотно-модулированный сигнал.

Датчики оснащены многофункциональным 4-разрядным ЖК-индикатором с подсветкой и графической шкалой. Датчики имеют модульную структуру: модуль сенсора и модуль электроники. Все модули одного вида взаимозаменяемы. Это обеспечивает высокую ремонтпригодность датчика. Все датчики защищены двухуровневым паролем от несанкционированного доступа. Настройка параметров датчика осуществляется с помощью наружной или внутренней клавиатуры, или по HART-протоколу.

В преобразователь встроены устройства сигнализации и регулирования (2 электромеханических или оптореле), что существенно упрощает использование прибора в системах АСУ ТП. Датчик давления на рисунке 4.



Рисунок 4 – Датчик давления Элемер АИР–30М

## 2.7 Выбор уровнемера

В процессе приёма и отпуска нефти из резервуара необходимо осуществлять контроль за уровнем нефти. Высота резервуара равна 10 м. В качестве уровнемера будем использовать датчик NivoTrack MBK–5A–B.

Прибор относится к типу магнестрикционных поплавковых измерителей уровня. Магнестрикция – изменение геометрии ферромагнитного тела при изменении его магнитного поля. Уровень жидкости в резервуаре рассчитывается через расстояние от электронного блока датчика

до плавающего в жидкости поплавка с встроенными постоянными магнитами. Поплавок движется вдоль волновода. Расстояние определяется по времени прохождения волны деформации волновода от поплавка до электронного блока после включения импульсного поля волновода. Уровнемеры такого типа применяются для непрерывного определения уровня продукта, так как обладают высоким быстродействием. Как показывает практика, степень ошибок и отказов у поплавковых уровнемеров в 2 – 3 раза меньше в сравнении, например, с ультразвуковыми и радарными средствами измерения. Использование эффекта магнитострикции позволяет NIVOTRACK добиться разрешения в 0,1 мм, а различные исполнения дают возможность применения во взрывоопасных и агрессивных средах.

Технические характеристики уровнемера NivoTrack MBK–5A0–B приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики уровнемера NivoTrack MBK–5A0–B

Техническая характеристика	Значение
Напряжение питания (постоянный ток)	(12,5 – 36) В
Температура окружающей среды	От минус 40 °С до 70 °С
Диапазон измерения	(0,5 – 10) м
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, HART
Степень защиты от внешних воздействий	IP 67
Взрывозащищенное исполнение	+
Электрическая защита	класс III

В рамках данной работы выбранный уровнемер соединяется с контроллером через аналоговый вход, то есть на контроллер будет подаваться унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА.

Уровнемеры NivoTrack MBK–5A0–B предусматривают возможность

работы в автономном режиме и в составе АСУ ТП. В процессе работы уровнемера информация об уровне наполнения резервуара передается в виде аналогового сигнала (4 – 20) мА с наложенным цифровым сигналом HART. Аналоговые выходы могут быть пассивными – для подсоединения к активной цепи, либо активными, обеспечивающими токовый сигнал (4 – 20) мА.

Степень защиты от воздействия пыли и влаги IP 67. Срок гарантии 5 лет.

## 2.8 Выбор исполнительных механизмов

Исполнительным устройством называется устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командной информацией. Под исполнительным устройством в теории автоматического управления понимают устройство, передающее воздействие с управляющего устройства на объект управления.

В качестве запорно–регулирующей арматуры используем кран шаровой регулирующей КШТВ 25-50нж производства «Автоматика – Инвест» (рисунок 5).

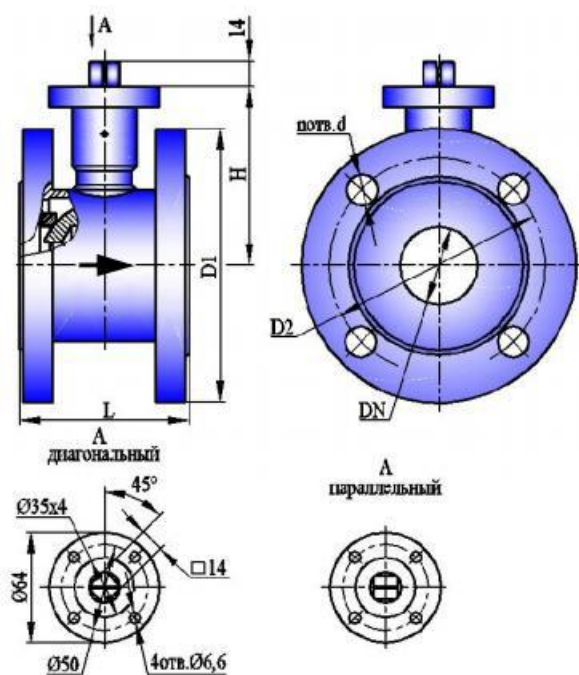


Рисунок 5 – КШТВ 25-50нж

Основные технические характеристики КШТВ 25-50нж:

- Давление рабочей среды: 2,5 МПа;
- Герметичность затвора: класс А по ГОСТ 9544;
- Пропускная способность: DN50 м<sup>3</sup> /ч;
- Диапазон рабочих температур: то -40 до 200С.

В качестве электропривода были рассмотрены приводы SIEMENS SIPOS FLASH, AUMA, DANFOSS. Из соотношений цены и качества был выбран неполноворотный асинхронный электропривод AUMA типа SG 0.51.

Неполноповоротные электроприводы AUMA типов SG 05.1 представляют собой модульную, состоящую из отдельных функциональных блоков конструкцию. Приводы приводятся в действие электродвигателем и управляются узлом управления AUMATIC (рисунок 6).

Основные технические характеристики привода SG 05.1:

- Максимальный крутящий момент: 150 Нм;
- Напряжение питания: 220 В.
- Режимы работы: Кратковременный режим S2 - 15 мин; Повторно-кратковременный режим S4 - 25 %.
- Трехфазный асинхронный электромотор, исполнение IM B9 согласно IEC 60034.



Рисунок 6 – КШТВ 25-50нж с приводом AUMA типа SG 05.1



## 2.9 Выбор контроллерного оборудования

Выбор контроллера осуществлялся из следующих вариантов: Овен ПЛК 150, Овен ПЛК110 [M02].

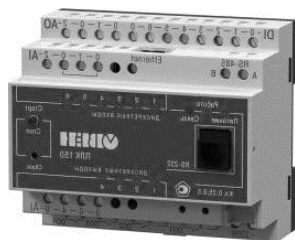


Рисунок 7 – Овен ПЛК150



Рисунок 8 – Овен ПЛК110 [M02]

Сравнительные характеристики промышленных ПЛК проанализированы и сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Сравнение технических характеристик контроллеров

Техническая характеристика	Значение	
	Овен ПЛК150	Овен ПЛК110[M02]
Потребляемая мощность, Вт	28	28
Среда программирования	CODESYS	MasterScada4D
Степень защиты передней панели	IP20	IP20
Время реакции входа на изменения, мс	1,5	1
Время цикла ПЛК, мс	1	10

Продолжение таблицы 6

Степень защиты задней панели	IP00	IP00
Дискретные входы	6	18
Дискретные выходы	4	12
Интерфейсы	RS-232, RS-485, Ethernet	RS-232, RS-485, Ethernet, USB B
Габариты, мм (ДхВхШ)	105x65x90	140x114x83
Температура окружающей среды, °С	От минус 15 до 50	От минус 40 до 55
Гарантийный срок, лет	2	2
Срок службы, лет	8	8
Цена	17 000	23 000

После проведения анализа в качестве ПЛК было решено использовать Овен ПЛК110 [M02] в связи с подходящими техническими характеристиками. Большой вес был у характеристики среда программирования. Логика работы ПЛК110 определяется потребителем в процессе программирования контроллера. Программирование осуществляется с помощью программного обеспечения MasterScada4D. При этом поддерживаются все языки программирования, указанные в МЭК 61131–3.

Преимущества использования MasterSCADA 4D для программирования контроллера: web–визуализация; специализированные библиотеки; набор библиотечных алгоритмов; элементы визуализации, ранее доступные для отрисовки мнемосхем, теперь доступны для создания web–визуализации контроллера; объемные элементы мнемосхем; графический редактор; редакторы FBD/SFC/LD/ST; OPC UA на борту контроллера;

В дополнение к промышленному ПЛК необходимо приобрести модуль аналогового ввода с универсальными входами MB110–224.8A.

В таблице 7 приведены характеристики модуля аналогового ввода с

универсальными входами МВ110–224.8А и модуль аналогового вывода МУ110–220.8И.

Таблица 7 – Характеристики модуля аналогового ввода

Техническая характеристика	Значение
Количество входов, шт.	8
Время опроса одного входа, с.	0,9
Габаритные размеры, мм	63×110×75
Степень защищенности	IP20
Гарантийный срок, лет	2
Срок службы, лет	10
Цена, руб	6 420

### 2.10 Расчет показателей надёжности модернизируемой системы

В реализации системы принимают участие  $n$  датчиков ( $n=9$ ),  $m$  исполнительных механизмов ( $m=4$ ), ПЛК.

Надежность является внутренним свойством системы, которое закладывается при ее проектировании и проявляется вовремя ее эксплуатации. Для проведения расчетов была составлена спецификация элементов САУ (таблица 8).

