

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки (специальность) 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
Кафедра систем управления и мехатроники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
<b>Модернизация автоматизированной системы очистного сооружения установки комплексной подготовки нефти</b>

УДК 665.62.067-52-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т31	Беляева Екатерина Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Громаков Е.И.	Кандидат технических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Спицын В. В.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова М. И.	Кандидат химических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Губин В. Е.	Кандидат технических наук		

## 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 образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки (специальность) 15.03.04 «Автоматизация технологических  
процессов и производств»  
Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Губин В. Е.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т31	Беляевой Екатерине Сергеевне

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления очистных сооружений	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: система очистных сооружений. Цель работы: разработка проекта АСУ ТП очистных сооружений Проектируемая АСУ ТП включает три уровня: полевой уровень, контроллерный уровень и информационно-вычислительный уровень.
---------------------------------	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков АС; Выбор средств реализации АС; Разработка схемы соединения внешних проводок; Разработка алгоритмов управления АС; Разработка экранных форм АС; Моделирование работы системы регулирования.
<b>Перечень графического материала</b>	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408–2013; Структурная схема; Схема соединения внешних проводок; Схема информационных потоков; Экранная форма; Алгоритм управления ЗРА; Алгоритм управления регулирующего клапана(РКЗ); Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1–2009;

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Пустовойтова Марина Игоревна

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Громаков Евгений Иванович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТЗ1	Беляева Екатерина Сергеевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т31	Беляевой Екатерине Сергеевне

Институт	ИК	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<p>1. Показатели оценки качества разработки.</p> <p>2. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки.</p> <p>3. Сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта.</p>	<p>– Надежность, низкая цена, безопасность и т.д.;</p> <p>– Конкурентоспособность, срок выхода на рынок, перспективность рынка, послепродажное обслуживание, и т.д.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Оценка качества разработки и ее перспективности на рынке с помощью технологии <i>QuaD</i>.</p>	<p>– Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации;</p> <p>– по результатам оценки качества и перспективности разработка имеет оценку выше среднего (<math>P_{ср}=74,5</math>) и выгодной для инвестиций;</p>
<p>2. Исследование внешней и внутренней среды проекта с помощью <i>SWOT</i>-анализа</p>	<p>– <i>SWOT</i>-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта;</p> <p>– для упрощения процедуры проведения</p> <p>– <i>SWOT</i>-анализ проводят в табличной форме.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.11.2016
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В. В.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т31	Беляева Е.С.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т31	Беляева Екатерина Сергеевна

<b>Институт</b>	Институт кибернетики	<b>Кафедра</b>	СУМ
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Автоматизация технологических процессов и производств

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

<p>1. Характеристика объекта исследования и области его применения</p>	<p>Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером.</p> <p>Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров ОС. Здание, в котором находится диспетчерская, расположено на территории ОС.</p> <p>Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: недостаточная освещённость рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света, повышенный уровень шума, повышенная или пониженная влажность воздуха.</p> <p>Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток.</p> <p>Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. СанПиН 2.2.4.3359-16.</li> <li>2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03</li> <li>3. СП 52.13330.2011,</li> <li>4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03</li> <li>5. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ</li> <li>6. СНиП 2.11.03-93</li> <li>7. ППБ 01-93</li> <li>8. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. №123-ФЗ, 2013.</li> </ol>

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

**1. Производственная безопасность:**

- 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:
- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
  - действие фактора на организм человека;
  - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
  - предлагаемые средства защиты;
  - (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства).
- 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:
- механические опасности (источники, средства защиты);
  - термические опасности (источники, средства защиты);
  - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
  - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

**1. Производственная безопасность:**

- Анализ выявленных вредных факторов:
- Температура и влажность окружающего воздуха;
  - Освещенность;
  - Шум;
  - Электромагнитные излучения.
- Анализ выявленных опасных факторов:
- электробезопасность (статическое электричество – источники, средства защиты);
- пожаро-взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

**2. Экологическая безопасность:**

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу;
- анализ воздействия объекта на гидросферу;
- анализ воздействия объекта на литосферу;
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

**2. Экологическая безопасность:**

Воздействие на литосферу, гидросферу не происходит. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.

**3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:**

- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;
- выбор наиболее типичной ЧС;
- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;
- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

**3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:**

Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, взрыв.

<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78</p>
--	--

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова Марина Игоревна	Кандидат химических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т31	Беляева Екатерина Сергеевна		



## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 102 страницы машинописного текста, 44 таблицы, 16 рисунков, 1 список использованных источников из 13 наименований, 8 приложений.

Цель работы заключается в разработке автоматизированной системы управления очистных сооружений, включающей выбор структуры и архитектуры системы, а именно выбор конкретных средств реализации: датчиков, контроллера и исполнительных механизмов, математическое моделирование и представление в виде экранных форм в SCADA-системе.

