

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация системы управления складом нефтепродуктов

УДК 681.51:004.895:665.66

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Палванов Барий Рустемович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В. В.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А. В.	к.т.н. доцент		

Томск – 2020 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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 (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсбережение	20
	Социальная ответственность	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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 (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

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

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<b>БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ</b>
----------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Палванову Барию Рустемовичу

Тема работы:

Автоматизация системы управления складом нефтепродуктов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.05.2020 г. № 134-25/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – склад нефтепродуктов Режим работы – непрерывный. Вид сырья – дизельное топливо. АС должна обеспечивать следующее: местный визуальный контроль основных параметров технологического процесса; автоматическое поддержание остановки и блокировку программы заданного технологического режима работы склада; плановую автоматическую остановку станции; аварийную автоматическую остановку склада с подачей звуковой и световой
--	---

	сигнализации при отклонении от установленных значений основных технологических параметров.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Описание технологического процесса <ul style="list-style-type: none"> <li>• Разработка структурной схемы АСУ</li> <li>• Разработка схемы информационных потоков</li> <li>• Выбор комплекса аппаратно-технических средств</li> <li>• Разработка экранных форм</li> <li>• Разработка алгоритмов управления</li> <li>• Разработка схемы соединения внешних Проводок</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Функциональная схема автоматизации; Схема соединения внешних проводок; Перечень входных/выходных сигналов технологического процесса; SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1 Основная часть	Доцент ОАР ИШИТР, к.х.н., Суханов А.В.
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Конотопский В.Ю.
3 Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП Матвиенко В. В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАРИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8T52	Палванов Барий Рустемович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8T52	Палванову Барию Рустемовичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИИ
4. График проведения и бюджет НИИ - <u>выполнить</u>
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ - <u>выполнить</u>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8T52	Палванов Барий Рустемович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Палванову Барю Рустановичу

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

Тема ВКР:

**Совершенствование автоматизированной системы управления блоком теплообменников установки комплексной подготовки газа**

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является система управления складом нефтепродуктов. Рабочая зона оператора АСУ ТП располагается в специально оборудованном помещении, где работник занимается непосредственно своими обязанностями. Область применения объекта – производство, занимающееся транспортировкой и хранением нефтепродуктов.
--	--

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

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) ст. 253,119,118, 147, 117[34]; 2. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ [35]; 3. ГОСТ 23000-78[36].
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Превышение уровня вибрации – Превышение уровня шума – Повышенное значение электромагнитного излучения – Электроопасность
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– загрязнение атмосферы – загрязнение литосферы – загрязнение гидросферы
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является – возникновение пожара

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику



**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Матвиенко Владимир Владиславович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Палванов Барий Рустемович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 117 страницах, содержит 23 рисунка, 35 таблиц, 36 источников литературы, 6 приложений.

Объектом исследования является склад нефтепродуктов.

В ходе выполнения данной работы были разработаны:

- функциональная схема автоматизации;
- структурная схема;
- схема информационных потоков;
- схема соединений внешних проводок.

Помимо этого, в данной выпускной квалификационной работе подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами.

Проведена разработка алгоритмического обеспечения технологического процесса. Были разработаны такие алгоритмы, алгоритм включения сигнализации, алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром с использованием ПИД-регулятора.

Проведена разработка типовых экранных форм системы управления складом нефтепродуктов.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2013, Matlab R2019a, Siemens TIA Portal V15.1.

Ключевые слова: АСУ ТП, система автоматического регулирования, SCADA-система, экранные формы, алгоритм, ПИД регулятор, склад нефтепродуктов.

## Оглавление

Глоссарий .....	14
Обозначения и сокращения .....	15
Введение .....	16
1 Описание и характеристики проекта автоматизации .....	17
1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП .....	17
1.1.1 Назначение системы .....	17
1.1.2 Цели создания системы .....	17
1.2 Состав склада нефтепродуктов .....	18
1.3 Требования к автоматике .....	19
1.4 Требования к техническому обеспечению .....	20
1.5 Требование к метрологическому обеспечению .....	21
1.6 Требование к программному обеспечению .....	22
1.7 Требование к информационному обеспечению .....	22
2 Разработка проекта и подбор оборудования .....	23
2.1 Описание технологического процесса .....	23
2.2 Разработка структурной схемы АС .....	25
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации .....	26
2.4 Схема информационных потоков .....	26
2.5 Выбор средств реализации .....	30
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования .....	30
2.5.1.1 Выбор интерфейсного модуля .....	32
2.5.1.2 Выбор модулей ввода вывода .....	33
2.5.1.3 Выбор сетевого оборудования .....	36
2.5.2 Выбор датчиков .....	38
2.5.2.1 Выбор датчика уровня .....	38
2.5.2.2 Выбор датчиков температуры .....	41
2.5.2.3 Выбор датчиков давления .....	44
2.5.2.4 Выбор сигнализатора уровня .....	47
2.5.2.5 Выбор газоанализатора .....	49
2.5.2.6 Выбор манометра .....	51
2.5.3 Выбор исполнительных механизмов .....	52

2.6	Разработка схемы внешних проводок .....	53
2.7	Разработка алгоритмов управления .....	55
2.7.1	Алгоритм включения сигнализации .....	55
2.7.2	Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром .....	57
2.8	Экранные формы .....	63
2.8.1	Разработка экранной формы АС .....	64
3	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности .....	67
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	67
3.2	Анализ конкурентных технических решений .....	67
3.3	SWOT – анализ .....	69
4	Планирование научно-исследовательских работ .....	71
4.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	71
4.2	Разработка графика проведения научного исследования .....	72
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	76
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	76
4.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование .....	78
4.3.4	Расчет затрат на единый социальный налог .....	80
4.3.5	Расчет затрат на электроэнергию .....	80
4.3.6	Расчет амортизационных расходов .....	81
4.3.7	Расчет прочих расходов .....	82
4.3.8	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	83
4.4	Оценка экономической эффективности проекта .....	84
5	Социальная ответственность .....	85
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	85
5.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	86
5.3	Производственная безопасность .....	86
5.3.1	Анализ вредных и опасных производственных факторов .....	86
5.3.2	Анализ вредных факторов .....	88
5.3.2.1	Повышенный уровень шума .....	88
5.3.2.2	Повышенный уровень вибрации .....	89

5.3.2.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения.....	91
5.3.3 Анализ опасных факторов.....	92
5.3.3.1 Опасность поражения электрическим током .....	92
5.4 Экологическая безопасность .....	94
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	96
5.5.1 Пожарная безопасность.....	96
5.6 Взрывоопасность .....	97
5.7 Вывод по разделу социальная ответственность .....	98
Заключение .....	99
Список использованных источников .....	101
Приложение А (обязательное) Структурная схема .....	104
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема.....	106
Приложение В (обязательное) Схема информационных потоков .....	108
Приложение Г (обязательное) Пречень входных/выходных сигналов .....	110
Приложение Д (обязательное) Блок схема алгоритма включения сигнализации .....	112
Приложение Е (обязательное) Схема внешних проводок .....	114

## Глоссарий

Для данной работы применены следующие термины с соответствующими элементами:

**автоматизированная система (АС):** Совокупность аппаратных и программных средств. АС используется при управлении процессами в рамках технологического процесса.

**архитектура автоматизированной системы:** Совокупность организационных решений, а также набор интерфейсов и структурных элементов.

**интерфейс:** Набор правил и средств, обеспечивающих нормальное взаимодействие между устройствами, программными системами и между системой и пользователями.

**программируемый логический контроллер:** Микропроцессорное устройство, предназначенное для сбора, преобразования, обработки, хранения информации и выработки команд управления, и предназначенный для работы в режимах реального времени

**протокол:** Набор команд, позволяющих осуществить обмен и соединение между программируемыми устройствами.

**технологический процесс:** Последовательные технологические операции, которые необходимы, чтобы выполнить определённый вид работ.

**SCADA:** Инструментальная программа, предназначенная для проектирования ПО АСУ.

**OPC-сервер:** Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам OPC.

**SQL:** Язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных.

## **Обозначения и сокращения**

В данном разделе приведены обозначения и сокращения по тексту:

АС – Автоматизированная система;

АСУ – Автоматизированная система управления;

АРМ – Автоматизированное рабочее место;

АЦП – Аналого-цифровой преобразователь;

БД – База данных;

КИПиА – Контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ЛВС – Локальная вычислительная сеть;

ПЛК – Программируемый логический контроллер;

ПО – Программное обеспечение;

САУ – Система автоматического управления;

СИ – Средства измерения;

СОИ – Система сбора и обработки информации;

ТП – Технологический процесс;

ФСА – Функциональная схема автоматизации.

## **Введение**

Промышленная автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса. Использование систем управления, таких как компьютеры или роботы, и информационных технологий для управления различными процессами и механизмами в промышленности. В связи с быстрым развитием технологий все промышленные обрабатывающие системы, фабрики, машины, испытательные установки и т.д. перешли от механизации к автоматизации.

Механизированная система нуждается в вмешательстве человека для управления механизмами с ручным управлением. По мере развития новых и эффективных технологий управления компьютеризированное автоматизированное управление обусловлено необходимостью обеспечения высокой точности, качества, и производительности производственных процессов.

Автоматизация – это шаг за пределы механизации, которая использует устройства с высокими возможностями управления для эффективного производства или производственных процессов.

В промышленной автоматизации используются управляющие устройства, такие как ПК / ПЛК / ПКУ и т.д., для управления промышленными процессами и механизмами путем устранения как можно большего количества трудовых вмешательств и замены опасных сборочных операций автоматизированными.

Для повышения эффективности работы в нефтегазовой отрасли все чаще внедряются современные информационные технологии, гибкие автоматизированные системы и комплексы, которые позволяют в реальном времени управлять технологическими процессами производства с привлечением меньшего количества рабочих.

Целью данной выпускной квалификационной работы является автоматизация системы управления складом нефтепродуктов.



# **1 Описание и характеристики проекта автоматизации**

## **1.1 Назначение и цели создания АСУ ТП**

### **1.1.1 Назначение системы**

Автоматизированная система управления предназначена для контроля и управления объекта в масштабе реального времени, основными и вспомогательными технологическими процессами внутри-парковой и внешней перекачки дизельного топлива (ДТ) на складе нефтепродуктов, а также для противоаварийной защиты технологического оборудования.

АСУ ТП должна обеспечивать:

- автоматический контроль и управления в реальном времени технологическим процессом приема, хранения и отпуска нефтепродуктов;
- безопасность технологического процесса приема, хранения, отпуска нефтепродуктов;
- автоматический и дистанционный перевод технологического процесса в безопасное состояние при возникновении аварийных ситуаций;
- контроль уровня продукта, его нахождения в заданных нормативных пределах и перевод резервуара в безопасное состояние при выходе уровня за границы диапазона;

### **1.1.2 Цели создания системы**

К целям создания АС относятся:

- получение достоверной информации о технологических объектах;
- оптимизация режимов работы технологических объектов;
- повышение точности и оперативности измерения параметров ТП;
- внедрение автоматизированных и математических методов контроля и управления технологическим процессом и объектами;
- снижение трудоемкости управления ТП;
- повышение безопасности производства;

## 1.2 Состав склада нефтепродуктов

В состав склада нефтепродуктов входят следующие технологические объекты и сооружения:

- насосная станция второго подъема;
- резервуары дизельного топлива РВС-5000 Р-1...Р-9 (9 шт.);
- площадки слива-налива автомобильных цистерн (5 шт.);
- насосная внутри-парковой и внешней перекачки дизельного топлива;
- емкость дренажная  $V=100 \text{ м}^3$ ;
- емкость аварийная  $V=4 \text{ м}^3$ ;
- дизельные электростанции (4 шт.);
- отапливаемый склад масла;
- операторная с КПП;
- служебно-эксплуатационный блок;
- блочно-модульная котельная;
- резервуары резервного топлива  $V=100 \text{ м}^3$  (3 шт.);
- емкость приёма топлива  $V=40 \text{ м}^3$ ;
- резервуары чистой воды для котельной  $V=100 \text{ м}^3$  (2 шт.);
- емкость дренажная  $V=4 \text{ м}^3$ ;
- резервуар производственно-дождевых сточных вод  $V=700 \text{ м}^3$ ;
- очистные сооружения производственно-дождевых стоков;
- резервуары очищенных стоков  $V=50 \text{ м}^3$  (2 шт.);
- канализационные очистные сооружения бытовых стоков;
- накопительный резервуар бытовых сточных вод  $V=50 \text{ м}^3$ ;
- канализационная насосная станция производственно-дождевых стоков (3 шт.);
- канализационная насосная станция бытовых стоков;
- резервуары чистой воды  $V=25 \text{ м}^3$  (2 шт.);
- комплекс хозпитьевого водоснабжения;

- узел учета воды;
- блок холодильных агрегатов станции газового пожаротушения;
- узел учета тепла;

### **1.3 Требования к автоматике**

Автоматизация резервуаров дизельного топлива РВС-5000 (Р-1...Р-9) предусматривается в следующем объеме:

1. Дистанционный контроль:
  - 1.1. уровня дизельного топлива в резервуаре;
  - 1.2. температуры дизельного топлива в резервуаре;
  - 1.3. давление в резервуаре;
  - 1.4. гидростатическое давление в резервуаре;
  - 1.5. загазованности на площадках резервуаров дизельного топлива;
2. Местная сигнализация при достижении дозврывоопасной концентрации (ДВК) горючих газов и паров на площадках резервуаров дизельного топлива 20 % и 40 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР);
3. Дистанционная сигнализация:
  - 3.1. максимального и минимального допустимого уровня ДТ в резервуаре;
  - 3.2. максимального и минимального предельного уровня дизельного топлива в резервуаре;
  - 3.3. минимального допустимого уровня дизельного топлива в резервуаре для безопасной работы устройства размыва донных отложений;
  - 3.4. минимального предельного уровня дизельного топлива в резервуаре для безопасной работы устройства размыва донных отложений;
  - 3.5. минимального и максимального допустимого давления в резервуаре;
  - 3.6. при достижении ДВК горючих газов и паров на площадках резервуаров дизельного топлива 20 % и 40 % от НКПР;

4. При минимальном предельном уровне в резервуаре автоматически отключение и блокировка пуска насоса, откачивающего дизельное топливо из этого резервуара, а также автоматическое закрытие соответствующей запорно-регулирующей арматуры опорожняемого резервуара;

5. При максимальном предельном уровне в резервуаре автоматическое закрытие соответствующей запорно-регулирующей арматуры заполняемого резервуара;

6. При пожаре в резервуаре дизельного топлива автоматическое отключение насоса, откачивающего дизельное топливо из горящего резервуара, автоматическое закрытие запорно-регулирующей арматуры, автоматическое отключение системы размыва донных отложений;

7. Управление устройством для размыва донных отложений по месту и дистанционно с сигнализацией состояния неисправности.

#### **1.4 Требования к техническому обеспечению**

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть достаточным для обеспечения функций, указанных в данном техническом задании.

Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

- контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.);
- контроллеры или подсистемы управления;
- распределенные системы ввода/вывода;
- автоматизированное рабочее место оператора;
- сервер архивирования данных;
- сетевое оборудование.

Средства измерения (СИ) используемые в данном комплексе должны иметь стандартные сигналы диапазоне (4 – 20) мА.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

- время наработки на отказ не менее 100 тыс. час;
- срок службы не менее 10 лет.

Программно-технический комплекс АС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

Комплекс технических средств должен удовлетворять требованиям устойчивости, а именно безотказная работа в заданном режиме в реальных условиях окружающей среды или искусственно создаваемых на местах их размещения. Применяемые технические средства должны:

- быть ремонтпригодными и заменяемыми;
- работать от питания промышленных сетей [3].

### **1.5 Требование к метрологическому обеспечению**

Технические средства полевой автоматики должны обладать следующими показателями точности:

- основная приведённая погрешность средств измерений, не должна превышать следующих значений:
  - 0,2 % для датчика уровня в резервуаре;
  - 2,5 % для датчика температуры в резервуаре;
  - 1,5 % для датчика давления в резервуаре;
  - 1,0 % для вторичных приборов.

Дополнительная погрешность СИ не должна превышать половины значения основной погрешности при изменении температуры окружающей среды во всем диапазоне рабочих температур и отклонении напряжения питания СИ в допустимых пределах.

### **1.6 Требование к программному обеспечению**

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики).

Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту IEC 61131-3.

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.). Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня АС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

### **1.7 Требование к информационному обеспечению**

Для реализации информационной функции в АСУ ТП осуществляется сбор и первичная обработка информации о непосредственно измеряемых параметрах (по аналоговым сигналам).

АСУ ТП должна принимать сигналы от датчиков с выходным аналоговым сигналом (4 – 20) мА, а также с дискретным сигналом 24 В.

## **2 Разработка проекта и подбор оборудования**

### **2.1 Описание технологического процесса**

Доставка ДТ на склад нефтепродуктов осуществляется автоцистернами. Перед началом откачки лаборант отбирает пробу дизельного топлива из автоцистерны и определяет его температуру и плотность. Анализ проб проводится в помещении испытания дизельного топлива, расположенном в здании служебно-эксплуатационного блока. В ходе проведения анализа плотности ДТ, автоцистерна подключается к свободному штуцеру одного из измерительных комплексов и далее производится откачка дизельного топлива насосом, входящим в состав универсальной установки слива/налива, в резервуары (Р-1...Р-9) для хранения. В один РВС допускается направлять ДТ не более чем с двух стояков слива/налива автоцистерн до момента заполнения приемного патрубка.

В процессе хранения может быть реализована как внутрипарковая, так и внешняя перекачка ДТ.