Таблица 8 – Спецификация элементов проектируемой системы

№	Параметр	Тип датчика	Количество
1	Температура [4]	Метран 281	2
2	Давление [5]	Элемер АИР–30М	3
3	Уровень [6]	NivoTrack МК–5А-В	2
4	Расход [7]	Rosemount 870	2

Продолжение таблицы 8

5	Исполнительный механизм [19]	КШТВ 25-50нж с приводом AUMA типа SG 05.1	4
6	Шлюз связи с нижним уровнем (беспроводной шлюз) [20]	Rosemount 1410	1
7	ПЛК [2]	Овен ПЛК110 [M02]	1

Отказ какого-либо элемента системы приведет к нарушению работоспособности всей системы. С учетом этого, структурная схема надежности, проектируемой САУ имеет вид последовательно соединённых элементов системы, структурная схема отображена на рисунке 10.

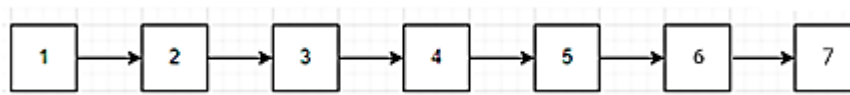


Рисунок 10 – Структурная схема надежности аппаратной части проектируемой системы

Далее определим основные показатели надёжности для каждого элемента канала измерения. Примем, что все элементы функционируют в условиях, соответствующих требованиям нормативно-технической документации. Это обеспечивает статистическую устойчивость исходных параметров надежности элементов и вычисленных значений показателей надежности всего канала в целом. Среднее время наработки на отказ берется из документации. Согласно техническому заданию, время непрерывной работы должно составлять не менее 1 года. Время восстановления работоспособности – 2 часа.  $1 \cdot 365 \cdot 24 = 8760$  ч.

Таблица 9 – Перечень оборудования

Оборудование	Среднее время наработки на отказ $T_i$ , ч
Температура	43800
Давление	26280
Уровень	10000
Расход	100000
Исполнительный механизм	26280
Шлюз связи с нижним уровнем (беспроводной шлюз)	52560
ПЛК	43800

Распределение времени наработки до отказа подчиняется экспоненциальному закону:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов;

$t$  – среднее время наработки на отказ.

В качестве показателя надежности используется среднее время наработки на отказ, которое связано с интенсивность отказов элементов системы  $\lambda_i(t)$  следующим соотношением:

$$\lambda_i(t) = \frac{1}{T_i}, \quad (2)$$

где  $T_i$  – среднее время наработки на отказ элементов.

Далее были рассчитаны значения интенсивности отказов элементов системы и записаны в таблицу 10.

Таблица 10 – Значения интенсивности отказов элементов системы

Оборудование	Среднее время наработки на отказ $T_i$ , ч	Интенсивность отказов элементов системы $\lambda_i(t)$ , $ч^{-1}$
Температура	$43800 \cdot 2 = 87600$	$1,14 \cdot 10^{-5}$

Продолжение таблицы 10

Давление	26280·3=78840	1,26 · 10 <sup>-5</sup>
Уровень	10000·2=20000	1,43 · 10 <sup>-5</sup>
Расход	100000·2=200000	0,5 · 10 <sup>-5</sup>
Исполнительный механизм	26280·4=105120	0,95 · 10 <sup>-5</sup>
Шлюз связи с нижним уровнем (беспроводной шлюз)	52560	1,9 · 10 <sup>-5</sup>
ПЛК	43800	2,3 · 10 <sup>-5</sup>

Далее были рассчитаны значения времени наработки до отказа для каждого элемента системы:

$$\begin{aligned}
 P_1(t) &= e^{-1,14 \cdot 10^{-5} \cdot t}, \\
 P_2(t) &= e^{-1,26 \cdot 10^{-5} \cdot t}, \\
 P_3(t) &= e^{-1,43 \cdot 10^{-5} \cdot t}, \\
 P_4(t) &= e^{-0,5 \cdot 10^{-5} \cdot t}, \\
 P_5(t) &= e^{-0,95 \cdot 10^{-5} \cdot t}, \\
 P_6(t) &= e^{-1,9 \cdot 10^{-5} \cdot t}, \\
 P_7(t) &= e^{-2,3 \cdot 10^{-5} \cdot t}.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Для последовательного соединения вероятность безотказной работы всей системы равна произведению вероятностей безотказной работы каждого элемента, функция надежности САУ:

$$P_{САУ} = \prod_{i=1}^k P_i(t),
 \tag{4}$$

где  $P_{САУ}$  – вероятность безотказной работы всей системы;

$P_i$  – вероятность каждого элемента.

Подставляя в формулу ранее определенные значения интенсивности отказов элементов, получим:

$$P_{САУ} = e^{-9,925 \cdot 10^{-5} \cdot t}. \quad (5)$$

Чтобы определить время надежной работы  $T_{НР}$ , соответствующее времени, когда вероятность безотказной работы системы  $\geq 0,9$  был построен график зависимостей  $P(t)$ , график представлен на рисунке 11.

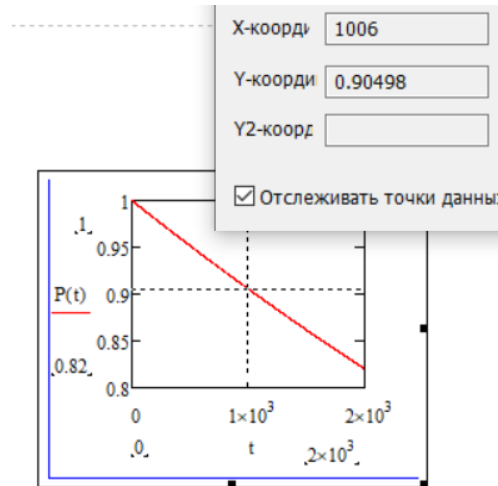


Рисунок 11 – Определение времени надежной работы

С помощью функции трассировки в математическом пакете Mathcad на графике было определено время надежной работы  $T_{НР} = 1006$  ч.

Среднее время наработки на отказ САУ было определено по формуле:

$$T_{СР} = \frac{1}{\sum \lambda_{АСУ}} = 10080 \text{ ч.} \quad (6)$$

Средняя наработка на отказ системы должна быть не менее 8760 часов, таким образом система удовлетворяет требованиям.

Так как проектируемая САУ является ремонтируемой и восстанавливаемой в процессе эксплуатации, то необходимо определить показатель ремонтпригодности.

Согласно требованиям технического задания, проектируемая система комплектуется ЗИП (запасные части, инструменты и принадлежности) в необходимом объеме, а также стоит отметить, что в условиях реального производства ЗИП комплектуется в расчете на несколько однотипных элементов. Так как в проектируемой системе используются однотипные элементы это сокращает среднее время восстановления работоспособности с

использованием комплекта ЗИП до 2-х часов.

Коэффициент готовности  $K_{Г}$  является одним из основных показателей ремонтпригодности. Он характеризует надежность восстанавливаемой системы. Коэффициент готовности  $K_{Г}$  был найден по следующей формуле:

$$K_{Г} = \frac{T_{СР}}{T_{СР}+T_{В}} = \frac{8760}{8760+2} = 0,9998. \quad (7)$$

## 2.11 Модельные исследования САР

Составим контур САР с обратной связью (рисунок 12).

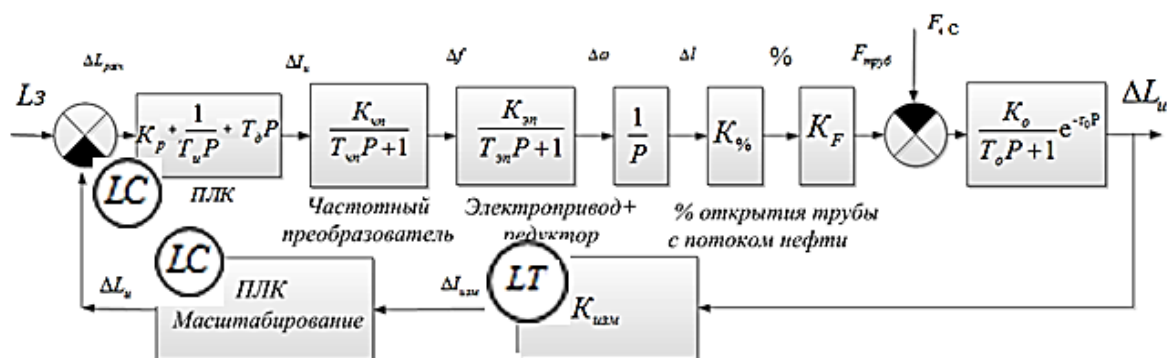


Рисунок 12 – Контур САР с обратной связью

Функциональная схема автоматического регулирования расхода приведена на рисунке 13.

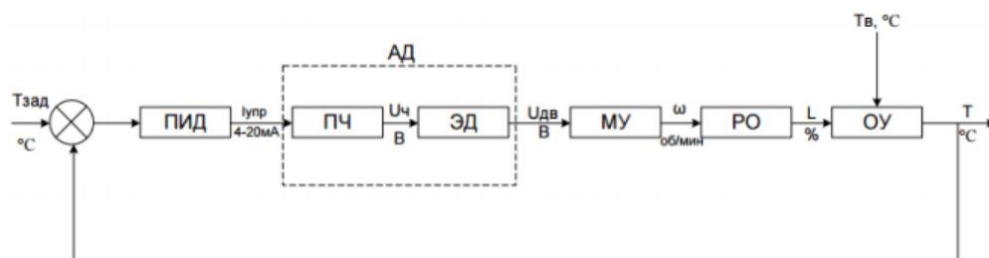


Рисунок 13 – Функциональная схема САР расхода

Система автоматического регулирования состоит из ПИД-регулятора, который реализован в ПЛК, преобразователя частотный (ПЧ), электродвигатель (ЭД), масштабирующего устройства (МУ), задвижки (регулирующий орган – РО) и объекта управления (ОУ).