В рамках данной ВКР была разработана автоматизированная система управления ОС на базе промышленного контроллера Modicon M340. Был разработан алгоритм автоматического регулирования технологического параметра, представляющий собой давление нефти в трубопроводе на выходе. Моделирование части системы осуществлялось с помощью математического пакета MATLAB.

В ходе выполнения работы были разработаны следующие документы: функциональная схема автоматизации, перечень входных и выходных сигналов, схема соединения внешних проводок, функциональная схема по стандарту ANSI, структурная схема, схема информационных потоков, мнемосхема. Данные документы представлены в приложениях.

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, ДАТЧИКИ, ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ, ПИД-регулятор.**

## Оглавление

ГЛОСАРИЙ.....	13
Обозначения и сокращения.....	17
Введение.....	18
1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА РАЗРАБОТКУ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПЛАСТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД.....	19
1.1. Основные цели и задачи создания АСУ.....	19
1.2. Назначение и состав АС.....	19
1.3. Режимы функционирования.....	21
1.4 Требования к системе.....	21
1.4.1. Требования к системе в целом.....	21
1.4.2. Требования к техническому обеспечению.....	22
1.4.3.Требования к метрологическому обеспечению.....	23
1.4.4. Требования к защите информации от несанкционированного доступа....	23
1.4.5. Требования стандартизации, сертификации и унификации.....	24
1.4.6. Требования к математическому обеспечению.....	24
1.4.7. Требования к программному обеспечению.....	25
1.4.8 Требования к информационному обеспечению.....	26
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	27
2.1 Описание технологического процесса.....	27
2.2 Разработка функциональной схемы автоматизации очистных сооружений	31
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации по ANSI/ISA.....	33
2.4 Схема информационных потоков.....	33
2.5. Выбор измерительных устройств.....	37
2.5.1 Выбор датчиков давления.....	37
2.5.2. Датчик уровня.....	40
2.5.3. Датчик температуры.....	44
2.5.4. Выбор датчика газоанализатора.....	47
2.5.5 Выбор световых и светозвуковых сигнализаторов.....	49

2.5.6 Выбор программируемого логического контроллера .....	50
2.6 Выбор исполнительных устройств.....	52
2.6.1 Выбор задвижек.....	52
2.7 Разработка схемы соединения внешних проводов .....	53
2.8 Разработка структурной схемы автоматизации .....	55
2.9 Разработка экранных форм АС .....	56
3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	59
4.АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРОМ.....	62
5.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	68
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности .....	68
5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования .....	68
5.1.2. Анализ конкурентных технических решений .....	68
5.1.3. Технология QuaD .....	71
5.1.4. SWOT – анализ .....	72
5.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	75
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	75
5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....	76
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	79
5.2.4. Бюджет научно-технического исследования .....	81
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	85
6.1. Производственная безопасность.....	86
6.1.1. Анализ факторов рабочей среды производственного процесса.....	86
6.2. Экологическая безопасность.....	95
6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
6.3.1. Пожарная безопасность .....	96
6.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности .....	98
6.4.1. Эргономические требования к рабочему месту .....	98

6.4.2. Окраска и коэффициенты отражения.....	99
6.4.3. Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	102
Приложение А .....	103
Приложение Б .....	105
Приложение В.....	106
Приложение Г .....	108
Приложение Д.....	109
Приложение Е.....	110
Приложение Ж.....	111
Приложение З .....	112

## ГЛОСАРИЙ

Термин	Определение
АС	Автоматизированная система это - комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации
Интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)	Интерфейс – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой
Видеокадр	Видеокадр – это область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.
Мнемосхема	Мнемосхема – это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ
Мнемознак (мнемосимвол)	Мнемознак – это представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.
Интерфейс оператора	Интерфейс оператора – это совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой
Профиль АС	Понятие «профиль» определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС. Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО МЭК ТО 10000-3–99

Протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, CAN, DeviceNet)	Протокол – это набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы
Технологический процесс (ТП)	Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов)
СУБД	Система управления базами данных это – совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным
Архитектура АС	Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых komponуется АС
SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)	Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных
ФЮРА. 425280	ФЮРА это – код организации разработчика проекта (ТПУ); 425280 это – код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (в соответствии с шестизначный классификационной характеристикой ОКП этот код означает проектирование распределенного автоматизированного управления технологическим объектом)

ОРС-сервер	ОРС-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС
Стандарт	Стандарт – образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними др. подобных объектов. Стандарт в Российской Федерации – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг
Объект управления	Объект управления – обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления
Программируемый логический контроллер (ПЛК)	Программируемый логический контроллер или программируемый контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.
Диспетчерский пункт (ДП)	Диспетчерский пункт – центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	Автоматизированное рабочее место – программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида.