Внутрипарковая перекачка ДТ из резервуара Р-1 (2,3,4,5,6,7,8,9) осуществляется насосом в один из свободных резервуаров Р-2 (1,3,4,5,6,7,8,9).

При регламентном режиме работы сооружений объекта один резервуар остается пустым – для возможности приема дизельного топлива от аварийного резервуара.

При выдаче ДТ потребителям, продукт по трубопроводу насосом, входящим в состав универсальной установки слива/налива, подается на измерительный комплекс и далее в автоцистерну. В процессе налива данные отображаются на дисплее блока управления и индикации. В случае возникновения аварийной ситуации во время процесса налива оператор может прервать процесс налива кнопкой «стоп».

В резервуары организована подача инертного газа (азота) от передвижной азотной установки для предотвращения образования взрывоопасной концентрации паровоздушной смеси (ПВС) и поддержания концентрации ниже минимальной взрывоопасной концентрации кислорода

(МВСК). Подача азота осуществляется после раскочки резервуара до минимального уровня ДТ - 0,5 м и вывода из эксплуатации до следующего цикла заполнения (следующего года работы). Азот в РВС подается от передвижной азотовырабатывающей установки через специальные подключения по стационарным трубопроводам с давлением 0,2 МПа. Азот вводится на относительную отметку +1,0 м от дна РВС для снижения концентрации кислорода в ПВС. При заполнении резервуара азотом контролируется МВСК в ПВС, с помощью периодического отбора проб (с периодичностью раз в час) через замерной люк РВС в пробоотборник и их исследования при помощи переносного газоанализатора либо в лаборатории. Заполнение РВС азотом производится до снижения концентрации кислорода в ПВС в верхней части РВС менее чем МВСК.

Дренаживание резервуаров Р-1...Р-9, насосных агрегатов, проливов с площадок осуществляется в емкость подземную дренажную объемом 100 м<sup>3</sup>. После заполнения емкости жидкость проверяется на наличие механических примесей и воды. При отсутствии примесей, дизельное топливо откачивается погружным насосом на вход резервуаров Р-1...Р-9. Если примеси присутствуют, жидкость направляется на полигон месторождения, для утилизации с помощью инсинератора.

Аварийный дренаж с расходных баков осуществляется в емкость подземную дренажную объемом 4 м<sup>3</sup>. После заполнения жидкость откачивается в автоцистерну, проверяется на наличие механических примесей и воды. По результатам анализа, автоцистерна либо подключается к свободному стояку слива-налива для направления ДТ в резервуар (Р-1...Р-9), либо направляется на полигон месторождения, для утилизации с помощью инсинератора.



## 2.2 Разработка структурной схемы АС

Автоматизация системы управления складом нефтепродуктов, в частности, выполнено по принципу трех уровней.

Резервуарный парк состоит из девяти резервуаров. Система автоматизированного управления будет разработана лишь для одного, поскольку все остальные резервуары имеют аналогичный объем автоматизации.

Нижний уровень, включает в себя: датчики для сбора информации, электроприводы и исполнительные механизмы для регулирующих и управляющих воздействий. Датчики поставляют информацию локальному программируемому логическому контроллеру.

Для контроля различных технологических параметров предполагается использование средств КИПиА.

На схеме полевой уровень АСУ ТП представлен датчиками температуры, уровнемерами, датчиками избыточного и гидростатического давления, сигнализаторами уровня, датчиками загазованности.

В качестве исполнительных устройств выступают задвижки с электроприводом на трубопроводах, предназначенных управления подачей ДТ в резервуары.

Средний уровень, данный уровень состоит из контроллеров и прочих аналого-цифровых устройств преобразования. Реализует сбор и первичную обработку информации с устройств нижнего уровня, контроль необходимых параметров, сопряжение с верхним уровнем.

На основе информации, поступившей на средний уровень, формируются команды управления (автоматически или оператором).

В данной проектируемой системе средний уровень представлен распределённой системой управления, представляющей собой шкаф САУ. Шкаф построен с использованием ПЛК [1].

Верхний уровень АСУ ТП представлен компьютерами и сервером баз данных, объединенных в локальную сеть Ethernet.

С устройств нижнего уровня информация передается на локальный контроллер среднего уровня. Он выполняет следующие функции:

- сбор, первичную обработку и хранение информации;
- автоматическое логическое управление и регулирование;
- исполнение команд с пункта управления;
- обмен информацией с пунктами управления.

На верхний уровень информация с ПЛК поступает через концентратор верхнего уровня.

Диспетчерский пункт (ДП) включает в себя несколько станций управления, представляющих собой АРМ диспетчера/оператора, и сервер базы данных.

Разработанная трехуровневая структура АС приведена в Приложении А.

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

Функциональная схема автоматизации (ФСА) является техническим документом, определяющим структуру и уровень автоматизации ТП проектируемого объекта и оснащение его приборами и средствами автоматизации.

На ФСА для изображения элементов систем управления и другого оборудования используются условные изображения, которые объединяются линиями функциональной связи в единую систему.

Функциональная схема автоматизации, выполненная в соответствии с ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [2], приведена в приложении Б.

### **2.4 Схема информационных потоков**

Схема информационных потоков приведена в приложении В.

Информационное обеспечение проектируемой АС включает в себя следующие уровни сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного хранения).

На уровне сбора и обработки представляются данные измерений и информация о состоянии полевого оборудования.

Уровень текущего хранения представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Здесь выполняется маршрутизация информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранным формам АРМ-приложений.

Верхний уровень включает уровень архивного хранения и уровень корпоративной информационной системы (КИС) хранения.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарте OPC, включают в себя:

- температура в резервуаре;
- температура жидкости в резервуаре;
- температура воды ГВС;
- давление в резервуаре;
- давление азотной смеси;
- давление воды в системе ГВС;
- гидростатическое давление;
- уровень в резервуаре;
- сигнализация о превышении предельного уровня в резервуаре;
- загазованность на площадке резервуара, %, (5 точек);
- управление задвижкой ИМ 3.1;
- состояние задвижки ИМ 3.1;
- управление задвижкой ИМ 3.2;

- состояние задвижки ИМ 3.2;
- управление задвижкой ИМ 3.3;
- состояние задвижки ИМ 3.3;
- управление задвижкой ИМ 3.4;
- состояние задвижки ИМ 3.4;
- управление задвижкой ИМ 3.5;
- состояние задвижки ИМ 3.5;
- состояние устройства размыва донных отложений;

Каждый элемент контроля и управления в используемой классификации имеет собственный идентификатор (ТЕГ), который описывается по следующему принципу: AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD, где:

- AAA – тип параметра:
  - PRS – давление;
  - TEM – температура;
  - LVL – уровень;
  - MAS – масса;
  - QUA – загазованность;
  - PDT – гидростатическое давление;
  - IM – исполнительный механизм;
- BBB – код технологического аппарата или объекта (в данном случае идентификатор одного из резервуаров Р-1...Р-9):
  - R1 – резервуар 1;
  - R2 – резервуар 2;
  - R3 – резервуар 3;
  - R4 – резервуар 4;
  - R5 – резервуар 5;
  - R6 – резервуар 6;
  - R7 – резервуар 7;
  - R8 – резервуар 8;

- R9 – резервуар 9;
- CCCC – уточнение, не более 4 символов:
  - RZMV – идентификатор устройства размыва донных отложений;
  - ALRM – сигнализация;
  - 1 – номер ИМ или датчика 1;
  - 2 – номер ИМ или датчика 2;
  - 3 – номер ИМ или датчика 3;
  - 4 – номер ИМ или датчика 4;
  - 5 – номер ИМ или датчика 5;
- DDDDD – примечание, не более 5 символов:
  - OPN – открыть;
  - CLS – закрыть;
  - STR – старт;
  - STP – стоп;
  - SP – задание;
  - OPND – процент открытия;
  - ALRM – авария;
  - POPN – открыто;
  - PCLS – закрыто;
  - STPD – остановлено
  - HH – верхнее предельное значение;
  - H – верхнее допустимое значение;
  - LL – нижнее предельное значение;
  - L – нижнее допустимое значение.

Перечень сигналов АСУТП в SCADA-системе представлен в приложении

Г.

## 2.5 Выбор средств реализации

Выбор программно-технических средств реализации проекта АС был осуществлен посредством анализа различных вариантов и последующего выбора наиболее подходящих устройств.

К программно-техническим средствам АС относят: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование и системы сигнализации.

Измерительные служат для сбора информации о ТП. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в иную физическую величину для последующего воздействия на объект управления. Контроллерное оборудование обрабатывает сигналы с датчиков и осуществляет алгоритмы управления.

### 2.5.1 Выбор контроллерного оборудования

Для обеспечения автоматизации склада нефтепродуктов были рассмотрены 3 ПЛК:

- Schneider Electric Modicon 340-20 [6]
- Siemens SIMATIC S71500 [5]
- Allen-Bradley ControlLogix 1756 [4]

В таблице 1 приведены их сравнительные характеристики. Сами контроллеры представлены на рисунке 2.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики рассматриваемых ПЛК

<b>Производитель Семейство Модель</b>	<b>Schneider Electric Modicon Modikon 340-20</b>	<b>Allen-Bradley CotrolLogix 1756 1756-L55M13</b>	<b>Siemens AG SIMATIC S7-1500 CPU 1513-1PN</b>
Поддержка Резервирования	Да	Да	Да
Время обработки ЦП	0,18	0,08	0,04
Число модулей ввода-вывода	1024	2048	2048

Продолжение таблицы 1 – Сравнительные характеристики рассматриваемых ПЛК

Производитель Семейство Модель	Schneider Electric Modicon Modikon 340-20	Allen-Bradley CotrolLogix 1756 1756-L55M13	Siemens AG SI MATIC S7-1500 CPU 1513-1PN
Поддержка функций ПИД регулирования	Да	Да	Да
Язык программирования	LAD – Да FBD – Да STL – Да SCL – Да CFC – Нет GRAPH – Да	LAD – Да FBD – Да STL – Да SCL – Да CFC – Да GRAPH – Да	LAD – Да FBD – Да STL – Да SCL – Да CFC – Нет GRAPH – Да
Стоимость в рублях	33700	54200	46 835



Рисунок 1 – ПЛК SIMATIC S7 1500, CPU 1513-1PN

Все контроллеры так или иначе имеют схожие характеристики и могут быть оборудованы дополнительными модулями.

С учётом вышеприведённых характеристик, а также по соотношению цена-качество будем использовать два ПЛК фирмы SIEMENS AG семейства SIMATIC S7 1500, CPU 1513-1PN который показан на рисунке 1.

Контроллер имеет модульную конструкцию. В состав ПЛК входят [5]:

- источники питания;
- коммуникационные процессоры;
- Интерфейсный модуль;
- модули цифрового ввода/вывода;
- модули аналогового ввода/вывода;

SIMATIC S7 1500, CPU 1513-1PN является ПЛК со средней программой памятью данных для приложений, которые также содержат распределенные структуры автоматизации наряду с центральным вводом / выводом. Он может использоваться как контроллер ввода-вывода PROFINET или как распределенный интеллект (PROFINET I-Device). Интегрированный интерфейс PROFINET IO IRT выполнен в виде 2-портового коммутатора, поэтому в системе можно настроить линейную топологию. Кроме того, ПЛК предлагает широкие функциональные возможности управления.

### **2.5.1.1 Выбор интерфейсного модуля**

Согласно с техническим заданием наша АС должна обладать распределенной системой ввода / вывода

С SIMATIC ET 200 доступен широкий спектр распределенных систем ввода-вывода для решений в шкафу управления или без шкафа управления непосредственно на машине, а также для применений в опасных зонах.

Модульная конструкция позволяет масштабировать и расширять системы ET 200 просто и в несколько этапов.

Нам необходим интерфейсный модуль с поддержкой сетей Ethernet. Выбираем интерфейсный модуль SIMATIC ET 200 MP IM 155-5 PN HF.

SIMATIC ET 200 MP IM 155-5 PN HF представлен на рисунке 2.





Рисунок 2 – SIMATIC ET 200 MP IM 155-5 PN HF

### 2.5.1.2 Выбор модулей ввода вывода

Согласно перечня сигналов в приложении Г, нам необходимо подобрать модули ввода вывода дискретных и аналоговых сигналов. Количество сигналов, которое нам необходимо:

- Цифровых вводов – 20
- Цифровых выводов – 17
- Аналоговых вводов – 14

В качестве модуля ввода дискретных сигналов выбираем модуль S7 1500 DI32xDC24V.

Технические характеристики модуля представлены в таблице 2.

Таблица 2 технические характеристики модуля S71500 DI32xDC24V

Напряжение питания	24 В
Входное напряжение	24 В
Число входов	32
Температура окружающей среды	(60 °C)
Входная задержка	(0,05... 20 мс)

Модуль ввода дискретных сигналов S71500 DI32xDC24V имеет 32 входа что нам вполне подходит.

Модуль ввода дискретных сигналов S71500 DI32xDC24V представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Модуль ввода дискретных сигналов S71500 DI32xDC24V

В качестве модуля вывода дискретных сигналов выбираем S71500 DO32xDC24V.

Технические характеристики модуля представлены в таблице 3.

Таблица 3 технические характеристики модуля S71500 DO32xDC24V

Напряжение питания	24 В
Входное напряжение	24 В
Число выходов	32
Температура окружающей среды	(60 °C)
Выходная задержка	(0,05... 20 мс)

Модуль вывода дискретных сигналов S71500 DO32xDC24V имеет 32 выхода что нам вполне подходит.

Модуль вывода дискретных сигналов S71500 DO32xDC24V представлен на рисунке 4.

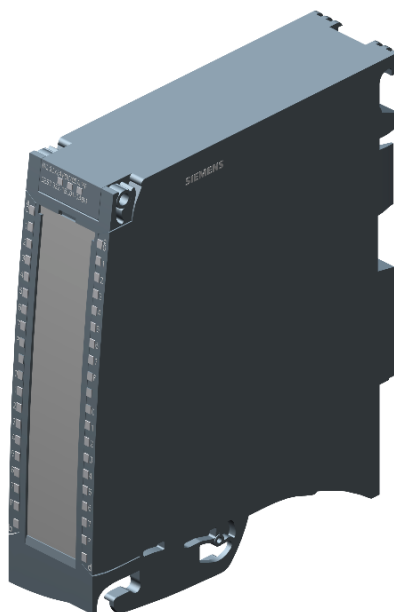


Рисунок 4 – Модуль вывода дискретных сигналов S71500 DO32xDC24V

В качестве модуля ввода аналоговых сигналов нам понадобится модуль S7-1500 AI 8 X U/I/RTD/TC.

Технические характеристики модуля представлены в таблице 4.

Таблица 4 – технические характеристики модуля S71500 DO32xDC24V

Напряжение питания	24 В
Входное напряжение	24 В
Число входов	8
Тип входов	(0/4...20 мА); (0/5...10В); (RTD)
Температура окружающей среды	(60 °С)
Выходная задержка	(0,05... 20 мс)

Модуль ввода аналоговых сигналов S7-1500 AI 8 X U/I/RTD/TC имеет 8 входов, нам понадобится два таких модуля.

Модуль ввода аналоговых сигналов S7-1500 AI 8 X U/I/RTD/TC представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – модуль ввода аналоговых сигналов S7-1500 AI 8 X  
U/I/RTD/TC

### 2.5.1.3 Выбор сетевого оборудования

Для связи ПЛК с верхним уровнем и распределённой системой ввода/вывода нам потребуются коммутаторы SCALANSE XB004-2.

Технические характеристики коммутатора SCALANSE XB004-2 приведены в таблице 5

Таблица 5 – технические характеристики SCALANSE XB004-2

Скорость передачи	(10...100 Мбит/с)
Количество электрических подключений	4 – RJ45
Количество оптических портов	2 – SC
Напряжение питания	24 В
Степень защиты	IP20
Температура окружающей среды	(-10...+60 °C)
Выходная задержка	(0,05... 20 мс)

Данный коммутатор обладает возможностью подключения оптоволоконного соединения что дает целый ряд преимуществ:

- не испытывает влияния электромагнитных помех
- передача сигнала с высокой скоростью
- передача сигнала на большие расстояния

Коммутатор SCALANSE XB004-2 представлен на рисунке 6



Рисунок 6 – коммутатор SCALANSE XB004-2

## 2.5.2 Выбор датчиков

### 2.5.2.1 Выбор датчика уровня

В ходе выполнения данной работы производился выбор между

- VEGAPULS 66 [13]
- Rosemount 5408 [8]
- SITRANS LR560 [12]

В таблице 6 представлены основные характеристики датчиков уровня.

Таблица 6 – Основные характеристики датчиков уровня

Параметр	VEGAPULS 66	Rosemount 5408	SITRANS LR560
Применение	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды
Температура окружающей среды °C	от минус 40 до 70	от минус 51 до 85	(от минус 40 до 85
Температура измеряемой среды °C	от минус 60 до 400) °C	от минус 60 до 250	(от минус 60 до 250
Основная погрешность измерений ± %	до 0,2	до 0,2	до 0,4
Степень защиты	IP68	IP68 Ex	IP68 Ex
Выходные сигналы	(4 – 20) мА / HART	(4 – 20) мА /HART; Foundation Fieldbus; Wireless HART.	(4 – 20) мА / HART
Цена в рублях	131 647	123546	124513

В результате анализа по соотношению цена и качество наиболее подходящим является бесконтактный радарный уровнемер Rosemount 5408.

Данный датчик уровня представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Бесконтактный радарный уровнемер Rosemount 5408

Радарный уровнемер состоит из основного блока и антенны. Основным блоком уровнемера состоит из взрывобезопасного корпуса, электронного блока, интегрированной клеммной коробки и погодозащитного колпака.