Входным параметром частотного преобразователя является подаваемый на него ток. Выходным параметром преобразователя является частота переменного напряжения, выходной величиной двигателя является частота вращения  $\omega$ , которая равна 428 об/мин. Двигатель, в свою очередь, механически связан с задвижкой, поэтому входной величиной задвижки является частота вращения  $\omega$ , а выходной координатой –  $L$  угол открытия задвижки. Она, в свою очередь, осуществляет подачу орошения на верх колонны, что является входным сигналом для блока процесса теплообмена  $T$ , выходной величиной которого является температура. Возмущающим воздействием является температура окружающей среды.

Передаточная функция объекта была получена из открытых источников ( $K_{об}$  – коэффициент передачи,  $\tau$  – постоянная времени,  $T_{об}$  – постоянная времени).

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об} \cdot e^{-\tau_0 s}}{T_{об} \cdot s + 1};$$

$$W_{об}(s) = \frac{0.4 \cdot e^{-20s}}{50 \cdot s + 1} \left[ \frac{\text{град}}{\text{м}^3 / \text{с}} \right]$$
(8)

Клапан (задвижку), представляем интегрирующим звеном. Привод пусть будет однооборотного типа, клапан тоже однооборотный, дисковый.

Передаточная функция частотного преобразователя имеет вид ( $K_{чп}$  – коэффициент преобразователя частоты,  $T_{чп}$  – постоянная времени, характеризующая инертность):

$$W_{чп}(s) = \frac{K_{чп}}{T_{чп} \cdot s + 1} = \frac{3}{0.005 \cdot s + 1} \left[ \frac{\text{Гц}}{\text{мА} \cdot \text{с}} \right];$$

$$K_{чп} = \frac{50 \text{Гц}}{20 \text{мА} - 4 \text{мА}} = 3 \left[ \frac{\text{Гц}}{\text{мА}} \right].$$
(9)

Передаточная функция электропривода ( $K_{эп}$  – коэффициент электропривода,  $T_{эп}$  – постоянная времени электропривода):

$$W_{ЭП}(s) = \frac{K_{ЭП}}{T_{ЭП} \cdot s + 1} = \frac{6.25}{0.5 \cdot s + 1} \left[ \frac{\Gamma_{\mathcal{U}}}{\text{мА} \cdot \text{с}} \right];$$

$$K_{ЭП} = \frac{100 \Gamma_{\mathcal{U}}}{20 \text{мА} - 4 \text{мА}} = 6.25 \left[ \frac{\Gamma_{\mathcal{U}}}{\text{мА}} \right].$$
(10)

Далее проведем моделирование в Simulink MATLAB R2021b. На рисунке 14 представлена структурная схема контура САР.

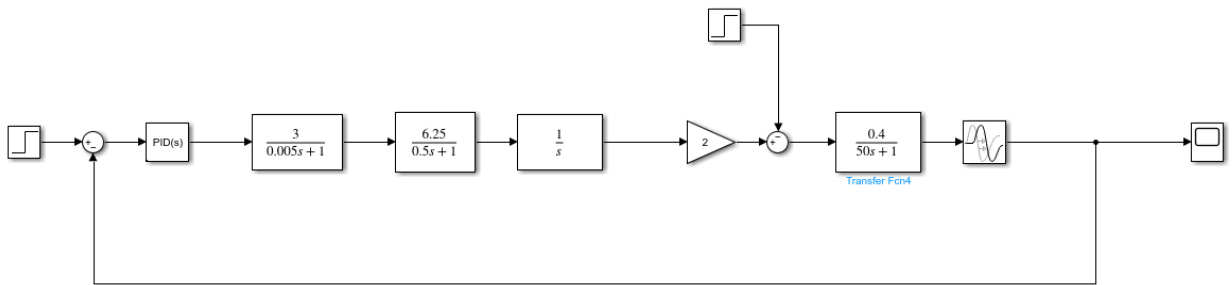


Рисунок 14 – Структурная схема контура САР в Simulink

Переходная характеристика данного контура изображена на рисунке 15.

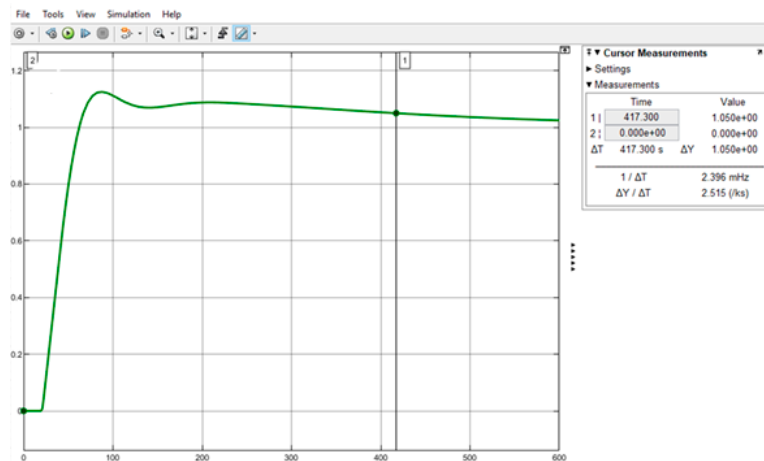


Рисунок 15 – Переходная характеристика “классического” контура САР

Исследуем, как уменьшение потока, вызванного вследствие запарафинивания трубы влияет на систему в совокупности с увеличением постоянной времени, за счет замедления работы системы, вызванного износом.

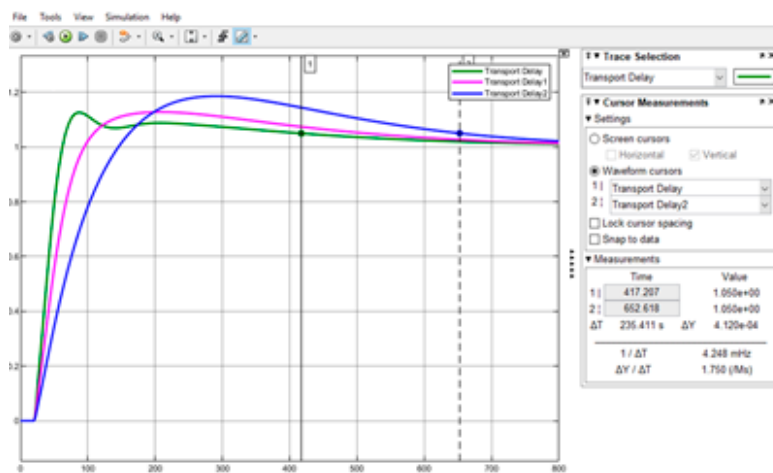


Рисунок 16 – Переходные характеристики классического контура при изменении параметров

Глядя на рисунок 16, можно сделать вывод о том, что перерегулирование будет увеличиваться вместе с временем регулирования процесса.

Теперь реализуем схему каскадного управления, где внутренний контур отвечает за регулирование положения клапана.

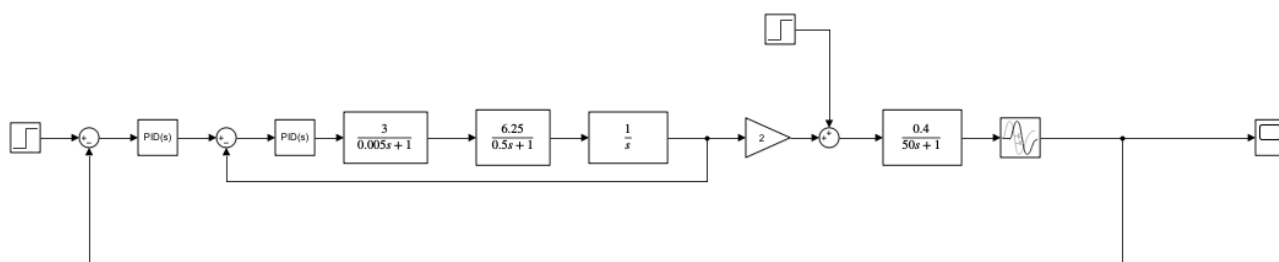


Рисунок 17 – Схема каскадного регулирования

Переходная характеристика данного контура изображена на рисунке 18.

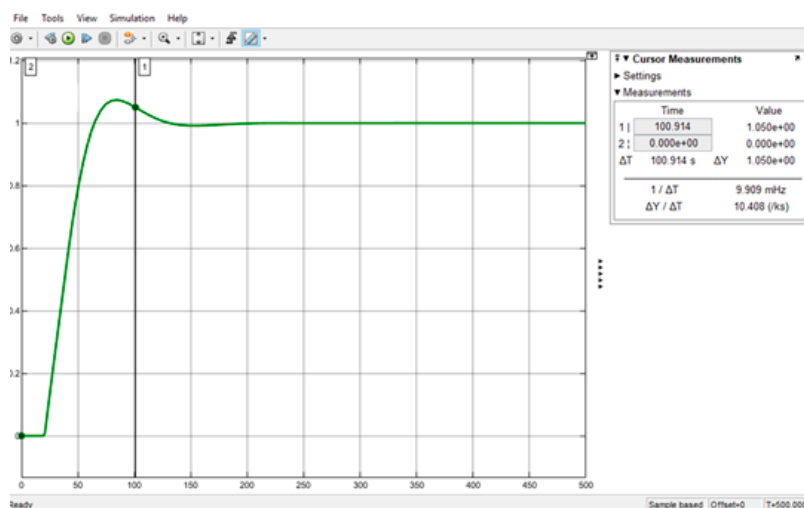


Рисунок 18 – Переходная характеристика каскадной схемы

Исследуем, как уменьшение потока, вызванного вследствие запарафинивания трубы влияет на систему в совокупности с увеличением постоянной времени, за счет замедления работы системы, вызванного износом.