	При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы
ТЕГ	ТЕГ – метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры
Корпоративная информационная система (КИС)	Корпоративная информационная система – это масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления.
Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор	Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор – устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.
Modbus	Modbus – это коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер»



## Обозначения и сокращения

<b>Аббревиатура</b>	<b>Краткая характеристика</b>
PLC	Программируемые логические контроллеры (ПЛК).
HMI	Человеко-машинный интерфейс
ВС	Вспомогательные средства
ИС	Исполнительные средства
САУ	Система автоматического управления
ФСА	Функциональная схема автоматизации
АС	Автоматизированная система
ИМ	Исполнительный механизм
ШВВ	Шкаф ввода-вывода
ШУ	Шкаф управления
САР	Система автоматического регулирования
ОРС	Рабочая станция оператора
АД	Асинхронный двигатель
ЧП	Частотный преобразователь
ПАЗ	Противоаварийная защита
ОС	Очистные сооружения
ОН	Отстойник нефти
ОВК	Аппарат очистки воды и стоков
АГОВ	Аппарат глубокой очистки воды и стоков

## **Введение**

Автоматизация технологических процессов является основным из направлений, по которому во всем мире продвигается производство в настоящее время. Она позволяет осуществить необходимые технологические операции без непосредственного участия человека. Автоматизация увеличивает производительность труда, обеспечивает высокий уровень безопасности трудовой деятельности и защиту окружающей среды, а также позволяет улучшить качество продукции.

Первая автоматизация в нефтегазовой отрасли была разработана еще в далеких 1951-1952 годах, но в силу несовершенства автоматики, сложности аппаратуры испытание не было увенчано успехом. В настоящее время автоматизация является одной из ведущих отраслей в России, она имеет высокий уровень развития автоматизированного технологического оборудования.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка автоматизированной системы очистных сооружений пластовых и сточных вод. Очистные сооружения (ОС) пластовых и сточных вод расположены на площадке УПН и предназначены для очистки пластовой воды и производственно-дождевых стоков перед закачкой в систему водопоглощающих скважин.

# **1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА РАЗРАБОТКУ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПЛАСТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**

## **1.1. Основные цели и задачи создания АСУ**

Автоматизированная система управления технологического процесса очистных сооружений предназначена для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления.

АСУ ТП решает следующие задачи:

- 1) повышение безопасности персонала;
- 2) охрана окружающей среды;
- 3) обеспечение надежной и безаварийной работы оборудования очистной площадки;
- 4) повышение надежности и безопасности производства;
- 5) повышение качества контроля и управления технологическими и вспомогательными процессами;
- 6) повышение оперативности сбора, обработки и представления достоверной и своевременной информации оперативному и диспетчерскому персоналу промысла
- 7) повышение уровня экологической и пожарной безопасности производства за счет противоаварийной защиты технологического оборудования, контроля пожара и загазованности.
- 8) предоставление достаточного объема информации оперативному персоналу в целях обеспечения безопасного и эффективного управления процессом;

## **1.2. Назначение и состав АС**

Очистные сооружения (ОС) пластовых и сточных вод расположены на площадке УПН и предназначены для очистки пластовой воды и производственно-дождевых стоков. Также площадка осуществляет контроль параметров нефти, газа и воды. У Нефти, выходящей по трубопроводу с

очистных сооружений, можно контролировать значения давления, а у газа, идущего в факельный коллектор, регулировать расход. Очищенная вода под действием давления самотеком направляется в дренажные емкости, соответственно на выходе ОС осуществляется контроль температуры и давления жидкости.

В состав ОС входят:

- Аппарат очистки воды и стоков ОВК;
- Аппарат глубокой очистки воды и стоков АГОВ;
- Дренажная емкость Е-1;
- Задвижки 4 шт.;
- Регулирующие клапаны 3шт.;
- Датчики загазованности 2шт;
- Датчики световой сигнализации 2шт.;
- Датчики светозвуковой сигнализации 5шт.

Требуемая степень очистки пластовых вод на утилизацию стоков:

- нефтепродукты - 30 мг/л;
- механических примесей - 20 мг/л;
- содержание растворенного кислорода – 0,5 мг/л;
- содержание метанола – 40 мг/л;
- окисленное железо– 3 мг/л.

Объем сброса стоков представлен в таблице 1.

*Таблица 1 – Объем сброса стоков*

Вид стоков	Объем
Максимальный объем сброса пластовой воды	408,0 м <sup>3</sup> /сут
Дождевые стоки	641,55 м <sup>3</sup> /сут
Производственные стоки	13,32 м <sup>3</sup> /сут
Очищенные бытовые стоки	25,894 м <sup>3</sup> /сут
Итого:	1088,76 м <sup>3</sup> /сут

Свойства и состав пластовых вод на входе в очистные сооружения представлены в таблице 2.