Радарные уровнемеры измеряют расстояние от передатчика / датчика до поверхности материала, во многом так же, как ультразвуковые датчики уровня, измеряется время прохождения волны, а затем определить уровень материала процесса.

Существует два основных типа радарных уровнемеров: радар с волноводом и бесконтактный радар.

Радиолокационные приборы используют волноводные «зонды» для направления радиоволн в технологическую жидкость, в то время как бесконтактные радиолокационные приборы посылают радиоволны через открытое пространство. Все радиолокационные приборы используют антенну для передачи радиосигналов в технологическую жидкость, уровень которой должен быть определен. На рисунке 8 показана иллюстрация этих двух подходов.

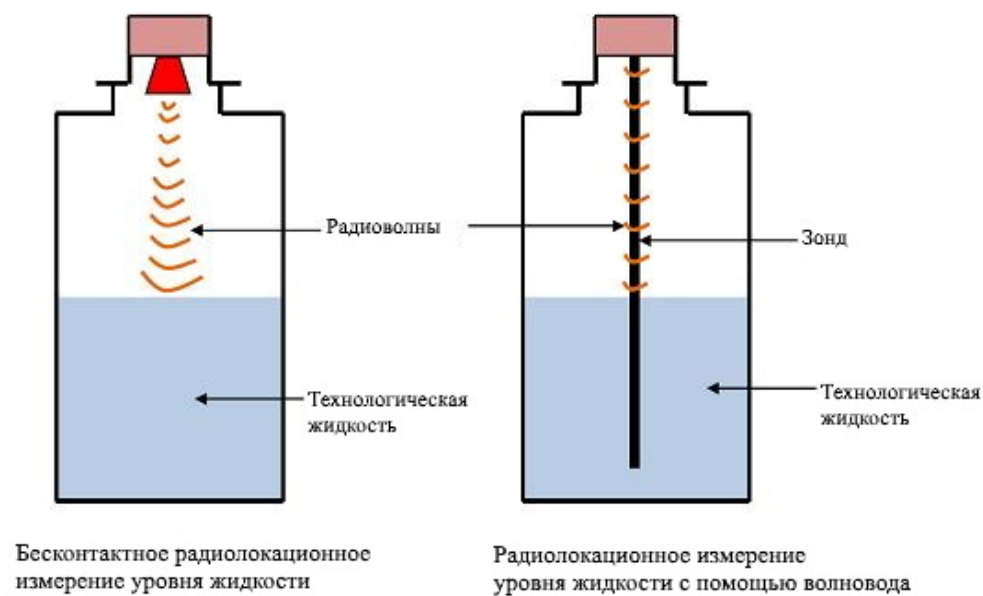


Рисунок 8 – иллюстрация подходов измерения уровня.

Принцип действия бесконтактных радарных датчиков уровня. Для измерения уровня жидкости в приборе этого типа радиолокационные сигналы передаются от антенны радиолокационного прибора, расположенного в верхней части резервуара, как показано на рисунке 9.

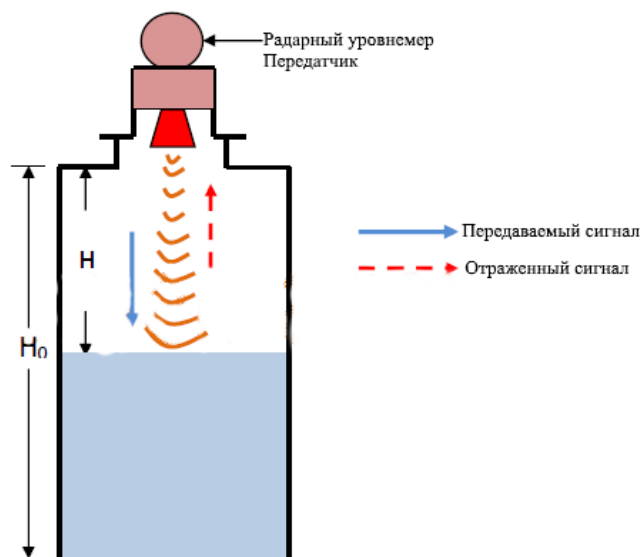


Рисунок 9 – Принцип действия бесконтактных радарных датчиков уровня



Радар посылает микроволновый сигнал, который отражается от поверхности продукта и возвращается к датчику.

Датчик измеряет временную задержку между передаваемым и полученным эхо-сигналом, а встроенный микропроцессор вычисляет расстояние до поверхности жидкости. Для расчета уровня жидкости передатчик запрограммирован с эталонной высотой измерительного прибора обычно это дно резервуара.

Частота бесконтактных радарных датчиков может влиять на его производительность. Более низкая частота снижает чувствительность к парам, пене и загрязнению антенны, в то время как более высокая частота удерживает луч радара узким, чтобы минимизировать влияние сопел, стен и мешающих объектов.

Радарные уровнемеры широко используются для измерения уровня жидкостей и многих твердых веществ в резервуарах на нефтеперерабатывающих заводах. Данные приборы работают в широком диапазоне температур, давлений, парогазовых смесей и различных технологических условий.

Конструкция уровнемера Rosemount 5408 позволяет легко монтировать его на патрубках типа ДУ150 резервуаров с фиксированной крышей без вывода из эксплуатации.

Уровнемер Rosemount 5408 может использоваться для измерения уровня различных химических и нефтепродуктов, за исключением тяжелых продуктов типа битум, асфальт. Антенна изготовлена из материала с хорошей теплоемкостью, что препятствует образованию конденсата на ее поверхности. Фланец, на котором монтируется уровнемер, может иметь наклон до 4° относительно горизонтальной поверхности [8].

#### **2.5.2.2 Выбор датчиков температуры**

Также нам необходимо подобрать датчик температуры.

Выбор датчиков температуры основывался на оценке следующих характеристик:

- Температура окружающей среды
- Температура измеряемой среды
- Основная погрешность измерений
- Выходные сигналы
- Степень защиты
- Чувствительный элемент
- Цена

В таблице 7 представлены необходимые характеристики.

Таблице 7 Основные характеристики датчиков температуры

Параметр	JUMO 90.2820 [10]	Rosemount 644 [11]	E+H TR61 [14]
Температура окружающей среды °C	от минус 40 до 70	от минус 40 до 70	от минус 40 до 70
Температура измеряемой среды °C	От минус 200 до 600	От минус 200 до 500	От минус 200 до 600
Приведенная погрешность измерений $\pm$ %	0,40	0,225	0,2
Выходные сигналы	(4 – 20) мА / HART	(4 – 20) мА / HART; Foundation Fieldbus; Wireless HART.	(4 – 20) мА / HART PROFIBUS PA; Foundation Fieldbus.
Степень защиты	IP68 Ex	IP68 Ex	IP68 Exd
Чувствительный элемент	Платиновый термометр сопротивления Pt100	Платиновый термометр сопротивления Pt100	Платиновый термометр сопротивления Pt100
Цена в рублях	44 000	27 450	42 850

В результате анализа был выбран датчик температуры Rosemount 644.

Данный датчик представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – датчик температуры Rosemount 644.

Датчики температуры Rosemount 644, предназначены для измерения температуры жидких и газообразных сред.

Тип датчика, Pt100, указывает на две важные части информации о датчике. Первая часть, Pt, является химическим символом для платины, и это показывает, что датчик основан на платине. Вторая часть, 100, относится к сопротивлению устройства при 0 °C. В этом случае 100Ω. Есть несколько вариаций на эту тему. Существуют и другие материалы, такие как никель (Ni) и медь (Cu), и различные значения сопротивления, такие как 50Ω, 500Ω и 1000Ω. Это дает возможность идентификации датчиков следующим образом:

Cu100, Ni120, Pt1000.

Измеряемая температура передается первичному преобразователю, находящемуся в контакте с измеряемой средой. Первичный преобразователь преобразует измеряемую температуру в изменение омического сопротивления.

Аналоговый сигнал с первичного преобразователя поступает на вход измерительного преобразователя, где преобразуется с помощью аналого-цифрового преобразователя в дискретный сигнал. Дискретный сигнал обрабатывается с помощью микропроцессорного преобразователя. С выхода микропроцессорного преобразователя дискретный сигнал поступает либо на модулятор цифрового протокола FOUNDATION Fieldbus или Profibus, либо на цифро-аналоговый преобразователь, осуществляющий преобразование

дискретного сигнала в унифицированный токовый аналоговый сигнал (4 – 20) мА [11].

### 2.5.2.3 Выбор датчиков давления

Объем АС предусматривает измерение гидростатического давления и избыточного давления.

Для этих целей были рассмотрены датчики давления

- Метран-150 [7];
- Rosemount 3501 [8];
- JUMO dTRANS p20 [9].

В таблице 8 представлены основные характеристики датчиков давления.

Таблица 8 – Основные характеристики датчиков давления

Параметр	Метран-150	Rosemount-3051	JUMO dTRANS
Применение	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды	Химическая индустрия Нефтехимическая промышленность Общее технологическое проектирование Вода, сточные воды
Температура окружающей среды °С	от минус 40 до 70	от минус 51 до 85	от минус 55 до 85
Температура измеряемой среды °С	от минус 50 до 100	от минус 75 до 100	от минус 20 до 120
Основная погрешность измерений $\pm$ %	0,15	0,1	0,2

Продолжение таблицы 8 – Основные характеристики датчиков давления

Параметр	Метран-150	Rosemount-3051	JUMO dTRANS
Диапазоны измеряемых давлений	мин. 0...0,04 кПа макс. 0...100 МПа	мин. 0...0,025 кПа; макс. 0...68,9 МПа	мин. -0,60 ... 60 кПа макс. -0,1 ... 10 МПа
Степень защиты	IP68 Ex	IP68 Ex	IP68 Ex
Выходные сигналы	(4 – 20) мА / HART	(4 – 20) мА / HART; Foundation Fieldbus; Wireless HART.	(4 – 20) мА / HART
Цена в рублях	23700	43520	50 656

В результате анализа таблицы, наиболее подходящим является Метран-150.

Датчик давления представляет собой инструмент, состоящий из чувствительного к давлению элемента, который определяет фактическое давление, подаваемое на датчик (с использованием различных принципов работы), и некоторых компонентов, которые преобразуют эту информацию в выходной сигнал. Существует множество различных технологий, используемых в датчиках давления для обеспечения точных результатов.

В датчиках давления на основе тензометрических сенсоров также используется чувствительный к давлению элемент, на который наклеиваются металлические тензометрические сенсоры или наносятся тонкопленочные датчики путем напыления. Электрическое подключение обычно выполняется через мост Уитстона, который обеспечивает хорошее усиление сигнала, точные и постоянные результаты измерений.

Емкостные датчики давления используют метод давления и диафрагму для производства переменного конденсатора. Диафрагма деформируется и вызывает изменение расстояния между обкладками и соответственно уменьшается емкость конденсатора.

Пьезорезистивные датчики давления состоят из диафрагмы – в основном из кремния – со встроенными тензометрическими датчиками для определения

деформации в результате приложенного давления. Эти тензометрические датчики обычно настраиваются в мостовой схеме Уитстона для снижения чувствительности и увеличения выходной мощности.

Датчик давления с пьезорезистивным сопротивлением имеет полупроводниковый датчик искажения, сформированный на поверхности диафрагмы, он преобразует изменения электрического сопротивления в электрический сигнал с помощью эффекта пьезорезистивного сопротивления, который возникает, когда диафрагма искажается под влиянием внешних сил (давлением).

Датчики давления серии Метран 150 предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

Обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин:

- абсолютного давления измеряют давление относительно эталонной камеры (почти вакуум).
- манометрического давления или относительного давления - используются для измерения давления относительно текущего атмосферного давления.
- Герметичные датчики манометрического давления похожи на датчики манометрического давления, но они измеряют давление относительно фиксированного давления, а не текущего атмосферного давления.
- Датчики дифференциального давления определяют разницу между двумя давлениями и могут использоваться для измерения перепадов давления, уровней жидкости и расхода.

В унифицированный токовый выходной сигнал (4 – 20) мА и цифровой сигнал на базе HART-протокола [7].

Датчик давления Метран 150 представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – датчик давления Метран 150

#### 2.5.2.4 Выбор сигнализатора уровня

Для сигнализации предельного допустимого значения уровня дизельного топлива в резервуаре предусмотрено использование датчиков сигнализаторов уровня.

Выбор производится между датчиками сигнализаторами уровня:

- SITRANS LVL200 [12];
- Rosemount 2020 [8];
- E+H FTL51 [14].

Технические характеристики вибрационных датчиков приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики вибрационных датчиков

Параметр	SITRANS LVL200	Rosemount 2120	E+H FTL51
Температура окружающей среды °С	от минус 40 до 70	от минус 50 до 85	от минус 50 до 70
Температура измеряемой среды °С	от минус 50 до 150	от минус 40 до 150	от минус 50 до 150
Длина вибрационной вилки	До 6000 мм	До 4000 мм	До 6000 мм
частота колебаний вилки Гц	(~1200 Гц)	(~1400 Гц)	(~1400 Гц)

Продолжение таблицы 9 – Технические характеристики вибрационных датчиков

Параметр	SITRANS LVL200	Rosemount 2120	E+H FTL51
Степень защиты	IP68 Ex	IP68 Ex	IP68 Ex
Выходные сигналы	(8/16) мА; 8 мА – нет продукта; 16 мА – покрыт продуктом;	(8/16) мА; 8 мА – нет продукта; 16 мА – покрыт продуктом;	(8/16) мА; 8 мА – нет продукта; 16 мА – покрыт продуктом;
Цена в рублях	75890	38 075	48920

Проанализировав таблицу 5 можно сделать вывод, что вибрационный сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120, будет лучшим вариантом т.к. цена данного датчика ниже конкурентов.

Сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120 представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – сигнализатор уровня жидкости Rosemount 2120.

Принцип действия сигнализатора основан на принципе действия камертона.

Обычно есть два пьезоэлектрических элемента или кристалла, часто из кварца, когда эти кристаллы сжимаются или растягиваются под напряжением, они генерируют электрический сигнал и наоборот, когда электричество применяется к этим кристаллам, они производят движение.



Это движение прикреплено к чувствительному элементу вилки, и создается вибрация на собственной резонансной частоте механической вилки.

Второй пьезоэлектрический кристалл используется для преобразования движения, полученного от первого кристалла, обратно в электрический сигнал.

Когда чувствительный элемент вилки свободно вибрирует в воздухе, измерительная система воспринимает это как одно состояние (материал отсутствует).

Когда целевой материал или жидкость становится присутствующим, частота вибрации изменяется, и электрический сигнал второго кристалла изменяется, таким образом обнаруживая присутствие материала или жидкости

Принцип действия сигнализатора – это действительно простой, эффективный, надежный и экономичный способ измерения или обнаружения наличия и отсутствия жидкостей или любой иной среды [8].

#### 2.5.2.5 Выбор газоанализатора

При подборе газоанализатора рассматривались:

- Газоанализатор СГОЭС
- Dräger PIR-7000

Основные характеристики газоанализаторов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные характеристики газоанализаторов

Тип	Dräger PIR-7000	СГОЭС
Время отклика	≤4 секунды («стандартный отклик») <1 секунды (быстрый отклик)	<1.9 секунды («стандартный отклик») <1 секунды (быстрый отклик)
Выходной сигнал	(4 – 20) мА /HART	(4 – 20) мА /HART/RS485/ 3 реле
Сигнал неисправности	(1,2) мА	(3,8) мА
Диапазон рабочих температур	От минус 40 до 77	От минус 60 до 85
Относительная влажность, %	до 100% (без конденсации) при температуре 35 °С	до 100% (без конденсации) при температуре 35 °С
Материал	Нержавеющая сталь 316	Нержавеющая сталь 316

Продолжение таблицы 10 – Основные характеристики газоанализаторов

Тип	Dräger PIR-7000	СГОЭС
Класс защиты	IP67	IP67
Класс взрывозащиты	ExdIICT6	1ExdIICT4 Gb
Цена в рублях	62 650	50 250

В качестве газоанализатора была выбрана инфракрасная газоизмерительная головка СГОЭС.

Данный датчик включает в себя библиотеку допустимых газов, таких как этилен, пропан, метан и 10 дополнительных вредных веществ. Внешний вид устройства представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Газоизмерительная головка СГОЭС

СГОЭС состоят из оптико-электронного и вводного отсеков, имеющих общую взрывонепроницаемую оболочку. Специальный защитный кожух обеспечивает защиту элементов оптико-электронной части датчика от неблагоприятного воздействия окружающей среды. В оптико-электронном отсеке находятся источники и приемники излучения, электронная схема. ИК-излучение от источников излучения через прозрачное окно попадает в пространство, в котором находится анализируемая газовая смесь, и, отразившись от зеркала, через то же самое окно возвращается в герметичный корпус и попадает на фотоприемник.

Электрические сигналы с выхода фотоприемников поступают на электронную схему, где усиливаются, обрабатываются и преобразуются в унифицированный соответствующий диапазону измеряемых концентраций газов (0 – 100) % НКПР электрический сигнал (4 – 20) мА, аналогичный электрический сигнал выдается по RS-485 (ModBus RTU, а также через HART-интерфейс).

### 2.5.2.6 Выбор манометра

Также для отображения давления и температуры по месту нам необходимо подобрать манометры.

В качестве манометра выбираем WIKA 233.50

Манометр WIKA 233.50. показан на рисунке 14.



Рисунок 14 – манометр WIKA 233.50.