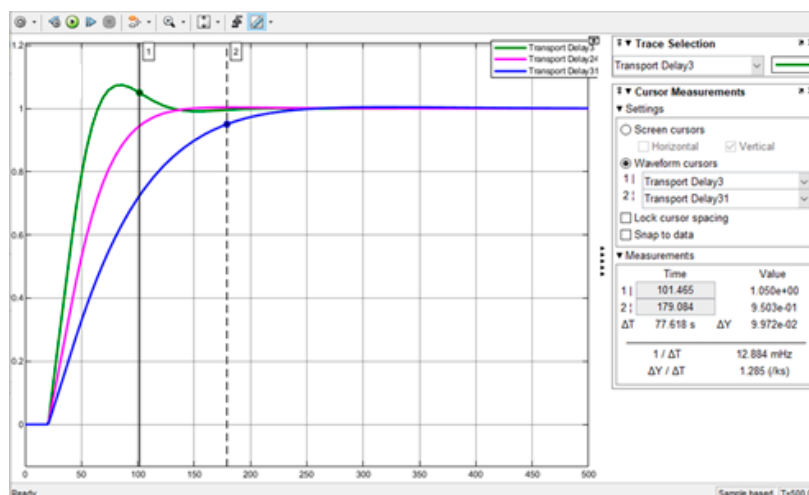


Рисунок 19 – Переходные характеристики каскадного контура при изменении параметров

Глядя на рисунок 19, можно сделать вывод о том, что перерегулирование системы будет уменьшаться, однако, вместе с этим будет увеличиваться время регулирования процесса.

Проведем исследование схемы автоматического регулирования на основе предиктора Смита. Параметры модели отличаются вплоть до 10 процентов от физического объекта.

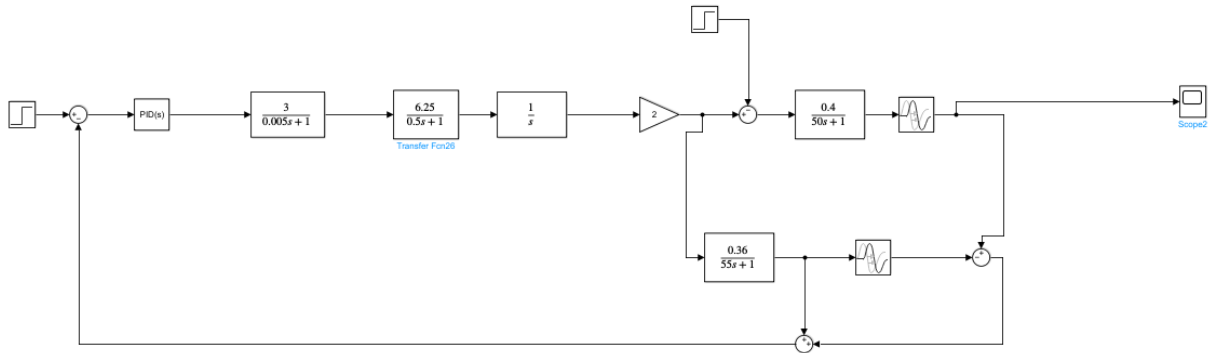


Рисунок 20 – Структурная схема контура САР с предиктором Смита

Полученная переходная характеристика выглядит следующим образом (рисунок 21).

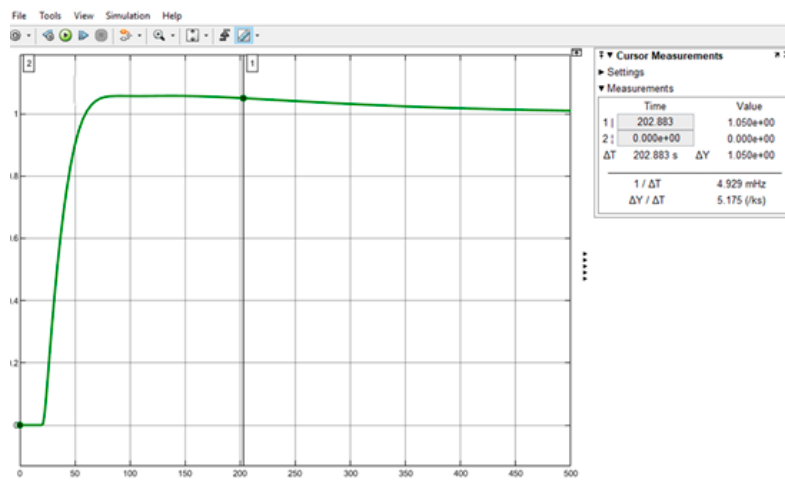


Рисунок 21 – Переходная характеристика контура с предиктором Смита

Исследуем, как уменьшение потока, вызванного вследствие запарафинивания трубы влияет на систему в совокупности с увеличением постоянной времени, за счет замедления работы системы, вызванного износом.

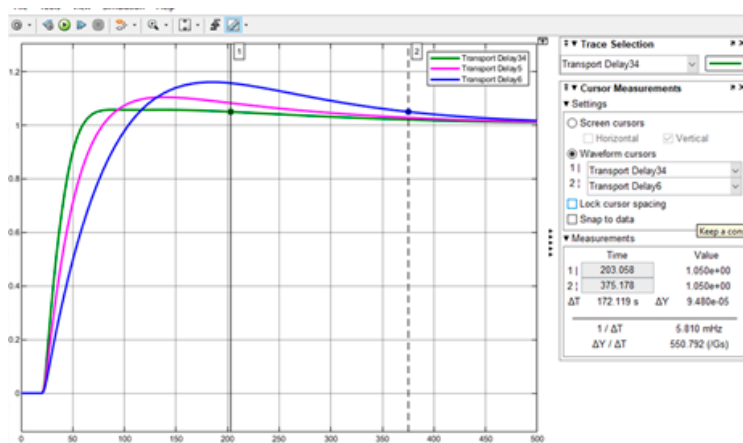


Рисунок 22 – Переходные характеристики контура с предиктором Смита при изменении параметров

На графике зеленым цветом обозначена исходная система, розовым и синим системы с меньшим потоком. Как видно, это приводит к увеличению перерегулирования, а также к увеличению времени регулирования.

Наиболее эффективным методом управления системой в данном случае является каскадный метод.

Без изменения параметров системы время регулирования при использовании каскадного метода составляет 101.5 секунд, при изменении параметров системы время увеличивается до 179 секунд. Перерегулирование уменьшается.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т92	Фролова Виктория Андреевна

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 32962 руб. Оклад инженера – 19200 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы – 16%. Районный коэффициент – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение трудоемкости работ для НТИ, разработка графика проведения НТИ, составление бюджета НТИ.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НТИ.

**Перечень графического материала:**

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

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		28.02.2023

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Г92	Фролова Виктория Андреевна		28.02.2023



### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **3.1 Потенциальные потребности результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования являются нефтяные компании, занимающиеся добычей, переработкой, транспортировкой и экспортом нефти и нефтяных продуктов. Например, ПАО «Роснефть», ПАО «Лукойл», ПАО «Сургутнефтегаз» и др. Разработанная система управления должна обеспечивать автоматизированный и дистанционный контроль и управление в реальном времени технологическим процессом приема, хранения, отпуска нефтепродуктов, а также контроль уровня продукта, его нахождения в заданных нормативных пределах.

В таблице 1 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» – АО «ТомскНефть», «Б» – ОАО «Сибнефть», «В» – ПАО «Транснефть».

Таблица 11 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Пусконаладочные работы
Размер компании	Крупные	Б	А, Б	В
	Средние	Б, В	А, Б, В	Б, В
	Мелкие	А	А, В	В

Таким образом, по результатам анализа карты сегментирования можно сделать вывод о том, что наименьшая конкуренция на рынке услуг по автоматизации ТП у крупных и мелких компаний в области разработки АСУ ТП и пусконаладочных работ. Так же привлекательной нишей может стать разработка систем автоматизации с последующей пуско-наладкой у средних компаний.

### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве. Для оценки сравнительной эффективности ВКР составлена оценочная карта. Данный анализ помогает определить сильные и слабые стороны конкурентов, а также направления для модификации собственной работы. В качестве конкурентных технологических решений выбраны АСУ от компаний ООО «ЭлеСи» (Б<sub>к1</sub>) и ООО «Энертон» (Б<sub>к2</sub>). Данные компании представляют АСУ, которые основаны на использование устаревших технологий, не связанных единой целостной системой, что снижает стоимость системы в целом. Более того, в настоящее время широкое распространение получили электрические датчики из-за их большего потенциала и таких плюсов электрических измерений, как возможность передачи электрических величин на расстояние, универсальность электрических величин. Решение, предложенное в данной работе (Б<sub>ф</sub>), отличается внедрением новых датчиков, которые оснащены HART-технологиями, что позволяет соответствовать индустрии современного мира, а также повысить эргономичность интерфейса.