*Таблица 2– Свойства и состав пластовых вод на входе в очистные сооружения*

Параметр	Значение
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,002
Содержание нефти в воде, мг/л	от ТФС - до 1000 от ОН - до 200 Поступление воды от ТФС-1,2/ОН-1,2 в соотношении 90/10%
Содержание мехпримесей, мг/л	100

Концентрация загрязнений производственно-дождевых стоков представлена в таблице 3.

*Таблица 3 – Концентрация загрязнений производственно-дождевых стоков*

Наименование показателя	Значение
Взвешенные вещества, мг/л	300
БПК 20-40, мг/л	20-40
Нефтепродукты, мг/л	50-100

### **1.3. Режимы функционирования**

Система должна работать непрерывно. Система не должна требовать для работы непрерывного присутствия обслуживающего персонала и пользователей системы.

### **1.4 Требования к системе**

#### **1.4.1. Требования к системе в целом**

Разрабатываемая АСУ ТП должна соответствовать требованиям ГОСТ 24.104-2013 «Автоматизированная система управления. Общие требования».

### 1.4.2. Требования к техническому обеспечению

Оборудование устанавливается на открытых площадках поэтому, в зависимости от климатической зоны объекта, оборудование должно быть устойчивым к температурам окружающего воздуха от -50 °С до +50 °С, а также влажности не менее 80 % при 35 °С.

Автоматизированная система проектируется с учетом возможности наращивания, модернизации и развития системы, а также 20 % резервом по каналам ввода/вывода.

Все датчики, которые будут использоваться в системе, должны отвечать требованиям взрыво- и пожаробезопасности, для этого будет использоваться аппаратура с искробезопасными цепями. Для защиты элементов датчиков, которые будут соприкасаться с агрессивной средой должны применяться разделители сред, либо эти элементы должны быть выполнены из коррозионностойких материалов.

Для защиты технических средств от пыли и влаги, их степень защиты должна быть не менее IP56 .

Опираясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий показатели надежности общепромышленных датчиков рекомендуется выбирать, по условиям:

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

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 .

### **1.4.3. Требования к метрологическому обеспечению**

Использование средств измерений и вычислительной техники должно обеспечивать поддержание заданных режимов работы оборудования. Все средства измерения (датчики, преобразователи, вторичные приборы и др.), применяемые в АСУ ТП для реализации функций измерения с нормированными метрологическими характеристиками, должны иметь сертификаты Федерального Агентства по техническому Регулированию и Метрологии об их признании в качестве средств измерения и о занесении в Государственный реестр средств измерений и быть проверенными.

С целью поддержания необходимой точности функционирования АСУ ТП эксплуатационная документация на датчики, измерительные преобразователи, вторичные приборы и другие средства измерения, должна предусматривать проведение регулярных метрологических проверок и/или калибровок, выполняемых в соответствии с требованиями, установленными Госстандартом России.

### **1.4.4. Требования к защите информации от несанкционированного доступа.**

Оборудование АСУ ТП должно быть размещено в помещениях с ограниченным доступом и защищено от несанкционированного доступа лиц, не имеющих доступ к системе.

Проектируемые щиты АСУ ТП должны быть снабжены механическими запорами для ограничения права доступа.

Информационная безопасность системы должна обеспечиваться путем:

- защиты информации от несанкционированного доступа;
- защиты информации от искажений и пропаданий.

Доступ к программному обеспечению АСУ ТП должен быть защищен программными кодами с паролями доступа.

#### **1.4.5. Требования стандартизации, сертификации и унификации.**

Разрабатываемая система должна быть универсальной и соответствовать достигнутому мировому уровню в области создания АСУ по функциональному развитию, удобству эксплуатации и обслуживания.

В АСУ ТП должны быть использованы:

- 1) вход/выходные аналоговые сигналы с токовым значением от 4 до 20 мА;
- 2) входные дискретные сигналы со значением выходного сигнала 24 В постоянного тока и 220 В переменного;
- 3) интерфейсы последовательной передачи данных RS-485 с протоколами передачи данных Modbus RTU;
- 4) интерфейс Ethernet с протоколами передачи данных TCP/IP.

Поставляемое оборудование должно быть сертифицировано и иметь разрешение на применение Федеральной службы по экологическому технологическому и атомному надзору.

#### **1.4.6. Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата [4].

Методы и алгоритмы должны быть представлены в форме, допускающей их реализацию в программном обеспечении. При создании математического обеспечения низовой автоматике следует пользоваться стандартным набором функций, реализуемых программно-техническими средствами.



### **1.4.7. Требования к программному обеспечению**

Перечень покупных программных средств определяется на этапе проектирования системы, и должен быть достаточным для реализации всех функций системы.