Основные технологические параметры манометра WIKA 233.50 представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики WIKA 233.50

Исполнение	Манометр с трубкой Бурдона, нержавеющая сталь
Гидрозаполнение	Силикон
Ограничение давления	(0...1 Мпа)
Класс точности	HP63 – 1.6, HP100, HP160-1
Допустимая температура	(- 40... +60 °С)
Конструкция	EN837-1
Степень защиты	IP65

Помимо манометра нам необходим манометрический термометр. В качестве манометрического термометра, выбираем WIKA TM.73.01.

Манометрический термометр WIKA TM.73.01 представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Манометрический термометр WIKA TM.73.01.

### **2.5.3 Выбор исполнительных механизмов**

Существует три основных вида исполнительных механизмов:

- гидравлический;
- пневматический;
- электрический.

Все это отвечает за управление механизмами запуска и остановки любой техники. Чтобы сделать это возможным, к такой системе подключен привод, который обеспечивает работу системы.

Любое движущееся механическое устройство, которое действует как управляющая часть, можно назвать приводом.

Это устройство управляется извне источником энергии, который, в свою очередь, преобразует эту энергию в управляющее движение, которое может быть линейным или вращательным для удержания или остановки объекта в одном положении.

Для управления запорной арматурой выбран блок управления AUMA SARExS 07.1 с узлом управления AUMA MATIC.

Электроприводы AUMA MATIC предназначены для местного и дистанционного управления запорно-регулирующей арматурой различных диаметров и давлений [15].

Привод AUMA MATIC SARExС 07.1 представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – привод AUMA MATIC SARExС 07.1

## **2.6 Разработка схемы внешних проводок**

В технологическом процессе используются следующие датчики:

- датчики давления;
- датчик перепада давления;
- датчики температуры;
- датчики загазованности;
- датчик уровня радарный;
- сигнализатор уровня;
- Исполнительные механизмы запорной арматуры;
- Устройство размыва донных отложений.

Сигналы датчиков и исполнительных механизмов, по контрольным кабелям поступают в клеммные соединительные коробки (КСК)

Далее от КСК кабеля приходят в шкаф управления 3 (ШУ3).

КСК предназначены для соединения кабелей различного технологического оборудования.

При разработке системы был выбран контрольный кабель КВВГЭ нг, представленный на рисунке 17.

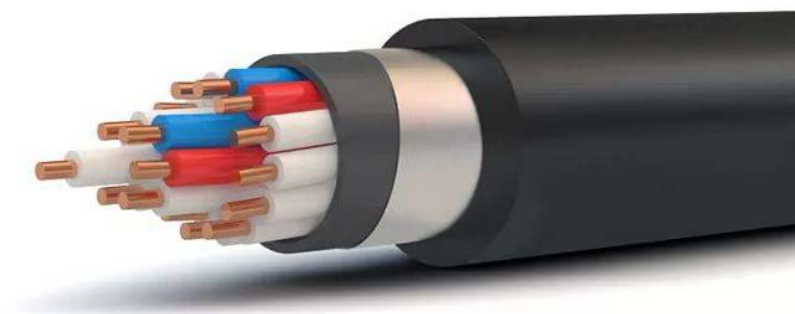


Рисунок 17 – Кабель КВВГЭ нг

Расшифровка обозначения КВВГЭ нг:

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

Соединительный кабель КВВГЭ нг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию из поливинилхлоридного пластиката, а также в оболочку из пластика пониженной горючести.

Предназначен для эксплуатации в кабельных сооружениях и помещениях для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В номинальной частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В.

Кабель КВВГЭ нг используется для прокладки в помещениях и кабельных сооружениях при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации и для обеспечения пожарной безопасности кабельных цепей при прокладке в пучках.

Диапазон температуры окружающей среды при эксплуатации равен от - 50°С, до +50°С.

Для подключения датчиков и исполнительных механизмов выбираем количество жил в кабеле 3, 27, 37 сечением 1 мм<sup>2</sup>

При соединении приборов с КСК и со шкафом управления, неиспользуемые жилы считать резервными.

Схема внешней проводки приведена в приложении Е.

## **2.7 Разработка алгоритмов управления**

В данной работе были разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм включения сигнализации (по показаниям газоанализаторов);
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

### **2.7.1 Алгоритм включения сигнализации**

Разработанный алгоритм включения сигнализации при достижении предупредительного и аварийного уровней загазованности представлен на рисунке 18, а также в приложении Д.

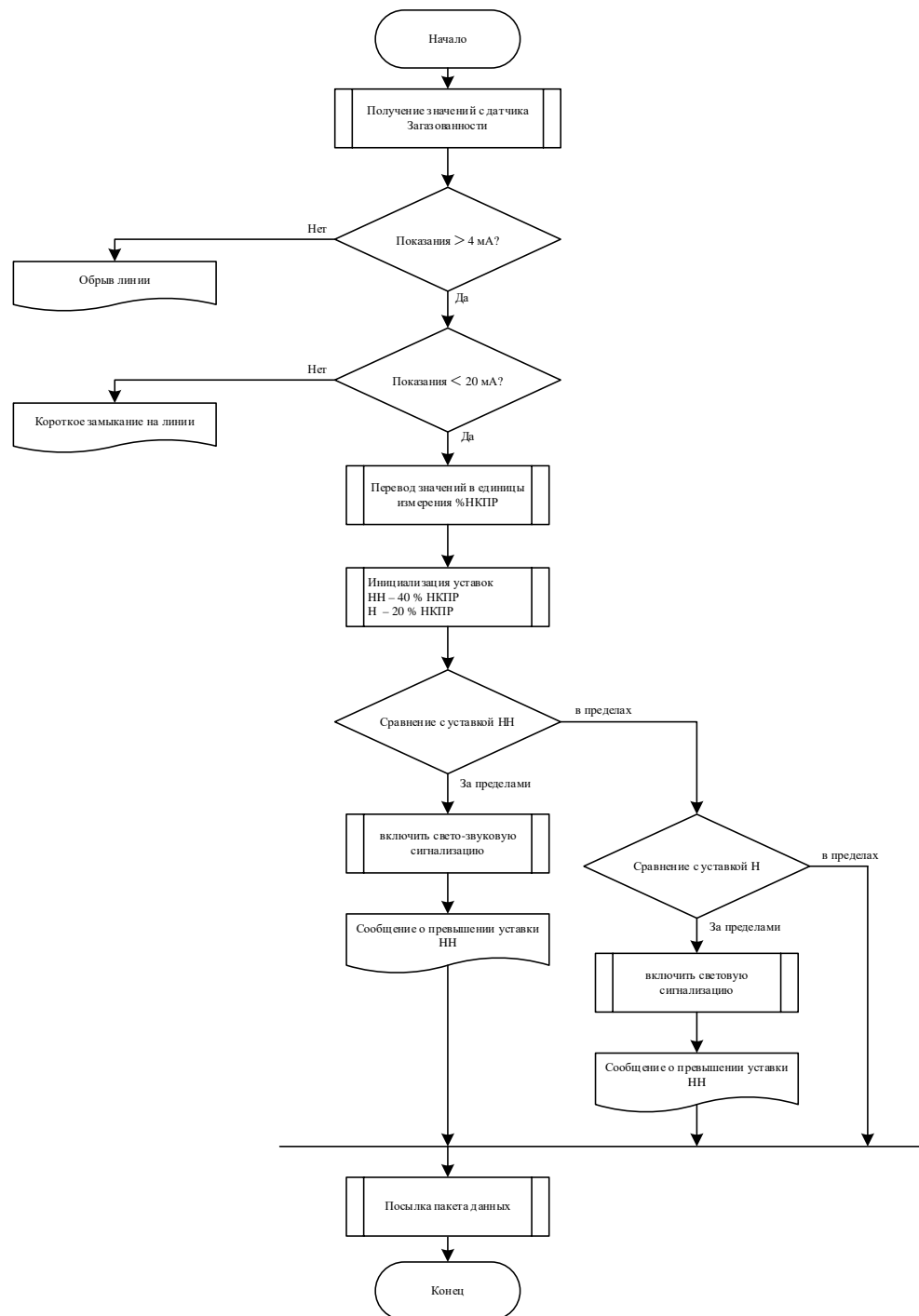


Рисунок 18 – Алгоритм включения сигнализации

Процедура получения значений с датчиков включает в себя следующие этапы: получение значений с датчиков, проверка на обрыв линии и короткое замыкание на линии, перевод полученных значений в инженерные единицы, инициализация уставок предупредительных и аварийных, сравнение аварийных и предупредительных уставок с процессом и посылку пакета данных.



### **2.7.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром**

В процессе перекачки нефтепродуктов необходимо поддерживать давление дизельного топлива в трубопроводе на выходе перекачивающей насосной станции, чтобы оно не выходило за установленные границы. Верхнее ограничение обусловлено условиями прочности трубопровода, нижнее – условиями кавитации насосных агрегатов.

Регулируемым параметром ТП выбрано давление ДТ в трубопроводе на выходе насоса.

В качестве алгоритма регулирования выберем алгоритм ПИД регулирования, который обеспечивает хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и низкую чувствительность к внешним воздействиям.

Объектом управления является участок трубопровода после клапана. Регулирующим органом выступает клапан, управляемый электроприводом, который в данной схеме разделен на частотный преобразователь, асинхронный двигатель и редуктор.

На панели оператора устанавливается давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. В ПЛК передается значение с датчика давления, затем происходит сравнение значений. Далее формируется выходной токовый сигнал, который подается на частотный преобразователь, на выходе которого формируется напряжение питания электропривода клапана. С помощью клапана с электроприводом электрическая энергия преобразуется в поступательное движение штока. Таким образом, давление в трубопроводе становится равным заданному давлению.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

*Передаточная функция частотного преобразователя*

Дифференциальное уравнение для частотного преобразователя выглядит следующим образом (1):

$$T_{\text{чн}} \frac{df}{dt} + f = k_{\text{чн}} \cdot I_3; \quad (1)$$

Частотный преобразователь представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления клапана.

Далее, для составления передаточной функции частотного преобразователя, необходимо рассчитать коэффициент передачи и постоянную времени.

Постоянная времени для данного типа преобразователей частоты принимается равной  $T_{\text{нч}} = 0,005 \text{ с}$ .

Коэффициент передачи частотного преобразователя может быть определён в статическом режиме как отношение частоты на выходе преобразователя, обеспечивающей номинальный режим работы двигателя, к задающему току с ПЛК на входе преобразователя (2). Так как управление происходит током (4 – 20) мА, а частота изменяется в диапазоне (0 – 50) Гц, номинальной частоте  $f_n = 50 \text{ Гц}$  будет соответствовать ток  $I_{3н} = 20 \text{ мА}$ .

$$k_{\text{чн}} = \frac{f_n}{I_{3н}} = \frac{50}{20} = 2,5; \quad (2)$$

Таким образом, можно записать передаточную функцию частотного преобразователя (3):

$$W_{\kappa}(s) = \frac{k_{\text{чн}}}{T_{\text{чн}} \cdot s + 1} = \frac{2,5}{0,005 \cdot s + 1} \quad (3)$$

*Передаточная функция асинхронного двигателя*

Дифференциальное уравнение для асинхронного двигателя выглядит следующим образом (4):

$$T_{\text{дс}} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{\text{дс}} \cdot f; \quad (4)$$

Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию в скорость вращения вала.

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

Постоянную времени примем равной  $T_{\partial\partial}=0,83\text{с}$ . Коэффициент передачи двигателя может быть определён как отношение номинальной угловой скорости вращения двигателя  $\omega_{\partial\partial n}$  к номинальной частоте питающей сети  $f_n$ . Будем считать, согласно документации на двигатель, что номинальная скорость равна 151 рад/сек, а номинальная частота электропитания 50 Гц.

$$k_{\partial\partial} = \frac{\omega_{\partial\partial}}{f_n} = 3,02 \quad (5)$$

Таким образом, можно записать передаточную функцию двигателя (6):

$$W_{\partial\partial}(s) = \frac{k_{\partial\partial}}{T_{\partial\partial} \cdot s + 1} = \frac{3,02}{0,83 \cdot s + 1}. \quad (6)$$

*Передаточная функция клапана*

Дифференциальное уравнение для клапана выглядит следующим образом (7):

$$\frac{dP_{\text{ex}}}{dt} = \lambda; \quad (7)$$

Клапан представляет собой интегрирующее звено, которое преобразует степень открытия  $\lambda$  клапана в давление на выходе.

Таким образом, можно записать передаточную функцию клапана (8):

$$W_{\kappa}(s) = \frac{1}{s}. \quad (8)$$

*Передаточная функция трубопровода*

Объектом управления является участок трубопровода после клапана. Передаточная функция объекта управления может быть описана апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием (9) [1]:

$$W_{mn}(s) = \frac{1}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot s}; \quad (9)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot f}{p}; \quad (10)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{P}; \quad (11)$$

$$c = \frac{P}{f} \cdot \sqrt{\frac{p}{2 \cdot \Delta p \cdot g}}; \quad (12)$$

$$f = \frac{\pi \cdot r^2}{2} = \frac{\pi \cdot d^2}{8}. \quad (13)$$

Где  $\rho$  – плотность жидкости;

$L$  – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

$d$  – диаметр трубы;

$f$  – площадь сечения трубы;

$\Delta p$  – перепад давления на трубопроводе;

$\tau_0$  – запаздывание;

$T$  – постоянная времени.

исходные данные для расчета передаточной функции объекта представлены в таблице 12.

Таблица 12 – исходные данные.

Плотность дизельного топлива	850 кг/м <sup>3</sup>
Длина трубопровода между датчиком и РО	5 м
Диаметр трубы	0,2 м
Объемный расход жидкости	200 м <sup>3</sup> /ч = 0,0556 м <sup>3</sup> /с
Перепад давления	0,4 МПа = 40788.64 кгс/м <sup>2</sup>
Оптимальная скорость ДТ трубопроводе	v = 0.4 м/с

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{8} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{8} = 0.0157; \quad (14)$$

$$c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{p}{2 \cdot \Delta p \cdot g}} = \frac{0.0556}{0.0157} \cdot \sqrt{\frac{850}{2 \cdot 40788 \cdot 9.8}} = 0.115; \quad (15)$$

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{Q} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 0.0157 \cdot 0.115^2}{0.0556} = 0.037; \quad (16)$$

$$\tau_0 = \frac{L \cdot f}{Q} = \frac{5 \cdot 0.0157}{0.0556} = 1.412; \quad (17)$$

$$W_{mn}(s) = \frac{1}{0.037 \cdot s + 1} \cdot e^{1.412 \cdot s}. \quad (18)$$

В связи с тем, что транспортное запаздывание незначительное, вследствие небольшой длины трубопровода им можно пренебречь.

Датчик давления согласно литературным источникам можно считать безынерционным звеном [1].

Редуктор можно считать безынерционным звеном. Коэффициент передачи для редуктора выберем равный 0,02, таким образом, за один оборот при номинальной скорости двигателя способен переводить клапан в полностью закрытое или открытое положение.

Далее смоделируем полученную систему в Simulink. Смоделированная система представлена на рисунке 19.

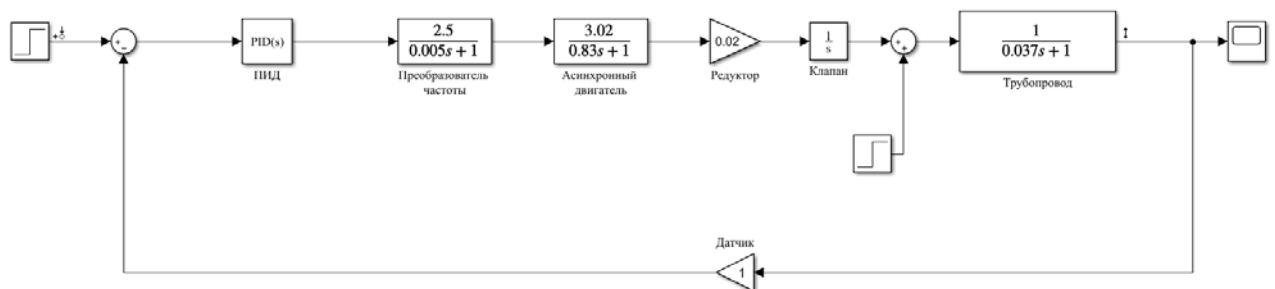


Рисунок 19 – Модель САР в Simulink

В качестве задающего воздействия было задано давление. Методом автоматической настройки определены коэффициенты ПИД-регулятора с помощью средств математического пакета Matlab. Результаты автоматического подбора коэффициентов были скорректированы вручную. В итоге были получены коэффициенты ПИДрегулятора, представленные на рисунке 20.

Controller Parameters	
	Tuned
P	24.0585
I	5.1842
D	12.1624

Рисунок 20 – Коэффициенты ПИД-регулятора.

Переходная характеристика, полученная в результате эксперимента, представлена на рисунке 21.