Согласно оценочной карте, можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, возможность модификации, удобство в эксплуатации. Анализируя экономические критерии оценки, можно сделать вывод, что предложенное решение уступает в следующих критериях: цена и затрата на обслуживание. В таблице 2 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения технических решений

№	Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
			Б <sub>р</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>р</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>								
1	Передача информации на большие расстояния	0,06	5	2	3	0,3	0,12	0,18
2	Точность измерения	0,09	4	2	3	0,36	0,18	0,27
3	Уровень шума	0,04	1	4	3	0,04	0,16	0,12
4	Возможность модификации	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
5	Надежность	0,09	5	3	2	0,45	0,27	0,18
6	Простота конструкции	0,05	2	5	4	0,1	0,25	0,2
7	Универсальность	0,1	4	2	1	0,4	0,2	0,1
8	Простота внедрения	0,07	3	4	3	0,21	0,28	0,21
9	Безопасность	0,12	4	2	1	0,48	0,24	0,12
10	Эргономичность интерфейса	0,08	5	1	2	0,4	0,08	0,16
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>								
1	Цена	0,05	1	4	5	0,05	0,2	0,25
2	Затраты на обслуживание	0,07	3	4	4	0,21	0,28	0,28
3	Срок службы	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
	<b>Итого</b>	1	46	41	39	3,83	2,94	2,79

Анализ конкурентных технических решений рассчитываем по формуле:

$$K = \sum V_i + B_i, \quad (11)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

### 3.3 SWOT-анализ

С помощью SWOT–анализа были выявлены и структурированы сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы. Результаты SWOT-анализа занесены в таблицу 13.

Таблица 13 – Результаты SWOT-анализа представление в форме SWOT-матрицы

	<p><b>Сильные стороны:</b></p> <p>С1. Современные датчики и исполнительные механизмы.</p> <p>С2. Передача информации на большие расстояния</p> <p>С3. Универсальность.</p> <p>С4. Возможность модификации.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие опытно-наладочных работ.</p> <p>Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией.</p> <p>Сл3. Сложность конструкции.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Модернизация производств нефтяной отрасли.</p> <p>В2. Тенденция роста цены барреля нефти.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В4. Роль автоматизации технологических систем в промышленности растёт.</p>	<p>В1С4. Позволит компании производить непрерывную модификацию производства без замены АСУ дренажной ёмкости на новую.</p> <p>В3С1. Позволит создать одну из лучших технических и временных показателей системы.</p> <p>В4С4С5. Увеличение функциональных возможностей и улучшение технических характеристик АСУ.</p>	<p>В1Сл1. Проведение испытаний и тестов на предприятии, которое заинтересовано в инновациях.</p> <p>В4Сл3. Расширение штата АСУ ТП на производстве.</p> <p>В4Сл2. Стимулирование студентов на трудоустройство в компании.</p>

Продолжение таблицы 13

<p><b>Угрозы:</b>          У1. Ограничение импорта продукции (датчики, контроллеры). У2. Повышение цен на оборудование.          У3. Увеличение процента высоковязкой нефти, что увеличивает себестоимость нефти.          У4. Противодействие со стороны конкурентов.</p>	<p>У1С3. Использовать продукцию отечественного производителя.          У2У3С4. Модификация производства, что позволит снизить стоимость себестоимости нефти          У4С1С3С5. Продвигать продукцию с акцентированием на её достоинствах</p>	<p>У4Сл1. Провести опытно-наладочные работы и продемонстрировать успешность их функционирования.</p>
--	--	--

– Чтобы уменьшить влияние Сл1, разрабатываемая система детально прорабатывается и подвергается отладке на этапах разработки проекта.

– Малый опыт работы у персонала на начальном этапе неизбежен, но впоследствии это подвергнется изменению, ввиду накопления опыта и постоянного повышения квалификации.

– Сложность конструкции определяется спецификой нефтедобывающей отрасли, в которой конструкционные сложности решаются заменой оборудования на различные модификации благодаря высоким бюджетам.

### 3.4 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, Инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Инженер
	4	Постановка целей и задач работы	Руководитель, Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	Инженер
	8	Разработка функциональных схем автоматизированной системы	Инженер
	9	Разработка объема автоматизации	Инженер
	10	Обзор выбора КИПиА	Инженер
	11	Расчет показателей надежности модернизируемой системы	Инженер
	12	Модельные исследования САР	Инженер
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

Как можно заметить из таблицы 14, большинство работы было проделано самостоятельно, но на некоторых этапах требовалась помощь руководителя.

### 3.5 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научных работ представлен в форме диаграммы Гранта, которая представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнитель	Т <sub>к</sub> , ч.	Продолжительность выполнения работ																	
				Янв.			Февр.			Март			Апр.			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
1	Составление и утверждение технического задания	Р, И	10	■	■																
2	Подбор и изучение материалов по теме	Р, И	10		■	■															
3	Выбор направления исследований	Р, И	10			■	■														
4	Постановка целей и задач работы	Р, И	10			■	■														
5	Календарное планирование работ по теме	Р, И	30				■	■													
6	Описание технологического процесса	И	10					■	■												
7	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	И	20						■	■											
8	Разработка функциональных схем автоматизированной системы	И	20							■	■										





Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Ноутбук Lenovo	шт.	1	38000	38000
Мышь	шт.	1	1290	1290
Итого	39290			

### 3.7 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Результаты расчетов по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Microsoft Office	1	9978	9978
2	MATLAB	1	6737	6737
Итого				16715

### 3.8 Основная заработная плата исполнителей темы

В данной работе учитывается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно 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. В состав основной заработной платы

включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере (20 – 30) % от тарифа или оклада. Учитывается основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИТ, и дополнительная заработная плата:

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

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (14)$$

где  $T_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

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

Зарплата руководителя 32962 руб, а зарплата инженера 19200 руб.

Значит для руководителя:

$$Z_{осн} = 32962 \cdot 1,3 = 42852,6 \text{ руб.} \quad (15)$$

Значит для инженера:

$$Z_{осн} = 19200 \cdot 1,3 = 24960 \text{ руб.} \quad (16)$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_{м} \cdot M) / F_{д} \quad (17)$$

где  $Z_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

при отпуске в 45 рабочих дней  $M=10,4$  месяца, 6 - дневная неделя;

$F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях).

Для руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{42852,6 \cdot 10,4}{254} = 1754,5 \text{ руб.} \quad (18)$$

Для инженера:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{24960 \cdot 10,4}{254} = 1022 \text{ руб.} \quad (19)$$

Баланс рабочего времени представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	45	45
- невыходы по болезни	—	—
Действительный годовой фонд рабочего времени	254	254

Таблица 19 – Результаты расчета основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$ , руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	32962	1,3	42852,6	1754,5	10	17545
Инженер	19200	1,3	24960	1022	45	45990
Итого по статье $Z_{\text{осн}}$ :						63535

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

### 3.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается

исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (20)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты ( $k_{\text{доп}} = 0,1$ );

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 42852,6 \cdot 0,1 = 4285,26 \text{ руб.} \quad (21)$$

Для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = 24960 \cdot 0,1 = 2496 \text{ руб.} \quad (22)$$

В таблице 20 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 20 – Заработная плата исполнителей ВКР

<b>Заработная плата</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Инженер</b>
Основная зарплата	42852,6	24960
Дополнительная зарплата	4285,26	2496
Зарплата исполнителя	47137,86	27456
Итого	74593,86	

### **3.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды для руководителя и инженера:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (42852,6 + 4285,26) = 14141,358 \text{ руб.} \quad (23)$$

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (24960 + 2496) = 8236,8 \text{ руб.}$$

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

По итогу отчисления во внебюджетные фонды составит: 22378,158 руб.

### 3.11 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей 1 – 5}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (24)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (39290 + 16715 + 63535 + 6781,26 + 22378,158) \cdot 0,16, \quad (25)$$

$$Z_{\text{накл}} = 23791,9 \text{ руб.}$$

### 3.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	39290
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	16715
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	63535
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6781,26
5. Отчисления во внебюджетные фонды	22378,158
6. Накладные расходы	23791,9
7. Бюджет затрат НТИ	172491,318

В ходе формирования бюджета затрат на НТИ вышло, что затраты составляют: 172492 руб.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (26)$$

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

$\Phi_{\text{pi}}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$\Phi_{\text{max}}$  зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достоверно оценить величину  $\Phi_{\text{max}}$  невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации в компании «ЭлеСи» равняется 250000 руб., а в компании «Энертон» – 270000 руб. Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	$\Phi_{\text{pi}}$	$\Phi_{\text{max}}$	$I_{\text{финр}}^{\text{студент}}$	$I_{\text{финр}}^{\text{«ЭлеСи»}}$	$I_{\text{финр}}^{\text{«Энертон»}}$
Студент с руководителем	172492	270000	0,64	0,92	1
«ЭлеСи»	250000				
«Энертон»	270000				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии / Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Студент с преподавателем	«ЭлеСи»	«Энертон»
Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	4	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	4
Помехоустойчивость	0,05	5	4	4
Энергосбережение	0,05	5	4	5
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{\text{студент}}$	$I_{\text{«ЭлеСи»}}$	$I_{\text{«Энертон»}}$
4,4	4,45	4,35

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{исп.i}}$ ) определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности ( $I_{p-исп.i}$ ) и интегрального финансового показателя по формуле ( $I_{финр}^{исп.i}$ ):

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}}. \quad (27)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{исп.студент}$	$I_{исп.«ЭлеСи»}$	$I_{исп.«Энертон»}$
5,17	4,83	4,35

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.студент}}, \quad (28)$$

где  $I_{исп.студент}$  – интегральный показатель эффективности исполнения студента.

В таблице 26 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разработанный вариант	«ЭлеСи»	«Энертон»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	0,92	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,45	4,35
Интегральный показатель эффективности	5,17	4,83	4,35
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,93	0,84



Исходя из полученных данных таблицы 16, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем.