Программное обеспечение АС включает в себя:

- 1) системное ПО (операционные системы);
- 2) инструментальное ПО;
- 3) общее (базовое) прикладное ПО;
- 4) специальное ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- 1) создание и ведение базы данных конфигурации (БДК) по входным/выходным сигналам;
- 2) конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием функциональных блоков;
- 3) создание мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния технологических объектов;
- 4) конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов).[5]

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.).

#### **1.4.8 Требования к информационному обеспечению**

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;
- структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

В состав информационного обеспечения должны входить:

- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Описание технологического процесса

Сброс осуществляется со следующих сооружений:

- технологической площадки № 2 «трехфазные сепараторы (ТФС) V=50 м<sup>3</sup>(2шт.),
- отстойник нефти (ОН) (2 шт.);
- канализационные очистных сооружений (КОС) ;
- КНС производственно-дождевых стоков (4 шт.).

Очищенные бытовые стоки также направляются на очистные сооружения пластовых и сточных вод для совместной транспортировки на утилизацию.

Режим поступления пластовой воды на очистные сооружения с технологической площадки № 2, КОС – постоянный, с резервуарного парка и КНС производственно-дождевых стоков – периодический.

Требуемая степень очистки пластовых вод принята согласно ТЗ на утилизацию стоков:

- нефтепродукты - 30 мг/л;
- механических примесей - 20 мг/л;
- содержание растворенного кислорода – 0,5 мг/л;
- содержание метанола – 40 мг/л;
- окисленное железо– 3 мг/л.

Объем сброса стоков представлен в таблице 4

Таблица 4 – Объем сброса стоков

Вид стоков	Объем
Максимальный объем сброса пластовой воды	408,0 м <sup>3</sup> /сут
Дождевые стоки	641,55 м <sup>3</sup> /сут
Производственные стоки	13,32 м <sup>3</sup> /сут
Очищенные бытовые стоки	25,894 м <sup>3</sup> /сут
Итого:	1088,76 м <sup>3</sup> /сут
С 15% запасом	1252,08 м <sup>3</sup> /сут

Свойства и состав пластовых вод на входе в очистные сооружения представлены в таблице 5

*Таблица 5– Свойства и состав пластовых вод на входе в очистные сооружения*

Параметр	Значение
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,002
Содержание нефти в воде, мг/л	от ТФС - до 1000 от ОН - до 200 Поступление воды от ТФС-1,2/ОН-1,2 в соотношении 90/10%
Содержание мехпримесей, мг/л	100

Концентрация загрязнений производственно-дождевых стоков представлена в таблице 6

*Таблица 6– Концентрация загрязнений производственно-дождевых стоков*

Наименование показателя	Значение
Взвешенные вещества, мг/л	300
БПК 20-40, мг/л	20-40
Нефтепродукты, мг/л	50-100

### **Описание технологической схемы очистки**

Производительность очистных сооружений составляет 1500 м<sup>3</sup>/сут.

Очистные сооружения предназначены для очистки пластовой воды и производственно-дождевых стоков перед закачкой в систему водопоглощающих скважин. Очистные сооружения являются сооружением полной заводской готовности. Очистные сооружения состоят из двух аппаратов очистки воды ОВК-36/0,6 и АГОВ-36/0,6 объемом 36 м<sup>3</sup> каждый.

Предусмотрена двухступенчатая очистка пластовых и сточных вод.

1-я ступень очистки: Аппарат очистки воды и стоков ОВК-36/0,6. Аппарат предусмотрен для очистки пластовой воды от нефтепродуктов и

механических примесей. Степень очистки: нефтепродукты – 30-40 мг/л, мехпримеси - 30-40 мг/л.

2-я ступень очистки: Аппарат глубокой очистки воды и стоков АГОВ - 36/0,6. Аппарат глубокой очистки предусмотрен для очистки пластовой воды от нефтепродуктов и механических примесей. Аппарат АГОВ- 36/0,6 ставится последовательно после аппарата очистки воды и стоков ОВК-36/0,6. Степень очистки: нефтепродукты – 20-25 мг/л, мехпримеси - 15-20 мг/л.

Принцип работы аппаратов очистки воды следующий: пластовая вода, производственно-дождевые и очищенные бытовые стоки поступают в аппарат через входной патрубок, оборудованный устройством ввода воды. Поток воды проходит через устройство распределения и коалесценции, обеспечивая эффективное распределение потока по вертикальному сечению аппарата, далее поток воды проходит через блок коалесцирующих насадок.

При движении воды по насадкам на всем их протяжении происходит гравитационное улавливание, коалесценция и вывод из воды нефти и механических примесей.