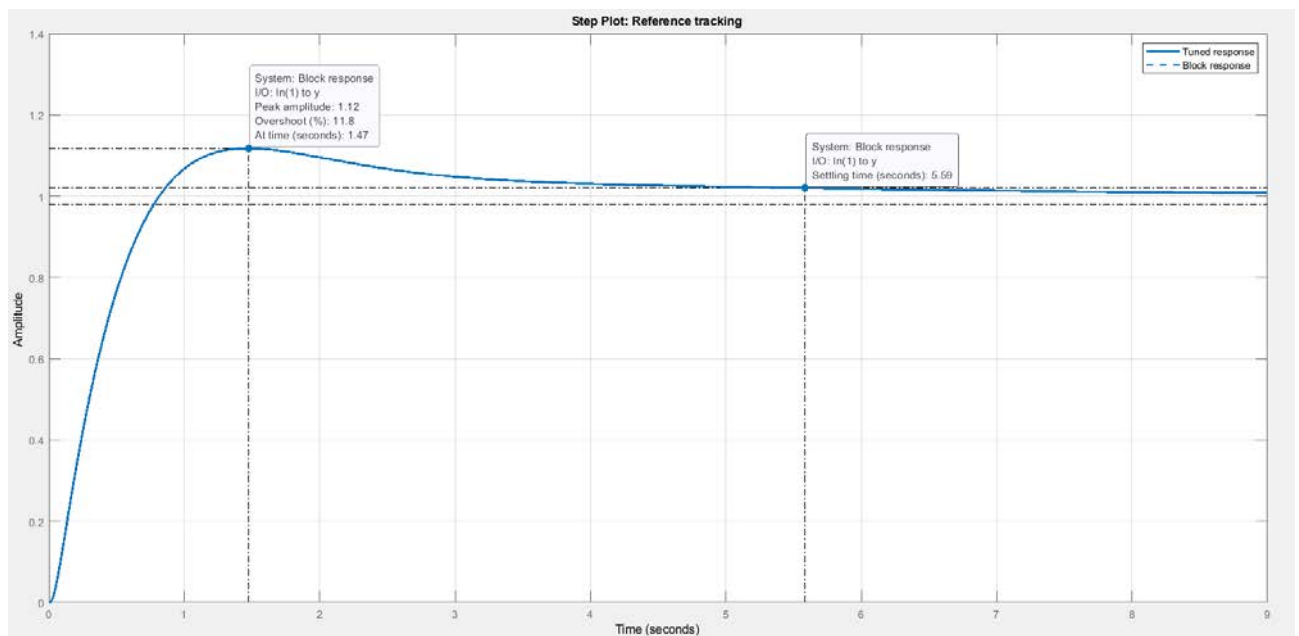


Рисунок 21 – График переходного процесса

Из данного графика видно, что перерегулирование составляет 11.8%. Время переходного процесса 5.59 с. Ошибка перерегулирования равна нулю.

Смоделируем систему с возмущающим воздействием, появляющимся на 20 секунде. Модель с возмущением представлена на рисунке 22.

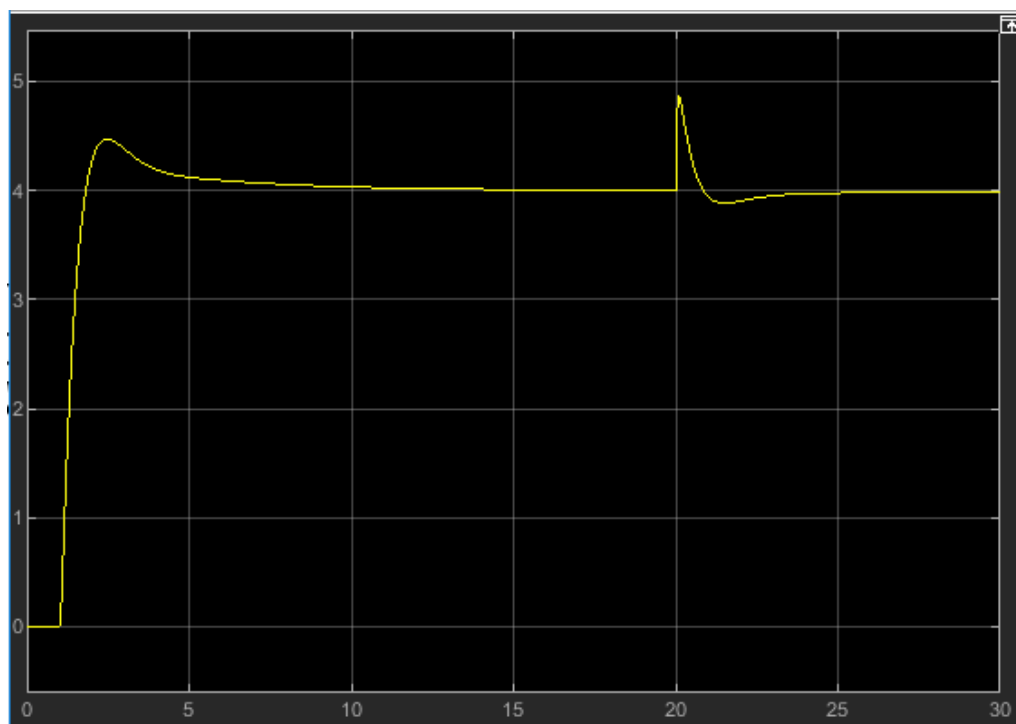


Рисунок 22 – Переходный процесс

Проанализировав рисунок 22, можно прийти к выводу, что система отрабатывает возмущение воздействие и возвращает значение давления в трубопроводе к уставке, следовательно, данную систему можно использовать в качестве системы стабилизации давления.

## 2.8 Экранные формы

Управления АС реализовано с использованием SCADA-системы SIMATIC WinCC V15.1.

SIMATIC WinCC V15.1 – это SCADA система на базе ПК для визуализации и управления процессами обеспечивает возможность работы с использованием OPC-технологии и предоставляет доступ к архивам WinCC через OPC, поэтому выбранная SCADA-система не ограничивает выбор приборов нижнего уровня.

SIMATIC WinCC V15.1 поддерживает языки международного стандарта IEC 61131-3 (визуальные и процедурные языки) снабженных средствами отладки

SIMATIC WinCC V15.1 информация о процессе сохраняется в виде архивов значений процесса WinCC во встроенной высокопроизводительной базе данных SQL.

### 2.8.1 Разработка экранной формы АС

Экранные формы – это фиксированная область экрана, зарезервированная для постоянного отображения объектов технологического процесса.

На главном экране постоянно отображается информация технологического процесса, системная диагностика, окна сообщений, индикаторы тревоги, а также область навигации по экранным формам.

Окна диагностики и сообщений на главном экране, всегда видны и не скрыты другими элементами экрана.

На мнемосхеме отображается следующая информация:

состояние исполнительных механизмов, значения технологических параметров давления, температуры, уровня.

Мнемосхема АС склада нефтепродуктов приведена на рисунке 23

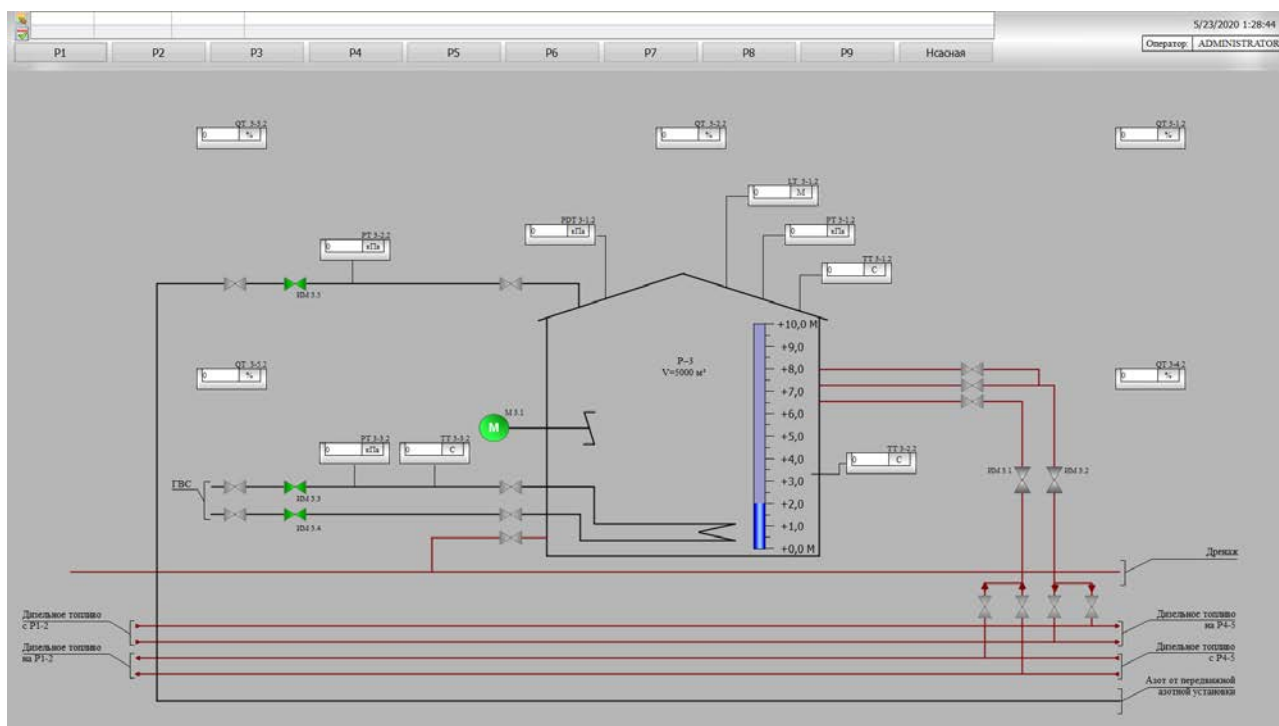

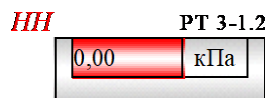
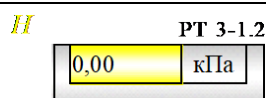
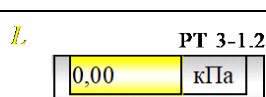
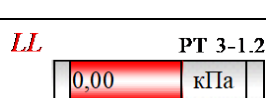
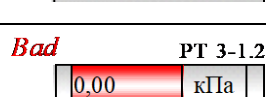
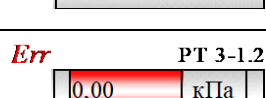


Рисунок 23 – Мнемосхема АС склада нефтепродуктов.






Для отображений значений технологических параметров (давление, температура, уровень т.д.) приняты обозначения, как показано в таблице 13.

Таблица 13 – Отображение значений технологических параметров.


Изображение	Описание
	Нормальный режим.
	Превышение предела верхней аварийной уставки.
	Превышение предела верхней предупредительной уставки.
	Превышение предела нижней предупредительной уставки.
	Превышение предела нижней аварийной уставки.
	Обрыв кабеля.
	Ошибка датчика или короткое замыкание на линии.

Для отображений состояний запорно-регулирующей арматуры принятые обозначения, приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Индикация состояния запорно-регулирующей арматуры

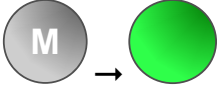

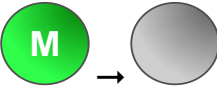


Изображение	Описание
	Ход на закрытие
	Закрыто
	Авария

Продолжение таблицы 14 – Индикация состояния запорно-регулирующей арматуры

Изображение	Описание
	Ход на открытие
	Открыто

Для отображения состояния двигателя размыва донных отложений принятые обозначения, приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Отображения состояния двигателя размыва донных отложений.

	Двигатель включается (при включении происходит смена картинки)
	Двигатель в работе
	Двигатель выключается (при включении происходит смена картинки)
	Двигатель отключен
	Авария/внешняя ошибка

## 4 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

### 4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – нефтеперерабатывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается АС управления складом нефтепродуктов.

В таблице 16 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 16 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	+	+	+	-
	Средняя	+	+	+	+
	Крупная	+	+	+	+

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

### 4.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 17.

Таблица 17 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Балы	Конкурентоспособность
-----------------	--------------	------	-----------------------

Продолжение таблицы 17 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Балы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП РП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компаний	Проект АСУ ТП РП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компаний
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,2	5	2	4	1	0,4	0,8
Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
Помехоустойчивость	0,04	2	3	2	0,08	0,12	0,08
Энергоэкономичность	0,08	5	4	2	0,4	0,32	0,16
Надежность	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Безопасность	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Потребность в ресурсах памяти	0,05	2	5	3	0,1	0,25	0,15
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,03	2	1	3	0,06	0,03	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	2	3	3	0,06	0,09	0,09
Цена	0,06	3	5	1	0,18	0,3	0,06
Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Послепродажное обслуживание	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Итого:	1	47	45	44	4,07	3,44	3,58

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая АС управления складом нефтепродуктов является наиболее

эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как меньшее увеличение производительности, более низкая устойчивость и надежность, высокая цена и низкий срок эксплуатации.

### 4.3 SWOT – анализ

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

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 18.

Таблица 18 – SWOT-анализ.

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие опытного руководителя. С3. Более низкая стоимость. С4. Актуальность разработки.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывод на рынок новой системы
<b>Возможности:</b> В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок	Большой потенциал применения обуславливается введением системы управления, мало распространенной на территории РФ и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов. Использование существующего программного обеспечения позволяет не тратить время и деньги на создание уникального ПО.	Санкции, наложенные на РФ, и высокий курс евро/доллара будут ограничивать появление новых иностранных технологий на российском рынке.
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему.	Новая система управления и актуальность разработки не сказываются на спросе Противодействие со стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя.	Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса.

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствия или несоответствия помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта.

Таблица 19 – Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей.

	Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	-	+	+
	В2	-	-	+	+
	В3	+	-	+	+

Таблица 20 – Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей.

	Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	-	-	-
	В2	-	-	-
	В3	-	-	-

Таблица 21 – Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз.

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

Таблица 22 – Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз.

	Сильные стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	+	-	+
	У3	+	-	+

## 5 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.1 Структура работ в рамках научного исследования

При разработке научно-технического проекта одним из важных этапов является его технико-экономическое обоснование. Оно позволяет выделить преимущества и недостатки разработки, внедрения и эксплуатации данного программного продукта в разрезе экономической эффективности, социальной значимости и других аспектах.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель и исполнитель (инженер). Руководитель формулирует цель проекта, предъявляемые к нему требования, осуществляет контроль над его практической реализацией для соответствия требованиям и участвует в стадии разработки документации и рабочих чертежей. Исполнитель непосредственно осуществляет разработку проекта.

Одной из основных целей планирования работ является определение общей продолжительности их проведения. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения определим события и составим таблицу 23.

Таблица 23 – Перечень работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Выбор оборудования	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка структурной схемы	НР, И	НР – 100% ИП – 70%
Разработка функциональной схемы	НР, И	НР – 100% И – 80%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Выбор оборудования	И	И – 100%

Продолжение таблицы 23 – Перечень работ и распределение исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

## 5.2 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  воспользуемся следующей формулой (19):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (19)$$

где  $t_{\min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{\max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ) ведется по формуле (20):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (20)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возьмем  $K_{ВН} = 1$ ;



$K_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, примем  $K_{\text{д}} = 1,1$ .

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле (21):

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot T_{\text{к}}, \quad (21)$$

где  $T_{\text{кд}}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{к}}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (22):

$$T_{\text{к}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} \quad (22)$$

где  $T_{\text{к}}$  – коэффициент календарности;

$T_{\text{кал}}$  – календарные дни ( $T_{\text{кал}} = 366$ );

$T_{\text{вд}}$  – выходные дни при пятидневной рабочей недели ( $T_{\text{вд}} = 104$ ) и при шестидневной рабочей недели ( $T_{\text{вд}} = 52$ );

$T_{\text{пд}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{пд}} = 14$ ).

$$T_{\text{к}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48; \quad (23)$$

$$T_{\text{к}} = \frac{366}{366 - 52 - 14} = 1,22; \quad (24)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{\text{ки}}$  округляются до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 24, на основании которой строится календарный план-график (таблица 25).

Таблица 24 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					ТРД		ТКД	
		tmin	tmax	тож	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	2	3	2,40	2,64	0,00	3,22	0,00
Разработка и утверждение технического задания	НР, И	2	3	2,40	2,64	0,26	3,22	0,39
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	4	5	4,40	1,45	4,84	1,77	7,16
Разработка календарного плана	НР, И	3	4	3,40	3,74	0,37	4,56	0,55
Обсуждение литературы	НР, И	3	4	3,40	1,12	3,74	1,37	5,54
Выбор оборудования	НР, И	8	12	9,60	10,56	7,39	12,88	10,94
Разработка структурной схемы	НР, И	7	10	8,20	9,02	7,22	11,00	10,68
Разработка функциональной схемы	И	8	15	10,80	0,00	11,88	0,00	17,58
Оформление пояснительной записки	И	6	9	7,20	0,00	7,92	0,00	11,72
Оформление графического материала	И	7	10	8,20	0,00	9,02	0,00	13,35
Подведение итогов	НР, И	4	6	4,80	3,17	5,28	3,86	7,81
Итого:				64,80	34,34	57,93	41,90	85,73

Таблица 25 - календарный план-график

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	3,22	0,00	■										
2	3,22	0,39	■										
3	1,77	7,16		■									
4	4,56	0,55		■									
5	1,37	5,54			■								
6	12,88	10,94			■								
7	11,00	10,68				■							
8	0,00	17,58					■						
9	0,00	11,72						■					
10	0,00	13,35							■				
11	3,86	7,81									■		

НР – ■ И – ■

На выполнение НИОКР для выпускной квалификационной работы было затрачено 92 рабочих дня. Был составлен календарный план-график проведения научного исследования, который включал в себя выполнение 11 этапов (видов работ), которые выполнялись в определённой последовательности. На каждом этапе руководитель и студент решали разносторонние задачи. Серым квадратом на графике показано, сколько времени был задействовано руководителем для выполнения работы, а черным цветом показано время, затраченное студентом (инженером). В процессе проведения работ возникали такие моменты, что для прохождения очередного этапа исследования и сокращения времени на выполнение НИОКР руководитель и студент параллельно решали поставленные перед ними задачи, что показано на графике серо-черными квадратами. Компетентность руководителя, наличие большой научно-технической базы, и образованность, целеустремлённость студента (инженера) позволили в назначенный срок выполнить работу и прийти к положительному результату.

### **5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

#### **5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ**

Данный элемент включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, включая расходы на их приобретение и при необходимости – доставку.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (25):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (25)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортно-заготовительные расходы примем 5% от стоимости материалов.