### **3.14 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

В данном разделе оценены экономические аспекты разработки исследуемой системы:

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

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Среди выявленных конкурентов: ООО «ЭлеСи» и ООО «Энертон». Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам уровню шума и затратам на оборудование, однако выигрывает за счёт ремонтпригодности, надежности, точности измерения и возможности гибкого модифицирования.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: отсутствие спроса на новые технологии, сложность перехода на новую систему. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены при составлении матрицы SWOT.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату чего можно говорить о том, что большинство работ было проделано самостоятельно, однако потребовалась малая помощь преимущественно на начальном этапе. Также разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка двух календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальное проектирование разработки.

5. В процессе расчёта бюджета НИИ было выявлено, что затраты на заработные платы руководителя и студента различны, у студента больше. Это

связано с тем, что у студента при меньшем окладе, большее число рабочих дней. Также в общем бюджет, требуемый для проведения научно-технического исследования, составил 172492 руб.

6. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как «Энертон» и «ЭлеСи».

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
8Т92		Фролова Виктория Андреевна	
<b>Школа</b>	ИШИТР	<b>Отделение (НОЦ)</b>	ОАР
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Проектирование пусконаладочной системы управления насосной станции с использованием автономных контрольно-измерительных приборов	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> пусконаладочная система управления насосной станции.</p> <p><i>Область применения:</i> производство, занимающееся добычей нефти.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> производственное помещение.</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 20*30 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> центробежный насос, резервуар, датчики КИПиА.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль параметров с помощью подобранных датчиков, контроллерного оборудования, исполнительных устройств, алгоритмов управления для системы.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения/при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.</li> <li>2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022).</li> <li>3. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</li> <li>4. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».</li> </ol>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</li> </ol> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень шума;</li> <li>2. Повышенный уровень общей вибрации;</li> </ol>

	<p>3. Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка 50-60 Гц);</p> <p>4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: тепловая изоляция трубопроводов, использование защитных костюмов, виброизолирующие рукавицы, перчатки, виброизолирующая обувь.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p>Воздействие на литосферу: попадание продуктов нефтепромысла в окружающую среду.</p> <p>Воздействие на гидросферу: разлив нефтешлама в водоемы.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс летучих углеводородов.</p> <p>Воздействие на селитебную зону не происходит.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Утечка нефтешлама, пожар, взрыв.</p> <p>Наиболее типичная ЧС является разлив нефтешлама.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцова Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Фролова Виктория Андреевна		

## **4 Социальная часть**

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

Основные положения отношений между сотрудником и организацией, такие как оплата труда, режим рабочего времени, перерывы в работе, выходные и нерабочие праздничные дни и другие, описываются в трудовом кодексе РФ [20]. Помимо этого, трудовая деятельность осуществляется согласно иным федеральным законам: указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, нормативные правовые акты органов местного самоуправления и т.д.

Режим рабочего времени предусматривает пятидневную рабочую неделю в два выходных дня, продолжительность рабочего времени – не более 40 часов в неделю. Также исходя из того, что для работы используется персональный компьютер, предусмотрены 2 перерыва по 15 минут: через 2 часа после начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва. Условия труда оператора технологических установок относятся ко второму классу (допустимые условия труда) согласно Федеральному закону от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [21].

Согласно ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина» при создании рабочего места оператора следует учитывать [22]:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором.

Рабочее место оборудуется согласно ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [23]. Высота рабочей поверхности,

пространство для ног и высота рабочего сиденья должны соответствовать требованиям и по возможности регулироваться исходя из роста сотрудника.

При проведении установки составных частей в корпус автомата работа проводится в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» [24]. Высота рабочей поверхности при организации рабочего места для женщин и мужчин должна соответствовать требованиям.

## 4.2 Производственная безопасность

В данном пункте был произведён анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [25]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные факторы в операторской АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [27]	Нормативные документы
1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемые разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [26]

Продолжение таблицы 28

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [27]	Нормативные документы
2. Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [27]
3. Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [27]
4. Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка (50-60) Гц)	СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [29]
5. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95 [29]

### 4.3 Повышенный уровень шума

Один из ключевых факторов, который оказывает влияние на эффективность работы, это уровень шума. Шум негативно воздействует на условия работы и может нанести вред организму человека. Люди, работающие в условиях продолжительного воздействия шума, могут испытывать раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т.д. Шум может также снизить концентрацию внимания, нарушить физиологические функции, вызвать усталость и нервнопсихическое напряжение, что в свою

очередь негативно скажется на речевой коммуникации. Источником шума является работающее оборудование (клапаны, электроприводы, насосы и т.д.) и газожидкостная смесь, перемещающаяся по трубопроводу под большим давлением. Чтобы предотвратить воздействие этого фактора на технический персонал, рекомендуется сделать перерыв вне шумного помещения, а также использовать шумоподавляющие наушники.

Допустимые значения звукового давления согласно санитарным нормам [27] представлены в таблице 29.

Таблица 29 – 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	
99	95	87	82	78	75	73	71	69	80

#### 4.4 Повышенный уровень общей вибрации

Анализ показателей норм вибрации определяется в соответствии с СанПиНом 1.2.3685-21 [27].

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 на рабочем месте оператора технологических установок присутствует общая производственная вибрация (технологическая вибрация на стационарных рабочих местах). Для снижения воздействия этого фактора используются: виброизолирующие рукавицы и виброизолирующая обувь.

Предельно допустимые значения вибрации для автоматизированного рабочего места оператора представлены в таблице 30.



Таблица 30 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест для оператора технологической установки согласно СанПиН 1.2.3685-21

Вид вибрации	Категория вибрации	Направление действия	Фильтр частотной коррекции	Эквивалентный скорректированные уровни виброускорения	
				m/c <sup>2</sup>	дБ
Общая	Технологическая вибрация на стационарных рабочих местах	Zo	Wk	0,1	100
		Xo, Yo	Wd	0,071	97

#### 4.5 Электромагнитное поле промышленной частоты (порядка (50-60) Гц)

Работа оператора АСУ ТП в основном связана с работой за персональным компьютером. В следствие чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям. Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [28].

Для снижения воздействия данного типа излучения предпринимают меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение специализированных очков от электромагнитного излучения.

#### **4.6 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения**

Причиной возникновения данного фактора является отсутствие возможности организации естественного освещения в диспетчерских помещениях. Недостаточная освещенность рабочей зоны приводит к снижению работоспособности, развитию близорукости, быстрой утомляемости.

В помещении операторной в качестве искусственного освещения используются светильники с люминесцентными лампами. Нормы освещенности приведены в СП 52.13330.2016 [29], освещенность рабочего места оператора ТУ должна составлять (300 – 500) Лк. при общем освещении.

Коэффициент пульсации освещения – параметр, который отражает силу изменения светового потока, направляемого на единицу поверхности в определенный временной промежуток.

Стоит учесть, что существующими санитарными правилами установлен верхний лимит на параметр коэффициента пульсации. В месте организации рабочего места он не должен быть выше 20%. При этом, чем более ответственный вид деятельности у работника, тем ниже должен быть этот параметр.

Для офисных помещений и административных зданий, где подразумевается напряженный зрительный труд, коэффициент пульсации не должен быть больше 5 %.

При этом опасность света как раз и заключается в том, что его нельзя распознать, но результатом действия может стать расстройство сна, слабость, депрессия, сбои в работе сердца, дискомфорт и так далее.

В зимний период вследствие укороченного светового дня и недостаточного естественного освещения необходимо использовать искусственное освещение. Освещенность рабочего места в норму достигается периодическим мытьем окон, подстриганием веток деревьев.

#### **4.7 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий**

Источником возникновения фактора может являться электричество для питания компьютерной техники и дренажных насосов. Причиной может стать прикосновение к частям двигателей, стенам и полу, оказавшимся под напряжением. Также имеется опасность короткого замыкания. Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Несоблюдение правил ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [26] может привести к смертельному исходу. Предельно допустимые значения силы переменного и постоянного тока и напряжения представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Предельно допустимые значения силы тока

	Переменный ток при частоте, Гц:		Постоянный ток
	50	100	
Напряжение, В	2	2	8
Сила тока, мА	0,3	0,4	1

Мерами защиты являются изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и автоматического отключения питания. Необходимо разместить предупредительные знаки и плакаты безопасности.

#### **4.8 Экологическая безопасность**

Атмосфера. Источником загрязнения являются легкие фракции углеводородов продуктов нефтепромысла, которые могут испаряться в окружающую среду при недостаточной герметичности частей установки. Основной метод предупреждения – модернизация систем транспорта и поддержании их в оптимальном состоянии благодаря постоянной проверке всех основных узлов системы: резервуаров, трубопроводов. Добиться этого

можно, если своевременно устранять неплотности в конструкциях и соединительных швах резервуаров, постоянно проверять наличие прокладок во всех соединениях труб, контролировать качество используемой аппаратуры.

**Литосфера.** Загрязнение почвы нефтехимическими веществами может возникать в случае аварийных ситуаций (разливов вдоль трасс трубопроводов и утечек нефти), при ремонте оборудования, при зачистке трубопроводов. Загрязненный грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания. Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором для того, чтобы предотвратить загрязнение почв.

**Селитебная зона.** Воздействие на селитебную зону не происходит.

**Гидросфера.** Попадание нефти в водоемы может возникать в случае аварий, утечек или ремонта. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

#### **4.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В процессе эксплуатации дренажной ёмкости возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций: утечка нефтешлама, пожар, взрыв.