Нефть, отделившаяся в отсеке ввода и отделившийся остаточный газ, скапливаются в нефтегазосборном колпаке и выводятся через штуцера выхода нефти и газа.

Для контроля состава очищенной воды аппараты оборудованы пробоотборниками. Промывка нижней части аппарата от нефтешламовых отложений осуществляется периодически при работающем аппарате. Размытый осадок отводится в дренажную емкость  $V=25$  м<sup>3</sup>. Промывка блока коалесцирующих насадок осуществляется водой с помощью передвижной мотопомпы. Промывка выполняется при профилактических и других регламентных работах на отключенных и опорожненных аппаратах.

Периодичность и продолжительность промывки отсеков ввода воды в процессе работы аппарата определяется в зависимости от показателей загрязнения входного потока воды и показателей качества очистки воды и

устанавливается в процессе эксплуатации аппарата, но не реже одного раза в месяц с продолжительностью промывки 15-30 минут.

Работа очистных сооружений автоматизирована и не требует постоянного присутствия персонала на площадке. Управление производится оператором из операторной УПН.

Очищенная пластовая вода и производственно-дождевые стоки совместно с очищенными бытовыми стоками после очистных сооружений подаются на комплекс сооружений для утилизации очищенных сточных вод Валанжинской залежи в районе УПН Восточно-Уренгойского лицензионного участка, согласно ТЗ.

Системой автоматизации ИУ обеспечивается:

1) Местное и дистанционное измерение давления, температуры в трубопроводе;

2) Дистанционное измерение:

– Уровня жидкости межфазный в отстойниках;

– Давления газа на выходе;

– Температуры воды на выходе;

– Давления воды на выходе;

– Уровня жидкости в емкости.

3) Местная и дистанционная сигнализация:

– при достижении до взрывоопасной концентрации (ДВК) горючих газов и паров в помещении блока технологического (БТ) 20 % и 50 % от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР);

– Светозвуковая сигнализация;

– Световая сигнализация.

4) Автоматическое управление:

– Включение световой сигнализации при достижении нулевого уровня в отстойнике;

– Включение световой сигнализации при достижении ДВК горючих газов и паров 20% от НКПР ;

– Включение светозвуковой сигнализации при достижении ДВК горючих газов и паров 50% от НКПР;

## **2.2 Разработка функциональной схемы автоматизации очистных сооружений**

Функциональная схема автоматического контроля и управления – документ, который определяет важные параметры, такие как объем автоматизации технологических установок и отдельных агрегатов промышленного объекта. ФСА содержит чертеж, на котором отображаются технологическое оборудование, средства автоматизации (вычислительные устройства, датчики, регуляторы) и органы управления, а также связь между элементами автоматики и технологическим оборудованием посредством условных обозначений. С помощью линий функциональной связи объединены все элементы систем управления.

При разработке функциональной схемы необходимо решить следующие задачи:

- получение первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- непосредственное воздействие на технологический процесс для управления им;
- стабилизация технологических параметров процесса;
- контроль и регистрация технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Были разработаны два варианта схем:








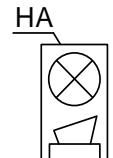
- 1) По ГОСТ 21.404-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [2];

2) По стандарту американского общества приборостроителей ANSI/ISA S5.1 «Instrumentation Symbols and Identification».

В приложении А представлена функциональная схема автоматизации очистных сооружений пластовых и сточных вод по ГОСТ 21.404-2013.

Условные обозначения и изображения средств контрольно-измерительных приборов, которые были использованы на функциональной схеме автоматизации можно наблюдать в таблице 7.

Таблица 7 - Условные обозначения и изображения средств КИПиА

Обозначение	Описание
	Датчик давления с дистанционной передачей данных.
	Манометр, установленный по месту
	Пускатель исполнительных механизмов.
	Датчик уровня с дистанционной передачей данных. Контролируемые уставки: максимальное и минимальное допустимые значения
	Датчик температуры с дистанционной передачей данных.
	Термометр, установленный по месту
	Сигнализатор световой
	Сигнализатор светозвуковой

Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.404-2013 выполнена в соответствии уровней: полевой, контроллерный и вычислительный. Полевой уровень представляют первичные датчики, приведенные в таблице 8.