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 26.

Таблица 26 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Кол -во	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы
Профильная шина S7-1500, 245 мм	Шт.	1	983,49	983,49
Блок питания системы, PS 60W 120/230 В перем./постоянного тока	Шт.	1	14784,81	14784,81
IM 155-5 PN HF	Шт.	1	14091,28	14091,28
Устройство цифрового ввода, DI 32x24VDC HF	Шт.	1	9205,04	9205,04
Устройство цифрового вывода, DQ 32x24VDC/0.5A HF	Шт.	1	13082,51	13082,51
Устройство аналогового ввода, AI 8xU/R/RTD/TC HF	Шт.	2	27079,22	54158,44
Фронтальный соединительный модуль, пружинная клемма для модулей шириной 35 мм, 40-полюсный	Шт.	4	1084,30	4337,22
Профильная шина S7-1500, 160 мм	Шт.	1	589,59	589,59
Блок питания PM 70W, 120/230В AC, 24 В DC, 3 А	Шт.	1	3738,57	3738,57
CPU 1513-1 PN	Шт.	1	46182,84	46182,84
Карта памяти, 24 Мб	Шт.	1	8436,60	8436,60
SCALANCE XB004-2	Шт.	2	9073,33	18146,66
Rosemount 5408	Шт.	1	123546	123546,00
Rosemount 644	Шт.	3	27 450	82350,00

Продолжение таблицы 26 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы
Rosemount-3051	Шт.	4	43520	174080,00
Rosemount 2120	Шт.	1	38 075	38075,00
СГОЭС	Шт.	5	50 250	251250,00
WIKA 233.50.	Шт.	1	7842,58	7842,58
WIKA TM.73.01.	Шт.	1	4458	4458,00
AUMA MATIC SARExC 07.1	Шт.	5	69215	346075,00
SIMATIC WinCC сервер для Runtime Professional	Шт.	1	112541,11	112541,11
SIMATIC WinCC Professional 512 PowerTags V15	Шт.	1	71631,54	71631,54
SIMATIC WinCC Runtime Professional 512 PowerTags V15 (Package)	Шт.	1	99679,27	99679,27
SIMATIC WinCC клиент для Runtime Professional V15	Шт.	1	76980,03	76980,03
Итого мат.затрат				1576245,58
Транспортно- заготовительные расходы	%	5		78812,28
Всего				1655057,86

### 5.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Siemens. В таблице 27 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ. Данное ПО будет использоваться только в нашем проекте и не применимо к другим проектам.

Таблица 27 – Расчет бюджета затрат на приобретение ПО

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена за ед. в руб	Затраты на материалы, руб.
SIMATIC STEP 7 Professional V15.1 (пакет)	шт.	1	67715,68	67715,68
Итого:				67715,68

### 5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включаются основная заработная плата научного и инженерно-технического работника, непосредственно участвующих в выполнении работ. 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 50 % оклада.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ):

$$ЗП_{\text{дн}} = \frac{МО}{F_{\text{д}}}, \quad (26)$$

где МО – величина месячного оклада работника, руб.:

$F_{\text{д}}$  – количество в среднем рабочих дней равно:

- при пятидневной рабочей неделе:  $F_{\text{д}} = \frac{248}{12} = 20,6$  дн;
- при шестидневной рабочей неделе:  $F_{\text{д}} = \frac{300}{12} = 25$  дн;

Определим интегральный коэффициент:

- для пятидневной рабочей недели:  $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,62$ ;
- для шестидневной рабочей недели:  $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ .

Таблица 28 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	60000,00	2400,00	34	1,699	138638,4
И	45000,00	2 184,47	58	1,62	210320,78
Итого:					348959,18

### 5.3.4 Расчет затрат на единый социальный налог

Отчисления на единый социальный налог (ЕСН) – это обязательные отчисления по установленным законодательством Республики Узбекистан нормам органов государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина на единый социальный налог определяется исходя из следующей формулы (27):

$$C_{\text{соц.}} = k_{\text{соц.}} \cdot C_{\text{зп.}}, \quad (27)$$

где  $k_{\text{соц.}}$  – коэффициент отчислений на уплату ЕСН, который составляет 30% от полной заработной платы.

Таблица 29 – Отчисления ЕСН

Затраты на заработную плату	348959,18 руб.
Коэффициент отчислений ЕСН	0.30
Итого:	104 687,76 руб.

### 5.3.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (28):

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot \Pi_{\text{э}}, \quad (28)$$

где  $P_{\text{об.}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;



Цэ – тариф на 1 кВт·час (тариф для предприятий 6,59 руб./кВт·час (с НДС));

$t_{об}$  – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования определяется исходя из следующей формулы (29):

$$t_{об.} = T_{рД} \cdot K_t, \quad (29)$$

где  $T_{рД}$  – берем из таблицы 10 для инженера ( $T_{рД} = 58$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов, получим  $T_{рД} = 464ч.$ ;

$K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{рД}$ , возьмем равным 0,8.

Таблица 30 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность РОБ, кВт	Затраты ЭОБ, руб.
Персональный компьютер	464*0,8	0,8	1956,97
Струйный принтер	8	0,1	5,28
Итого:			1962,25

### 5.3.6 Расчет амортизационных расходов

В данной статье рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Величина амортизации определяется исходя из следующей формулы (30):

$$C_{ам} = \frac{H_A \cdot Ц_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (30)$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования; исходя из рамочных значений сроков амортизации (полезного использования) для ПК

2 ÷ 3 года, возьмем  $CA=2,5$  года и определим  $N_A$  как величину обратную  $CA$ , для ПК  $1/2,5 = 0,4$  и принтера  $N_A = 0,5$ ;

$Ц_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{pf}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для ПК (248 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять  $F_d = 248 * 8 = 1984$  часа. Для принтера возьмем  $F_d = 500$ .

Рассчитаем амортизационные расходы для ПК стоимостью 133662,27 руб., время использования 464 часов:

$$C_{AM\_ПК} = \frac{0,4 \cdot 133662,27 \cdot 77 \cdot 464 \cdot 1}{1984} = 12503,94 \text{ руб.}$$

Рассчитаем амортизационные расходы для принтера стоимостью 12000 руб., его  $F_d = 500$  час.;  $t_{pf} = 72$  час.

$$C_{AM\_ПР} = \frac{0,5 \cdot 12\,000 \cdot 8 \cdot 1}{500} = 96 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации:

$$C_{AM} = C_{AM\_ПК} + C_{AM\_ПР} = 12599,94 \text{ руб.}$$

### 5.3.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях. Их величина определяется по следующей формуле (31):

$$C_{\text{проч.}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (31)$$

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

Величину коэффициента прочих расходов примем в размере 10%.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1$$

$$C_{\text{проч.}} = (1722773,54 + 348959,18 + 104687,76 + 1962,25 + 12599,94) \cdot 0,1 = 219098,27 \text{ руб.}$$

### 5.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком, защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 31.

Таблица 31 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и спец.оборудование	Смат	1722773,54
Основная заработная плата	Сзп	348959,18
Отчисления в социальные фонды	Ссоц	104687,76
Расходы на электроэнергию	Сэл.	1962,25
Амортизационные отчисления	Сам	12599,94
Прочие расходы	Спроч	219098,27
Итого:		2410080,94

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не можем раскрывать точные данные приема прибыли в размере 20% от расходов на разработку проекта. В нашем случае это 482016,19 руб.

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(2410080,94 + 482016,19) \cdot 0,2 = 578419,43$  руб.

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$Ц_{\text{НИР}} = 2410080,94 + 482016,19 + 578419,43 = 3470516,56 \text{ руб.}$$

#### **5.4 Оценка экономической эффективности проекта**

Автоматизация системы управления складом нефтепродуктов позволит добиться экономического эффекта за счет снижения затрат предприятия на содержание и эксплуатацию оборудования. Оптимизация производства посредством автоматизации внутренних процессов, не требует расходов на смену технологий, но при этом повышает производительность всех процессов, которые участвуют в производстве.

Автоматизация системы управления складом нефтепродуктов позволяет улучшить технические характеристики объекта управления: производительность, простота эксплуатации, помехоустойчивость, надежность, безопасность.

При оптимизации автоматизацией происходит снижение объема трудозатрат за счет сокращения персонала или перевода его на новый фронт работы.

Автоматизация системы управления складом нефтепродуктов повысит надежность и безопасность производства, что положительно скажется на экономической составляющей, так как на данных объектах аварии различного рода приводят к крупным материальным затратам.

## **5 Социальная ответственность**

В данном разделе ВКР рассматриваются вопросы обнаружения и анализа вредных и опасных факторов труда на рабочем месте оператора автоматизированной системы управления складом нефтепродуктов, минимизация негативных последствий проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций

В ВКР рассматривается автоматизация системы управления складом нефтепродуктов. В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является склад нефтепродуктов, куда непосредственно проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

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

Трудовые отношения между работником и работодателем регулируются Трудовым кодексом Российской Федерации.

График работы персонала должен соответствовать Главе 16 Трудового кодекса [34], регламентирующей режим рабочего времени.

Технологический процесс, протекающий на складе нефтепродуктов является непрерывным. В связи с этим наиболее подходящим является сменный режим рабочего времени.

Безопасность труда работника регламентируется «Системой стандартов безопасности труда» (ССБТ) [23].

Неотъемлемой частью подготовки к работе и проверки знаний персонала является медицинский осмотр, производственное обучение и система инструктажей, которая включает в себя вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи.

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

Находясь на территории производственной площадки, в производственных и бытовых помещениях, на участках работ и рабочих местах, работники, а также представители других организаций обязаны выполнять правила внутреннего трудового распорядка, принятые в данной организации. Территориально обособленные помещения, площадки, участки работ, рабочие места должны быть обеспечены телефонной связью или радиосвязью.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны регламентируются следующими нормативными документами

- РД-13.100.00-КТН-306-09 «Система организации работ по промышленной безопасности на нефтепроводном транспорте»
- РД-13.100.00-КТН-225-06 «Система организации работ по охране труда на нефтепроводном транспорте»;
- РД-153-39.4-056-00 «Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов».

## **5.3 Производственная безопасность**

### **5.3.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов**

От условий труда в большой степени зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду. Опасным считается производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к травме.

Вредным считается производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеванию.

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация» [16]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 32.

Таблица 32 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Изготовление	Эксплуатация	
1.Превышение уровня вибрации	+	+	<b>Вибрация</b> – ГОСТ 31192.2-2005 [26] <b>Шумы</b> – СП 51.13330.2011 [27] <b>Электромагнитное излучение</b> – СанПиН 2.2.4.1191-03 [28] <b>Электробезопасность</b> – ГОСТ Р 12.1.019-2009 [29]
2.Превышение уровня шума	+	+	
3.Повышенное значение электромагнитного излучения	+	+	
4.Электроопасность	+	+	

### **5.3.2 Анализ вредных факторов**

#### **5.3.2.1 Повышенный уровень шума**

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервнопсихическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда.

Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА[27].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011 [27]. Согласно данному документу при выполнении основной работы на персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 60 дБА.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц.



Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 33.

Таблица 33 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	125	250	1000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	52	60

Для снижения уровня шума применяют: подавление шума в источниках; звукоизоляция и звукопоглощение; увеличение расстояния от источника шума; рациональный режим труда и отдыха;

### 5.3.2.2 Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [26].

Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к серьезным последствиям под названием «вибрационная болезнь». Это профессиональная патология, которая возникает в результате длительного влияния на организм человека производственной вибрации, превышающей предельно допустимый уровень (ПДУ). Болеют, как правило, мужчины среднего возраста.

Вибрация может действовать как локально (например, на рабочие руки), так и на весь организм. Но в любом случае она способна к распространению, отражаясь на нервной и опорно-двигательной системе. Гасится вибрация благодаря эластическим свойствам мышц, связок, хрящей.

Кроме того, от длительной вибрации страдает сердечнососудистая система и особенно - микроциркуляторное русло (мелкие сосуды, в которых идет непосредственная отдача кровью кислорода и утилизация из тканей углекислого газа).

При общей вибрации часто поражается орган равновесия (вестибулярный аппарат), что сопровождается головокружением, шаткой, неустойчивой походкой, таких людей часто беспокоит тошнота, иногда двоится в глазах. Труднее переносятся поездки в транспорте, особенно в поездах

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота  $f$ , Гц;
- амплитуда колебаний  $d$ , мм.

Таблица 34 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц			
	2	4	8	50
Технологическая	108	99	93	92

Основными источниками вибрации в цехе пиролиза нефти являются работающие задвижки, электроприводы, насосные агрегаты.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы. Средства индивидуальной защиты не требуются, так как вибрация не значительная.

### 5.3.2.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.

На производстве имеется множество источников электромагнитных полей (высоко- и низковольтные кабели, шины, трансформаторы тока и напряжения, распределительные шкафы, шкафы управления, а также насосные агрегаты, работающие от сети переменного тока).

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 35 [28].

Таблица 35 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м]/В [мкТл] при воздействии	
	Общем	Локальном
<=1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/100

После внедрения автоматизированного комплекса, уровень магнитного поля не превышает 200 А/м, а время пребывания обслуживающего персонала не более 2 часов в смену. Трансформаторы (активная часть) – помещены в

металлический маслonaполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

Уровень влияния магнитного поля незначителен, следовательно, дополнительных средств защиты от магнитного излучения не требуется.

### **5.3.3 Анализ опасных факторов**

#### **5.3.3.1 Опасность поражения электрическим током**

Различные электрические установки, к которым относятся персональные компьютеры и измерительная аппаратура, несут для человека высокую потенциальную опасность электропоражения. Во время использования или при проведении профилактических работ возможно поражение током, при соприкосновении с нетоковедущими частями, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПК), либо при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением. Также имеется опасность короткого замыкания в высоковольтных блоках ПК (блоке питания и блоке дисплейной развертки). В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Согласно классификации помещений по электробезопасности выпускная квалификационная работа проводилась в помещении без повышенной опасности, характеризующемся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия.

Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и наладки шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников.

Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануление) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита, распределительного пункта к розеткам питания.

Использование нулевого рабочего проводника как нулевого защитного проводника запрещается, а также не допускается подключение этих проводников на щите к одному контактному зажиму.

Площадь перерезу нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть не меньше площади перерезу фазового проводника. Все проводники должны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПОЭ.

При проектировании автоматизированной системы добавилось большое количество электроприборов, таких как датчики, исполнительные механизмы с электроприводами.

Данное оборудование работает от постоянного тока, с напряжением 24 В, относительная влажность воздуха 50 %, средняя температура около 24°C.

Для указанных электроприборов никаких дополнительных средств электрозащиты не требуется, т. к. при низковольтном напряжении 24 В, вероятность поражения током маловероятна.

Контроллерное оборудование, исполнительные нагревательные элементы работают от сети переменного напряжения 220 В и частотой 50 Гц. Данное оборудование подключено через распределительный шкаф. Эти виды оборудования являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При осмотре, работе, наладке этого оборудования возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа, поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение» [29].

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, в связи с этим установлены защитное отключение, защитное заземление и зануление.

#### **5.4 Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации автоматизированной системы управления складом нефтепродуктов, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду ГН 2.1.6.695-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) [30]. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу». В процессе хранения нефтепродуктов, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду.

Воздействие на селитебные зоны не распространяется в связи удаленностью данного предприятия от жилой зоны.

Воздействие на атмосферу незначительное, т. к. системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты и резервуары оснащены защитными фильтрами.

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов в емкость подземную дренажную объемом 100 м<sup>3</sup>. После заполнения емкости жидкость проверяется на наличие механических примесей и воды. При отсутствии примесей, дизельное топливо откачивается погружным насосом на вход резервуаров Р-1...Р-9. Если примеси

присутствуют, жидкость направляется на полигон месторождения, для утилизации с помощью инсинератора

Конечная цель любой операции по ликвидации разлива состоит в том, чтобы собрать максимальное экономически целесообразное количество разлитых нефтепродуктов. В рамках такой операции по ликвидации разлива функций сбора и насосной перекачки нефтепродуктов часто выполняются скиммером.

Скиммеры представляют собой устройства, предназначенные для сбора с верхнего слоя жидкости, в зависимости от вида скиммерного устройства, его конструктивного решения, типа, места установки, с последующей фильтрацией жидкости, с целью извлечения из неё таких загрязняющих веществ, как грязь, мусор, мазут, нефть или нефтепродукты. Промышленные скиммеры, например, удаляют нефть и её продукты из сточных вод или оборотной воды на производстве, удаляют из технической воды, хранящейся в резервуарах, остатки смазочного вещества (масла) и мазута, очищая её перед применением. Применение скиммеров в промышленности снижает финансовые затраты и потери, выраженные во времени, которое тратится на очистку воды. Скиммер считается, пожалуй, самым востребованным компонентом систем, которыми оснащаются бассейны

Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископаемых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации.

## **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.5.1 Пожарная безопасность**

Возникшее пламя при пожаре можно потушить одним из следующих способов:

- удаление горючих материалов;
- прекращение доступа кислорода;
- охлаждение горящего вещества ниже его температуры воспламенения;

Система автоматического тушения пожаров (АПТ) предназначена для автоматического обнаружения очага пожара в защищаемых сооружениях с включением пожарной сигнализации и подачи пены к очагу пожара.

К основным причинам пожаров на нефтегазодобывающих заводах можно отнести следующие:

- переполнение при наливке резервуара, что приводит к предельной концентрации взрывоопасной смеси под верхней крышей резервуара;
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- нагрев резервуаров в летний период, особенно в районах с жарким климатом;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории нефтебаз (курение и т. п.).