Наиболее вероятным ЧС может являться разлив нефтешлама.

При разливе используются способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства. Наиболее отработанными, часто используемыми и в то же время достаточно эффективными, являются следующие способы обезвреживания и нейтрализации продуктов производства при разливах и авариях:

- захоронение и термообезвреживание;
- механическая очистка;

- агротехническая и биологическая мелиорация;
- биологическое разложение нефтепродуктов.

Захоронение и термообезвреживание грунтов, загрязненных нефтепродуктами, может быть использовано только в крайних случаях, при невозможности применения других методов и для ограниченных объёмов грунта. Механическая очистка может быть применена для всех случаев сильного загрязнения почвогрунтов на локальных участках с проникновением нефтепродуктов на глубину до 10 см. Сбор и утилизация разлитого нефтепродукта осуществляется с соблюдением действующих правил и инструкций по обращению с воспламеняющимися жидкостями согласно требованиям, СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности» [30]. Места разлива зачищаются путем снятия слоя земли глубиной, превышающей на (1 – 2) см проникновение его в грунт. Агротехническая и биологическая мелиорация представляет собой механическую обработку земель (вспашку, рыхление и т.д.), то есть меры, направленные на усиление аэрации нарушенных почв и стимуляцию биохимических процессов разложения нефтепродуктов (внесение удобрений, засев травосмесями). Методы биологической деструкции являются самыми современными способами очистки нефтезагрязненных земель и вод. Они подразделяются на:

- микробиологические – основаны на способности микроорганизмов ассимилировать нефтепродукты, что используется путем внесения их в почву в форме различных препаратов в виде водной суспензии или на пористом носителе (цеолите, активном угле);

- ферментативные – повышающие способность аборигенных микроорганизмов ассимилировать нефтепродукты;

- сорбционные – основаны на физико-химическом преобразовании загрязнённого грунта в нейтральный материал (порошкообразный, типа стекловаты и др.);

- биовентиляция – чрезвычайно экологичный способ, основанный на технологии биоаэрации. Сущность метода состоит в том, что через специальные скважины нагнетается воздух для активизации почвенных бактерий, разлагающих органические загрязнения до воды и CO<sub>2</sub>.

#### **4.10 Вывод по разделу социальная ответственность**

В результате работы над данным разделом обеспечение безопасности на производстве является очень сложным и ответственным процессом, преимущественно это относится к предприятиям нефтегазовой отрасли, которая отличается своими повышенными рисками возникновения чрезвычайных ситуаций, а также имеет немалый спектр возможных вредных и опасных факторов, которые могут нанести вред жизни и здоровью рабочего персонала.

В результате выполнения данного раздела были определены меры обеспечения безопасности, которые снизят риски для работника и повысят его работоспособность. Было определено, что фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

Согласно ПУЭ, помещение по электробезопасности относится ко второй категории (помещение с повышенной опасностью).

Группа персонала по электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок должна иметь III группу по электробезопасности.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 определена IIa категория тяжести труда, это работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения, диапазон температуры воздуха ниже оптимальных величин – 18-19,9°C, выше оптимальных величин – 22,1-27°C.

Согласно СП 12.13130.2009, помещение рабочей зоны относится к категории А (повышенная взрывопожароопасность) из-за легковоспламеняющихся жидкостей, обращающихся в помещении.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года, N2398 «Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями на 7 октября 2021 года) объект (дренажная ёмкость), оказывающий значительное негативное воздействие на окружающую среду относится ко II категории.

## Заключение

В результате выполнения работы была спроектирована система управления насосной станции с использованием автономных контрольно-измерительных приборов.

В ходе выполнения работы были изучены особенности технологического процесса работы насосной станции.

Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Был произведён выбор контрольно-измерительных приборов и автоматизации.

В данной работе была собрана функциональная схема САР расхода, построена схема в программе MATLAB и проведены разные исследования. Собраны схемы каскадного регулирования, контура САР с предиктором Смита.

Наиболее эффективным методом управления системой в данном случае является каскадный метод.

Без изменения параметров системы время регулирования при использовании каскадного метода составляет 101.5 секунд, при изменении параметров системы время увеличивается до 179 секунд. Перерегулирование уменьшается.



## Список используемой литературы

1. Датчик давления Элемер-АИР-30М [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://www.suer.ru/product/datchik-davleniya-elemer-air-30m> (дата обращения 25.02.2023).
2. Овен ПЛК110 [M02] [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://amitron-ek.ru/upload/oven/PLC.pdf> (дата обращения 01.03.2023).
3. РМГ 62-2003 [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293849/4293849901.pdf> (дата обращения 17.03.2023).
4. Датчик температуры [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://mtn.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2018/11/281286288.pdf> (дата обращения 22.03.2023).
5. Элемер-АИР-30М – время на отказ [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [https://fogoss.ru/uploads/files/elemer/docs/re\\_air30\\_m.pdf](https://fogoss.ru/uploads/files/elemer/docs/re_air30_m.pdf) (дата обращения 22.03.2023).
6. Датчик уровня – время на отказ [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://all-pribors.ru/docs/77150-19.pdf> (дата обращения 22.03.2023).
7. Датчик расхода – время на отказ [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://mst-org.ru/wp-content/uploads/2017/12/Rosemount-8700.pdf> (дата обращения 23.03.2023).
8. С. В. Ефимов, М. И. Пушкарев, А.С. Фадеев. Программное обеспечение: учебное пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2020.
9. Диспетчеризация инженерных систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://www.intelvision.ru/services/cloud-scada>.
10. Автоматизированная система диспетчерского управления [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://f->

controls.ru/index.php/ru/avtomatika/652-avtomatizirovannaya-sistema-dispatcherskogo-upravleniya.

11. Оптимальное управление процессом измельчения в шаровой мельнице с применением прогнозирующей модели [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [https://postgraduate.tusur.ru/system/file\\_copies/files/000/003/423/original/Диссертация.pdf](https://postgraduate.tusur.ru/system/file_copies/files/000/003/423/original/Диссертация.pdf).

12. Разработка и исследование регулятора на основе прогнозирующей модели [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-issledovanie-regulyatora-na-osnove-prognoziruschey-modeli/viewer>.

13. Inferential Control - An Introduction [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://instrumentationinnutshell.blogspot.com/2019/02/inferential-control.html>.

14. Внутренний контроль модели [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [https://deru.abcdef.wiki/wiki/Internal\\_Model\\_Control](https://deru.abcdef.wiki/wiki/Internal_Model_Control).

15. Виктор В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации // Современные технологии автоматизации. - 2007. С. 78-89.

16. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. ANSI/ISA-5.1-2009, Instrumentation Symbols and Identification.

17. Требования охраны труда [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mintruda-rossii-ot-27112020-n-833n/prilozhenie/vii/>.

18. ГОСТ Р МЭК 61131-3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: [https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2018/10/24/gost\\_r\\_m\\_k\\_61131-3-2016.pdf](https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2018/10/24/gost_r_m_k_61131-3-2016.pdf).

19. Беспроводной шлюз [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/лист-технических-данных->

беспроводной-шлюз-rosemount-1410-ru-ru-78008.pdf.

20. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 25 февраля 2022 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>.

21. Федеральный закон о специальной оценке условий труда (с изменением на 30 декабря 2020 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392>.

22. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1977. – 16 с.

23. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.

24. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.

25. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Классификация. М.: Стандартиформ, 2016. – 15 с.

26. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200102598>.

27. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2021. – 496 с.

28. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573230583>.

29. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.

30. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности (с Изменением N 1). – М.: МЧС России, 2014. – 35 с.