Таблица 8– Первичные датчики

Номер позиций прибора по схеме	Тип датчика	Количество
PG1200, PG1202, PG1207, PG1201, PG1203, PG1211, PG1213	Манометр с трубчатой пружиной WIKA 233.50/36	7
PT1200, PT1207, PT1201, PT1211, PT12002	Датчик давления Rosemount 3051	5
TG1208, TG1212	Манометрический термометр WIKA R73.100 и WIKA A73.100 (TG)	2
TT1208, TG1212	Преобразователь температуры Rosemount 644Н (IP66) в сборе с термопреобразователем сопротивления Rosemount 0065	2
HA1206, HA1204, HA1205, HA1215, HA1214	Сигнализатор ВС-3-24В	5
AT206/A...С, AT215/A...С	Газоанализатор Pirecl	2
LT1204, LT1204, LT1214	Волноводный радарный уровнемер Rosemount 5301 полнофункциональный	3
HL1206, HL1215	Сигнализатор ВС-4-3С-24В	2

### 2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации по ANSI/ISA

Помимо функциональной схемы автоматизации по ГОСТ 21.408-2013, необходимо было разработать схему автоматизации согласно американскому стандарту ANSI /ISA5.1-2009 [2]. Основное отличие схемы, выполненной по стандарту ANSI, заключается в том, что все взаимосвязи между элементами показаны не в подвале, а на самой функциональной схеме. Функциональная схема автоматизации по ANSI приведена в приложении Б.

### 2.4 Схема информационных потоков

Схема информационных потоков, включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

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

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании[1].

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами, она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранным формам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet[2].

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

- давление дренажной воды на входе на ОС, МПа,
- давление газа на выходе из ОС, МПа,
- давление нефти на выходе из ОС, МПа,
- температуру очищенной воды на входе на ОС, °С,
- температуру очищенной воды на выходе, °С,
- уровень воды в емкости ЕП-1, мм
- уровень жидкости межфазный (2шт.), мм
- сигнализацию при наличии нулевого межфазного уровня в аппарате отчистки воды (2шт.)
- загазованность (3шт.)

*Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:*

*AAA\_BBB\_CCCC,*

*Где:*

*AAAA – параметр, от 3 до 4 символов, может принимать следующие значения:*

- *PRS – давление;*
- *LVL – уровень;*

- *LVL2* – уровень межфазный;
- *TEM* – температура;
- *SST* – состояние;
- *ZGZ* – загазованность;
- *HLM* – световая сигнализация ;
- *HAL* – светозвуковая сигнализация;

*BBB* – код технологического аппарата (или объекта), от 3 до 4 символов:

- *RKL1* – регулирующий клапан на выходе газового трубопровода ;
- *RKL2* – регулирующий клапан на выходе нефтяного трубопровода;
- *RKL3* – регулирующий клапан на выходе из ОС;
- *ZV1* – задвижка по выходу газа ;
- *ZV2* – задвижка по выходу нефти;
- *CPC* – емкость дренажной воды;
- *SMP1* – аппарат очистки воды ;
- *SMP2* – аппарат глубокой очистки воды
- *PIP* – трубопровод

Полностью кодировку и расшифровку сигналов можно увидеть в таблице 9.

Таблица 9 – Алфавит сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_PIP	Давление в трубопроводе
LVL_CPC	Уровень воды в емкости
LVL_SMP	Текущий уровень жидкости в аппарате очистки воды
LVL2_SMP	Уровень жидкости межфазный в отстойнике
PRS_RKL	Давление перед регулировочными клапанами
SST_ZV1	Состояние задвижки
TEM_PIP	Давление жидкости в трубопроводе

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате XML. Генерация отчетов выполняется по следующим расписаниям:

- каждый четный / нечетный час (двухчасовой отчет);
- каждые сутки (двухчасовой отчет в 24.00 каждых суток);
- каждый месяц;
- по требованию оператора (оперативный отчет).

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

- сводка по текущему состоянию оборудования;
- сводка текущих измерений.

Историческая подсистема АС сохраняет информацию изменений технологических параметров для сигналов с заранее определенной детальностью. Данные, хранящиеся более трех месяцев, прореживаются для обеспечения необходимой дискретности.

## 2.5. Выбор измерительных устройств

### 2.5.1 Выбор датчиков давления

В качестве измерительного устройства избыточного давления были проанализированы следующие датчики:

- Датчики давления Rosemount 3051
- МЕТРАН 150



*Рисунок 1- Датчик давления  
Rosemount 3051*



*Рисунок 2 – Датчик давления  
МЕТРАН 150*

Давление является важной физической величиной в системах контроля за технологическим процессом. Контроль давления измеряемой среды обеспечивает требуемое протекание технологического процесса, предупреждая аварийные ситуации. Технические характеристики датчиков давления можно наблюдать в таблице 10.