Пожарная безопасность резервуаров и резервуарных парков в соответствии с требованиями [31] должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения разлива и растекания нефтепродуктов;
- предотвращения образования на территории резервуарных парков горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефтепродуктов из резервуаров, оборудования, трубопроводов;



- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего резервуарный парк, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

В качестве основного средства тушения пожара нефти и нефтепродуктов принят 6% раствор пенообразователя. Инертность систем АПТ (с момента возникновения пожара до поступления пены) должна быть не более 3 мин.

Расчётное время тушения пожара пенным раствором принято в соответствии с ВНПБ 01-01-01 и составляет 15 минут. Продолжительность водотушения (охлаждение горящих резервуаров) составляет 4 часа по СНиП 2.11.03-93 [32].

После внедрения автоматизированной системы управления добавилось электрооборудование, которое потенциально повышает вероятность воспламенения. В связи с этим все датчики были подобраны со взрывобезопасным исполнением, дополнительно были заказаны искробезопасные цепи. Дополнительных первичных средств пожаротушения не требуется.

## **5.6 Взрывоопасность**

Взрывоопасными являются трубопроводы в которых происходит замер показателей качества дизельного топлива, места соединений с исполнительными механизмами.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, вмонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность [33].

В резервуары организована подача инертного газа (азота) от передвижной азотной установки для предотвращения образования взрывоопасной

концентрации паровоздушной смеси (ПВС) и поддержания концентрации ниже минимальной взрывоопасной концентрации кислорода (МВСК). Подача азота осуществляется после раскочки резервуара до минимального уровня ДТ - 0,5 м и вывода из эксплуатации до следующего цикла заполнения (следующего года работы). Азот в РВС подается от передвижной азотовырабатывающей установки через специальные подключения по стационарным трубопроводам с давлением 0,2 МПа. Азот вводится на относительную отметку +1,0 м от дна РВС для снижения концентрации кислорода в ПВС. При заполнении резервуара азотом контролируется МВСК в ПВС, с помощью периодического отбора проб (с периодичностью раз в час) через замерной люк РВС в пробоотборник и их исследования при помощи переносного газоанализатора либо в лаборатории. Заполнение РВС азотом производится до снижения концентрации кислорода в ПВС в верхней части РВС менее чем МВСК.

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

## **5.7 Вывод по разделу социальная ответственность**

В данной главе выпускной квалификационной работы были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека, а также нормативные документы, регулирующие их воздействие на человека.

Были описаны обоснованные мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов, влияние технологического процесса на экологическую безопасность. Также было выяснено, что возможными чрезвычайными ситуациями на объекте являются возникновение пожара и взрыв, поэтому предусмотрен ряд мероприятий для предотвращения возникновения указанных ЧС.

## **Заключение**

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система автоматизированного управления резервуарным парком, входящим в состав склада нефтепродуктов. Также были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов, и схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА. Система автоматизации была спроектирована на базе полевых устройств фирм WIKA, Rosemount, Метран, промышленных контроллеров Siemens SIMATIC S7 1500 и программного SCADA-пакета Simatic WinCC Professional V15.1.

Были разработаны алгоритмы включения сигнализации и автоматического регулирования давления (с использованием ПИД-регулятора).

В заключительной части проектирования АС была разработана экранная форма технологического процесса.

Также было выполнено технико-экономическое обоснование проекта, рассмотрены вопросы безопасности труда и производственной санитарии, определена надежность проектируемой системы.

Таким образом, спроектированная САУ удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную систему в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации объекта требованиями.

## **Conclusion**

As a result of the final qualification work, a system was developed for the automated management of the tank farm, which is part of the oil product warehouse. Also, a structural and functional automation scheme was developed to determine the composition of the necessary equipment and the number of data and signal transmission channels, and an external wiring diagram to understand the system for transmitting signals from field devices to the instrumentation and control panel. The automation system was designed on the basis of field devices by WIKA, Rosemount, Metran, Siemens SIMATIC S7 1500 industrial controllers and the Simatic WinCC Professional V15.1 SCADA software package.

Algorithms for turning on the alarm and automatic pressure control (using a PID controller) have been developed.

In the final part of the speaker design, a screen form of the technological process was developed.

A feasibility study was also carried out for the project, labor safety and industrial sanitation issues were considered, and the reliability of the designed system was determined.

Thus, the designed self-propelled guns meets the current requirements for the automation system, has high flexibility, allowing you to change and upgrade the developed system in accordance with increasing requirements throughout the life of the facility.

### Список использованных источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995. — 44 с.
3. А.С. Ключев, Б.В. Глазков, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев. Проектирование система автоматизации технологических процессов: справочное пособие. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 464с.
4. Каталог продукции фирмы Allen-Bradley. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.elec.ru/brands/allen-bradley/catalogue/>, свободный. — Загл. с экрана. — Язык русс. Дата обращения: 11.04.2020 г.
5. Каталог продукции фирмы SIEMENS AG. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.siemens-ru.com/taxonomy/term>, свободный. — Загл. с экрана. — Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
6. Каталог продукции фирмы Scheider Electric. Контроллеры. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.se.com/ru/ru/product-subcategory/3950-ПЛК/>, свободный. — Загл. с экрана. — Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
7. Каталог продукции фирмы Rosemount. Датчики Метран 150. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru> свободный. — Загл. с экрана. — Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020г.
8. Каталог продукции фирмы Rosemount. Датчики Rosemount. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-sku-3051-dp-flow-transmitter-ru-ru> свободный. — Загл. с экрана. — Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
9. Каталог продукции фирмы JUMO. Датчики давления. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jumo.ru/catalog/davlenie-27/> свободный. — Загл. с экрана. — Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.

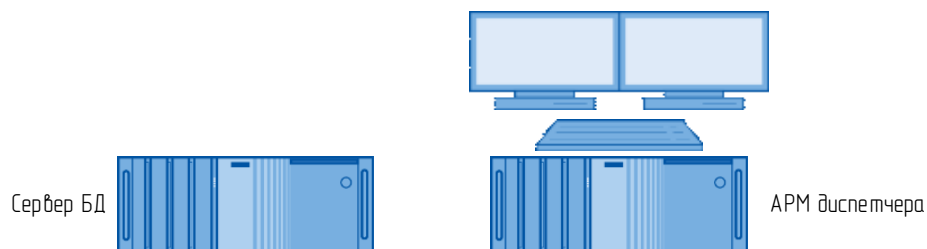
10. Каталог продукции фирмы JUMO. Датчики температуры. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jumo.ru/catalog/termometry-36/> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
11. Каталог продукции фирмы Rosemount. Датчики температуры. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/temperature-measurement/about-temperature-sensors> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
12. Каталог продукции фирмы SIEMENS AG. Датчики. [Электронный ресурс]. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Products/3000002?tree=CatalogTree> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020г.
13. Каталог продукции фирмы VEGA. Измерения уровня радарные уровнемеры. [Электронный ресурс]. URL: <https://vega-rus.ru/products/radars/> свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 14.04.2020 г.
14. Каталог продукции фирмы Endress+Hauser. Датчики. [Электронный ресурс]. URL: <https://endress.pro-solution.ru/?yclid=2624064709515840386#catalog>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 12.04.2020 г.
15. Каталог продукции фирмы AUMA. Электропривод. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.global-industry.ru/partners/auma?yclid=2624413884192153002>, свободный. – Загл. с экрана. – Язык русс. Дата обращения: 14.04.2020 г.
16. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». - Москва: Изд-во стандартов, 1974, 5 с.
17. ГОСТ 2.701-2008 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».
18. ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов».
19. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
20. ТЕПЛОПРИБОР [Электронный ресурс] //URL: теплоприбор.рф.

21. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. Официальное издание, М.: Нефть и газ, 1999.
22. Группа приборостроительных компаний Энергия-Источник и ИТеК ББМВ [Электронный ресурс] //URL: <http://www.eni-bbm.ru>.
23. ГОСТ Р 12.0.001-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения.
24. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные факторы.
25. Классификация.
26. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека.
27. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
28. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях.
29. ГОСТ Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность.
30. ГН 2.1.6.695-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК)
31. СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы».
32. СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов.
33. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность.
34. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
35. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
36. ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования.

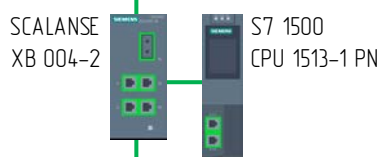
**Приложение А**  
**(Обязательное)**  
**Структурная схема**



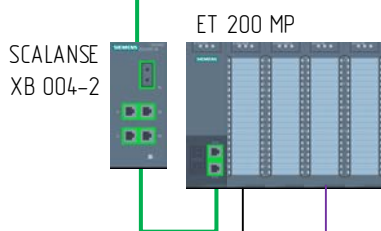
Верхний уровень



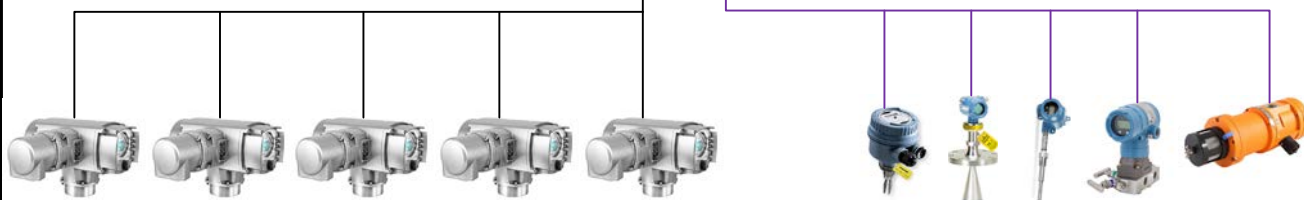
Средний уровень



PROFINET



Нижний уровень (полевой)



■ Промышленный Ethernet  
■ 4...20 мА/HART  
■ DI/DO

ФЮРА. 425280. 001 ЭС 03

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал		Палванов Б.Р.			26.05.20
Проверил		Суханов А.В.			26.05.20
ГИП					26.05.20
Н.контр.					26.05.20

Структурная схема

Стадия	Лист	Листов
У		1
ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т52 105		

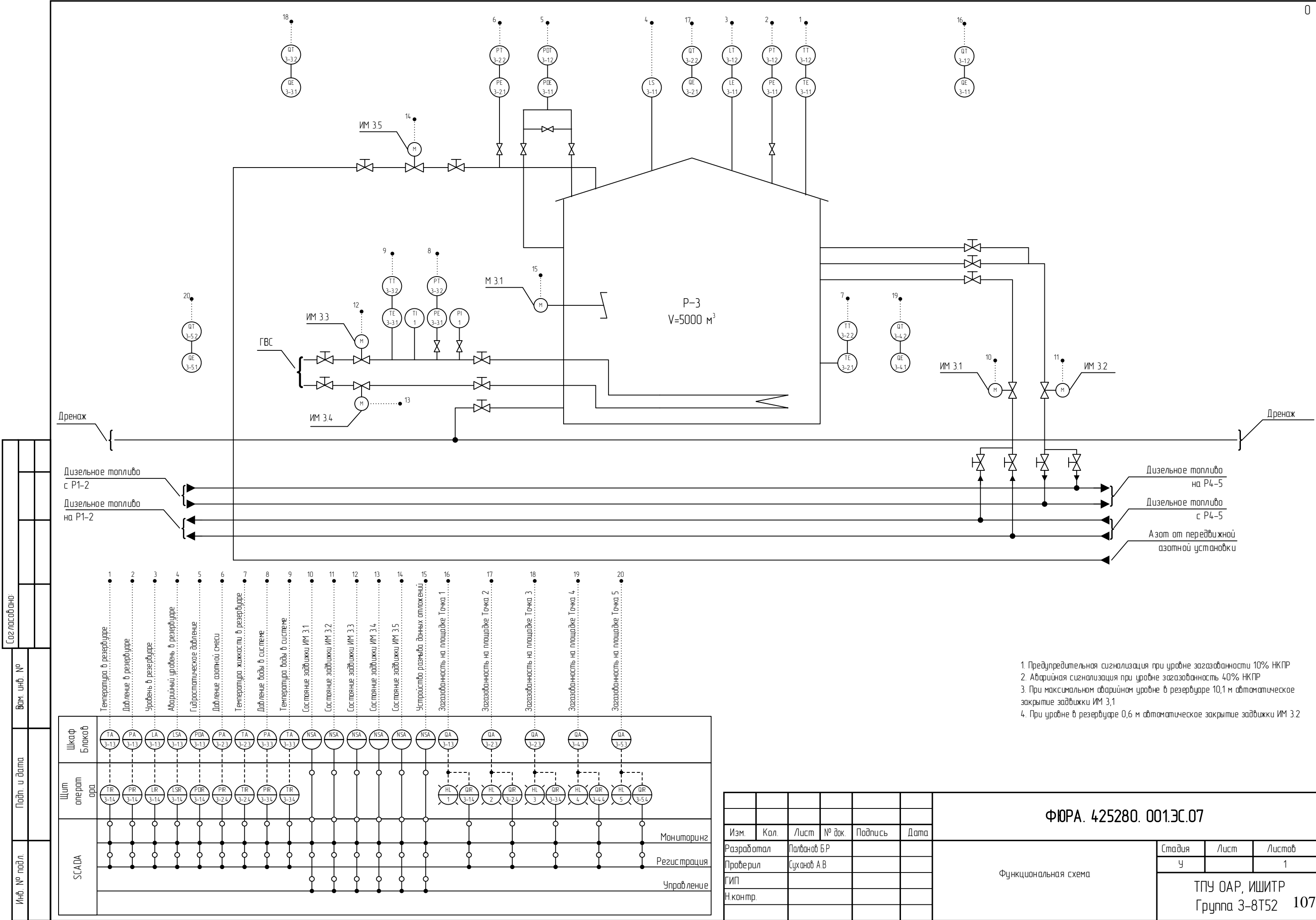
Согласовано:

Вам. инв. №

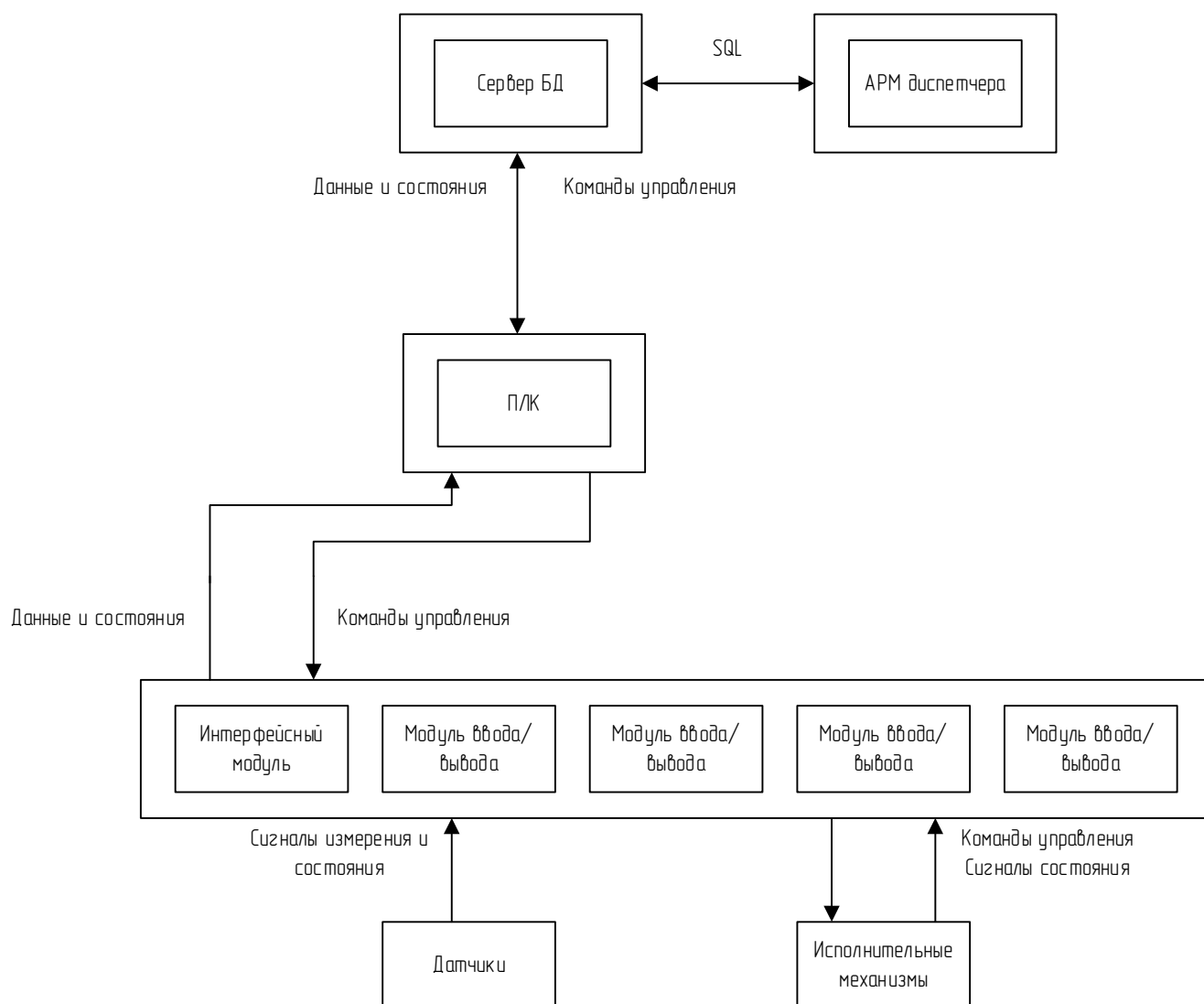
Подп. и дата

Инв. № подл.