# Приложение А (Обязательное) Структурная схема

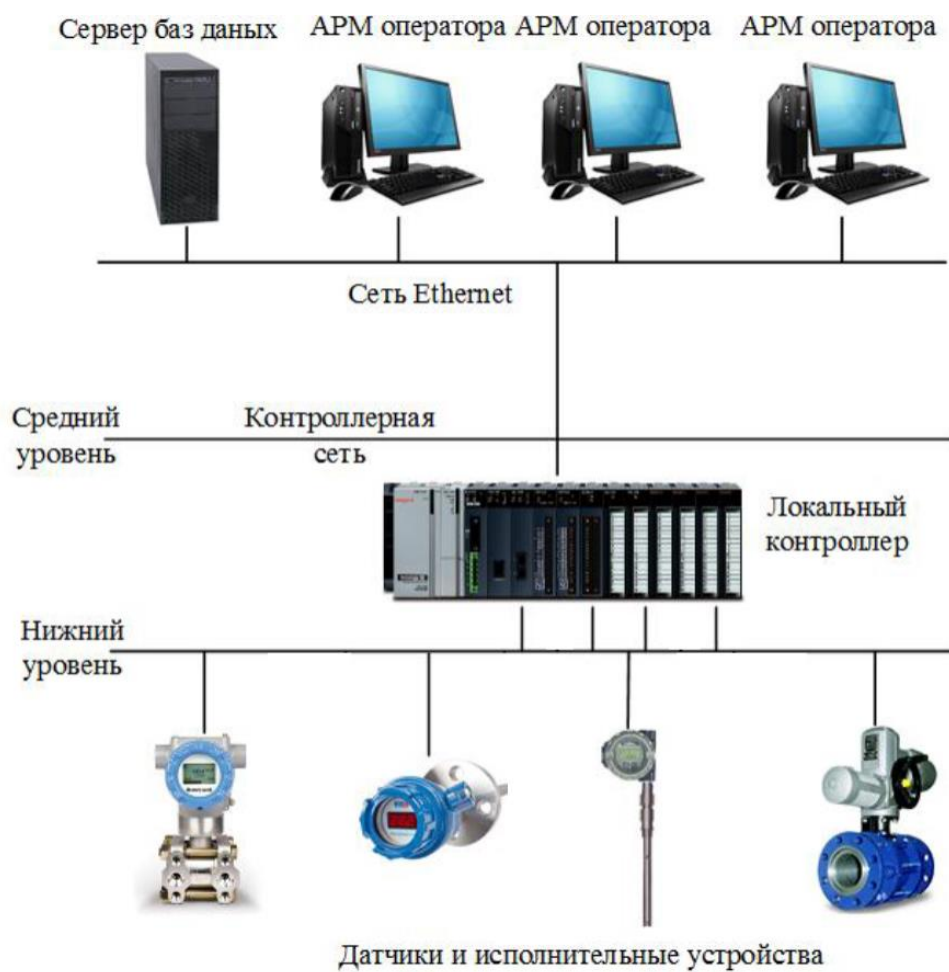
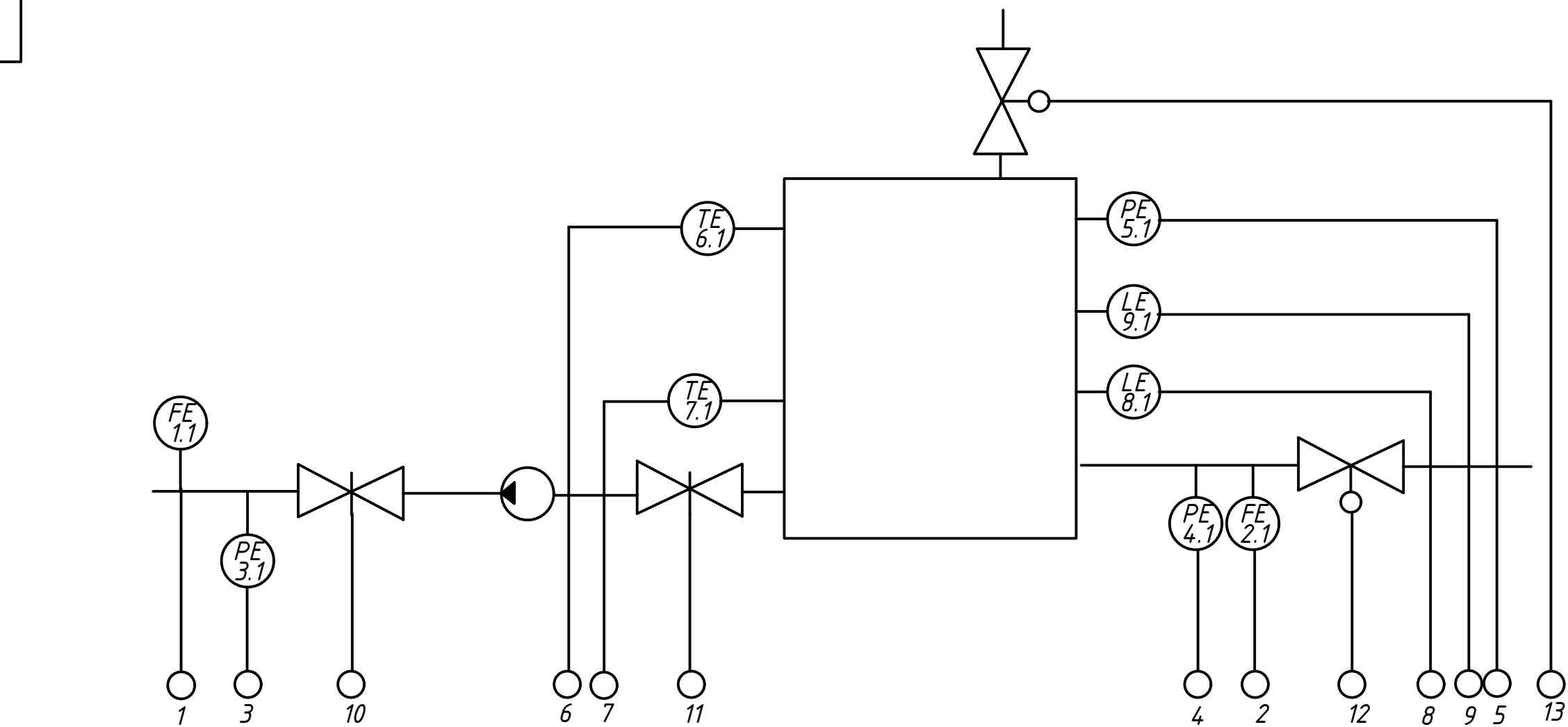


Рисунок А.1 – Структурная схема

**Приложение Б  
(Обязательное)  
Функциональная схема**



Полевой уровень		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		FT 1.2	FT 2.2	PT 3.2	PT 4.2	PT 5.2	TT 6.2	TT 7.2	LT 8.2	LT 9.2	NS 10.1	NS 11.1	NS 12.1	NS 13.1
Щит управления	AI													
	DI													
	AO													
	DO													
	Ethernet													
АРМ		FI 1.3	FI 2.3	PI 3.3	PI 4.3	PI 5.3	TI 6.3	TI 7.3	LI 8.3	LI 9.3				
SCADA														

ФЮРА.421000.019 С2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Проектирование пусконаладочной системы управления насосной станции	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Фролова В.А.			05.12.2022				
Пров.	Громаков Е.И.							
Т. контр.								
Нач.отд.								
Н. контр.								
Утв.								
Функциональная схема						Лист	Листов	1
						ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		

**Приложение В**  
**(Обязательное)**  
**Блок-схема клапана на впуске и выпуске резервуара**

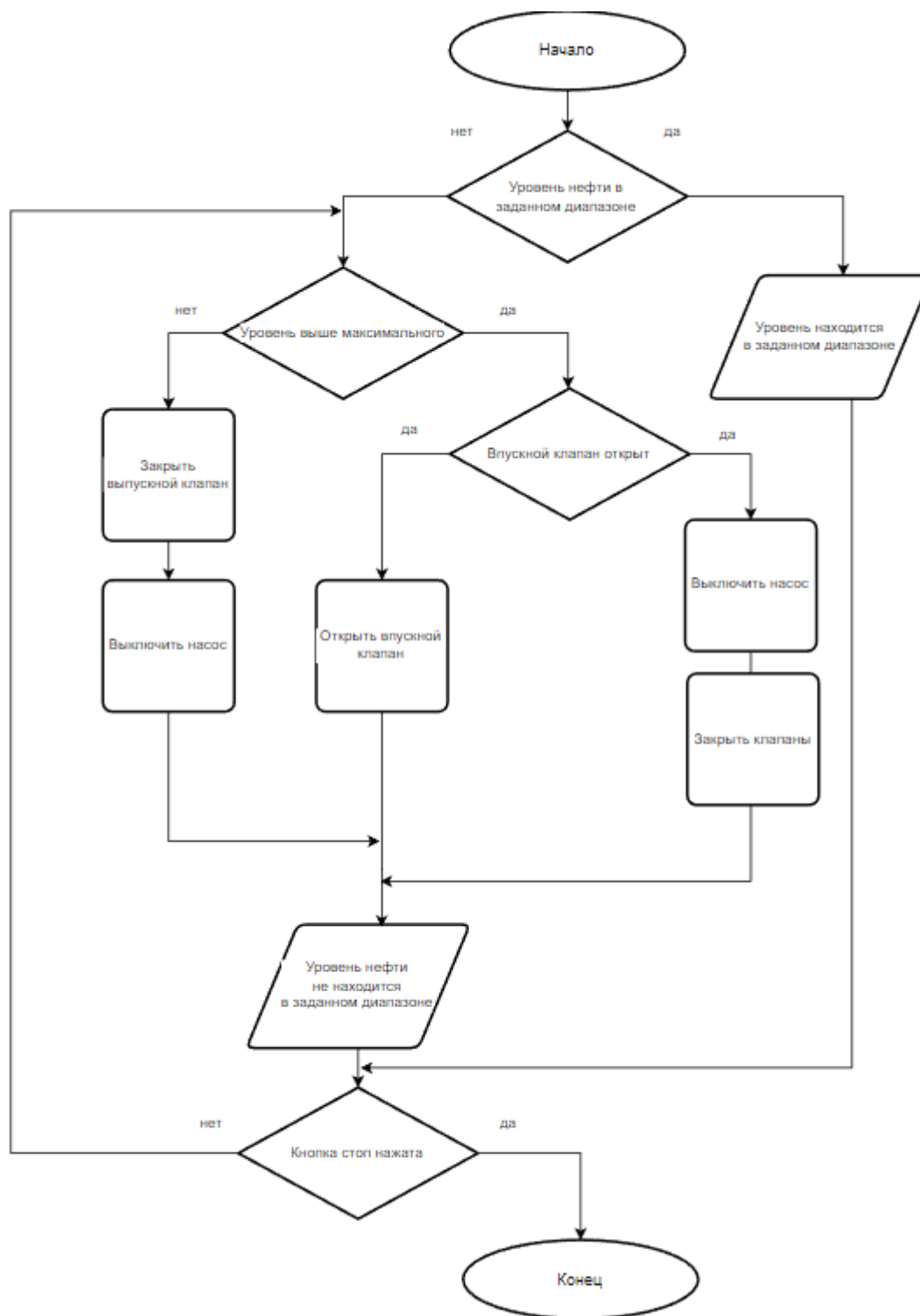


Рисунок В.1 – Блок-схема клапана на впуске и выпуске резервуара