**Приложение Б**  
**(Обязательное)**  
**Функциональная схема**



**Приложение В**  
**(Обязательно)**  
**Схема информационных потоков**



Согласовано:

Вам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА. 425280. 001 ЭС 03

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал		Палванов Б.Р.			
Проверил		Суханов А.В.			
ГИП					
Н.контр.					

Схема информационных потоков

Стадия	Лист	Листов
У		1
ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т52 109		

## **Приложение Г**

**(Обязательное)**

### **Перечень входных / выходных сигналов**

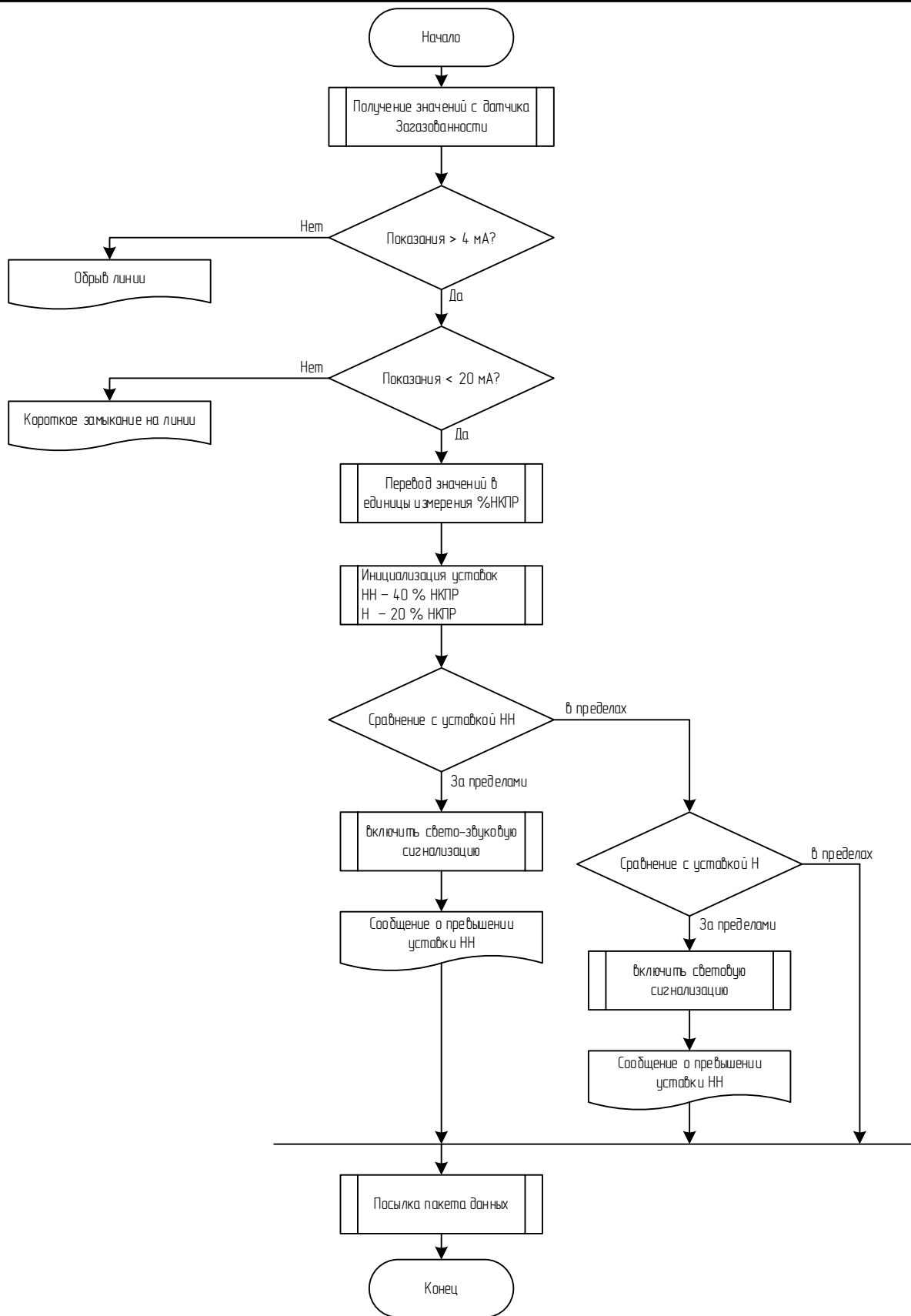
Наименование сигнала							Идентификатор сигнала	Тип сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Технологические уставки				0
											Предупредительные		Аварийные		
											min	max	min	max	
Температура в резервуаре							TEMP_R3_1	AI	-40...+35	°C	+	+	+	+	
Температура жидкости в резервуаре							TEMP_R3_2	AI	-40...+35	°C	+	+	+	+	
Температура воды ГВСС							TEMP_R3_3	AI	-40...+100	°C	+	+	+	+	
Давление в резервуаре							PRS_R3_1	AI	0.2	кПа	-	+	-	+	
Давление азотной смеси							PRS_R3_2	AI	0.2	кПа	-	+	-	+	
Давление воды в системе ГВСС							PRS_R3_3	AI	0.4	кПа	+	+	+	+	
Гидростатическое давление							PDT_R3_1	AI	0.16	кПа	-	-	-	-	
Уровень в резервуаре							LVL_R3_1	AI	0.10.2	М	-	+	-	+	
Сигнализация о превышении предельного уровня в резервуаре							LVL_R3_2_ALRM_HH	AI			-	-	-	+	
Загазованность на площадке резервуара точка 1							QUA_R3_1	AI	0.100	%	-	+	-	+	
Загазованность на площадке резервуара точка 2							QUA_R3_2	AI	0.100	%	-	+	-	+	
Загазованность на площадке резервуара точка 3							QUA_R3_3	AI	0.100	%	-	+	-	+	
Загазованность на площадке резервуара точка 4							QUA_R3_4	AI	0.100	%	-	+	-	+	
Загазованность на площадке резервуара точка 5							QUA_R3_5	AI	0.100	%	-	+	-	+	
ИМ 3.1 Открыть							IM_R3_1_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.1 Закрыть							IM_R3_1_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.1 Стоп							IM_R3_1_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.1 Открыто							IM_R3_1_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.1 Закрыто							IM_R3_1_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.1 Остановлено							IM_R3_1_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.1 Авария							IM_R3_1_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.2 Открыть							IM_R3_2_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.2 Закрыть							IM_R3_2_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.2 Стоп							IM_R3_2_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.2 Открыто							IM_R3_2_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.2 Закрыто							IM_R3_2_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.2 Остановлено							IM_R3_2_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.2 Авария							IM_R3_2_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.3 Открыть							IM_R3_3_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.3 Закрыть							IM_R3_3_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.3 Стоп							IM_R3_3_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.3 Открыто							IM_R3_3_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.3 Закрыто							IM_R3_3_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.3 Остановлено							IM_R3_3_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.3 Авария							IM_R3_3_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.4 Открыть							IM_R3_4_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.4 Закрыть							IM_R3_4_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.4 Стоп							IM_R3_4_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.4 Открыто							IM_R3_4_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.4 Закрыто							IM_R3_4_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.4 Остановлено							IM_R3_4_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.4 Авария							IM_R3_4_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 Открыть							IM_R3_5_OPN	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 Закрыть							IM_R3_5_CLS	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 Стоп							IM_R3_5_STP	DO	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 Открыто							IM_R3_5_POPN	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 Закрыто							IM_R3_5_PCLS	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 Остановлено							IM_R3_5_STPD	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 Авария							IM_R3_5_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 STT_R3_RZMV_STR							IM_R3_5_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	
ИМ 3.5 STT_R3_RZMV_STP							IM_R3_5_ALRM	DI	-	-	-	-	-	-	

## **Приложение Д**

**(Обязательное)**

### **Блок схема алгоритма включения сигнализации**





Согласовано:

Вам инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.425280.001.3С.15

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

Разработал	Палванов Б.Р.		
Проверил	Суханов А.В.		
ГИП			
Н.контр.			
Утвердил			

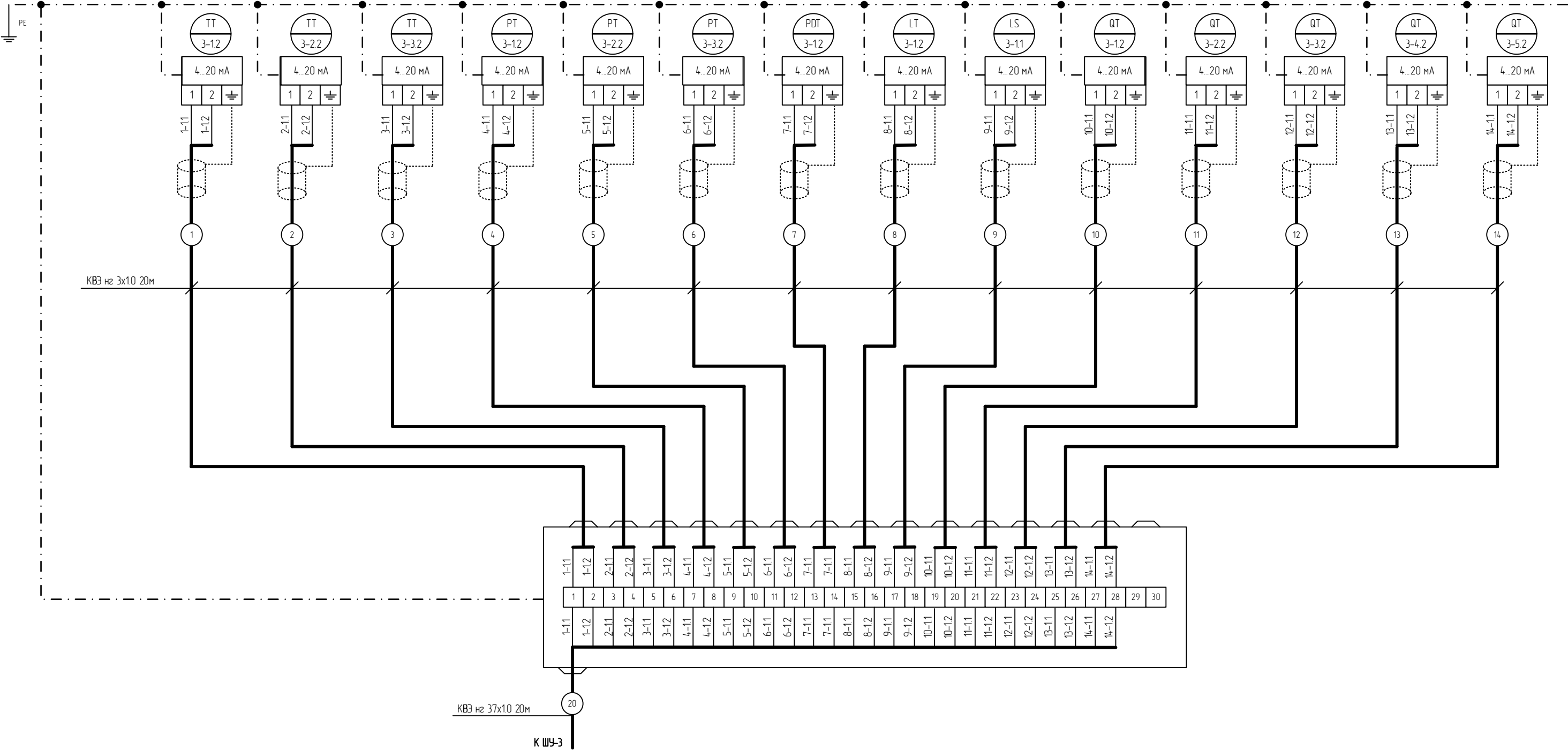
Блок схема алгоритма включения сигнализации

Страница	Лист	Листов
У		1

ТПУ ИнЭО  
Группа 3-8Т52

**Приложение Е**  
**(Обязательное)**  
**Схема внешних проводок**

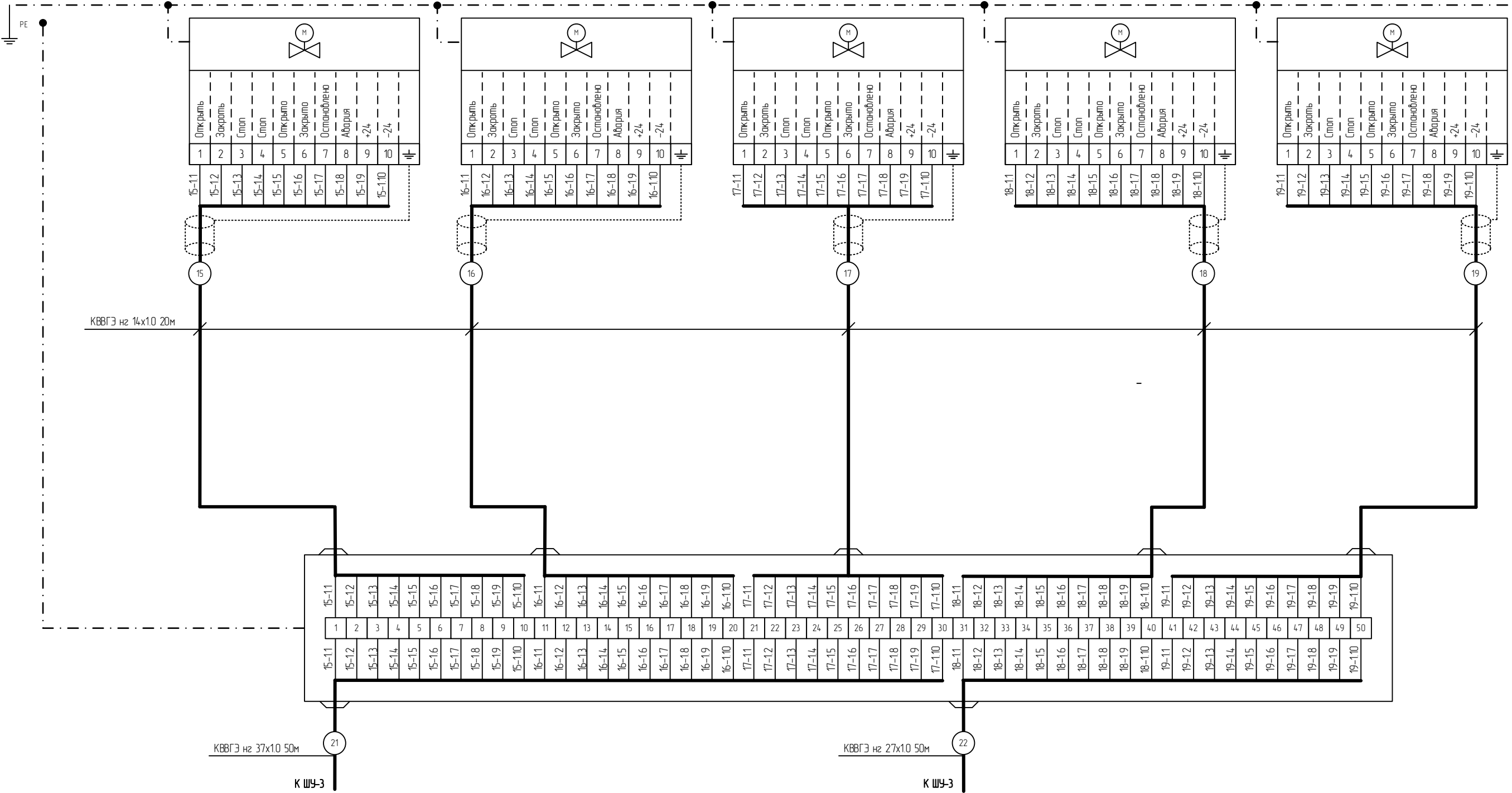
Наименование параметра	Температура			Давление				Уровень		загазованность на площадке резервуара				
Место отбора импульса	Температура в резервуаре	Температура жижкости в резервуаре	Температура воды в системе	Дабление в резервуаре	Давление азотной смеси	Давление воды в системе	Гидростатическое давление	Уровень в резервуаре	Аварийный уровень в резервуаре	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
Тип датчика	Rosemount 644	Rosemount 644	Rosemount 644	Метран-150	Метран-150	Метран-150	Метран-150	Rosemount 5408	Rosemount 2120	СГОЭС	СГОЭС	СГОЭС	СГОЭС	СГОЭС
Позиция	ТТ 3-12	ТТ 3-22	ТТ 3-32	РТ 3-12	РТ 3-22	РТ 3-32	РДТ 3-12	LT 3-12	LS 3-11	QT 3-12	QT 3-22	QT 3-32	QT 3-4.2	QT 3-52



Согласовано:		Вам. инб. №	Подп. и дата	Инб. № подл.

						ФЮРА. 425280. 001.ЭС.05			
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Схема внешних проводок	Стадия	Лист	Листов
Разработал		Полванов Б.Р.					У	1	3
Проверил		Суханов А.В					ТПУ ИнЭО Группа 3-8Т52		
ГИП									
Н.контр.									
Утвердил									

Наименование параметра	Управление				
Место отбора импульса	Закачка ДТ в РВС	Выгрузка ДТ из РВС	ГВС	ГВС	Азотная смесь в РВС
Тип датчика	AUMA MATIC SARExS 07.1	AUMA MATIC SARExS 07.1	AUMA MATIC SARExS 07.1	AUMA MATIC SARExS 07.1	AUMA MATIC SARExS 07.1
Позиция	ИМ 3.1	ИМ 3.2	ИМ 3.3	ИМ 3.4	ИМ 3.5



Инд. № подл.	Подп. и дата	Вам инб. №

Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ФЮРА. 425280. 001.3С.05

Лист