*Таблица 10 – Сравнительный анализ датчиков давления*

Критерии Выбора	МЕТРАН 150	ROSEMOUNT 3051TG
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, в т.ч. нефтепродукты; пар
Диапазоны пределов измерений( $P_{min}$ , $P_{max}$ )	минимальный 0-0,025 кПа; максимальный 0-68 МПа	0,02-68,9МПа
Основная приведенная погрешности	0,075%	0,04%

*продолжение таблицы 10 – Сравнительный анализ датчиков давления*

Выходной сигнал	4-20 мА с HART протоколом; 0-5мА	4-20мА с цифровым сигналом на базе HART; Экономичный 0,8-3,2; 1-5В с цифровым сигналом на базе HART протокола; цифровой на базе протокола Foundation Fieldbus; цифровой на базе протокола Profibus; беспроводной WirelessHART
Взрывозащищенность	0ExiaIICT5X; 1ExdIICT6X	0ExiaIICT5GaX; EExdIICT5
Температура окружающей среды	-40 до +70°C	от 40 до 85°C; от 20 до 80°C (со встроенным индикатором)
Взрывозащищенность	IP66	IP68
Наличие ЖКИ	да	да
Время отклика	Не более 2с	100мс
Приблизительная цена	37000	35000

Исходя из приведенных технических характеристик, указанных в таблице, стоит выбрать датчик Rosemount 3051. Характеристики данного датчика преобладают по многим параметрам. Высокий диапазон измерений и возможность перенастройки, метрологические характеристики, высокая степень защиты, а также цена, являются важными параметрами при выборе датчика. Можно сделать вывод, что датчик давления Rosemount 3051 является универсальным выбором и идеально выполняет характеристику цена-качество.

***Принцип работы датчика давления Rosemount 3051***

В преобразователях Rosemount 3051 используются два вида сенсорных модулей на базе емкостного или тензорезистивного сенсора. Для преобразователей разности давлений, избыточного и гидростатического давлений моделей используется сенсор на базе емкостной ячейки. В

преобразователях на базе емкостного сенсора давление процесса через разделительные мембраны (мембрану в преобразователях избыточного давления) и заполняющую жидкость передается на измерительную мембрану, расположенную между пластинами конденсатора. Под воздействием измеряемого давления мембрана прогибается и в результате изменяется электрическая емкость ячеек, образованных сенсорной мембраной и пластинами конденсатора. Генерируемый электрический сигнал преобразуется в цифровой и передается на микроконтроллер [3].

Также для индикации значений давления по месту применяется манометр с трубчатой пружиной WIKA 233.50 (IP65) (рисунок 3).

Манометр с трубчатой пружиной WIKA 233.50 с гидрозаполнением предназначены для газообразных и жидких, агрессивных, не сильно вязких и не кристаллизирующихся измеряемых сред, также при агрессивной окружающей среде. Исполнение для химической промышленности, полностью из нержавеющей стали. Для измерения давления с пульсациями и вибрациями.



*Рисунок 3 - Манометр с трубчатой пружиной WIKA 233.50*

Применение:

- 1) с гидрозаполнением, для измерений при высоких динамических нагрузках и вибрации;
- 2) для газообразных и жидких, агрессивных, не сильно вязких и не кристаллизирующихся измеряемых сред, также при агрессивной окружающей среде;
- 3) перерабатывающая промышленность: нефте-, химическая, энергетический комплекс и горно-добывающая промышленности, машиностроение[4].

Диапазоны измерений манометра WIKA 233.50:

- 1) 63 мм: 0... 1 до 0... 1000 бар;
- 2) 100 мм: 0... 0,6 до 0... 1000 бар;
- 3) 160 мм: 0... 0,6 до 0... 1600 бар;
- 4) также все диапазоны для вакуумметрического или мановакуумметрического избыточного давления.

Допустимые температуры:

Окружающая среда: -40... +60 °С без гидрозаполнения;

-20... +60 °С с гидрозаполнением

Измеряемая среда: макс. +200 °С без гидрозаполнения

макс. +100 °С с гидрозаполнением

Пылегазезащита:

IP 65 (EN 60 529 / МЭК 529 )

### **2.5.2. Датчик уровня**

В процессе выбора оборудования измерения уровня были рассмотрены два типа датчиков буйковые и волноводные радарные уровнемеры.



Таблица 11 – Сравнительный анализ датчиков уровня

Критерии выбора	Rosemount 5301	Буйковый уровнемер UQD
Диапазон измерений	От 0,1 – 50м	0,330–1,6м
Критерии выбора	Rosemount 5301	Буйковый уровнемер UQD
Выходной сигнал	4-20 мА/HART, Foundation Fieldbus, Modbus	4-20 мА/HART
Напряжение питания	16-42,4В постоянного тока	24В
Степень защиты	IP67	IP65
Индикация	Встроенный цифровой дисплей	ЖКИ
Давление	6,3 МПа;	6,3 МПа
Температура процесса	От -40 до 150°С	От -40 до +225°С

Выбран волноводный радарный уровнемер Rosemount 5301.

Отличие буйковых уровнемеров от волноводных радарных:

Буйковые уровнемеры используются для измерения уровня, уровня границы раздела двух сред и плотности. В каждом из этих случаев принцип измерения основывается на плавучести буйка жидкости. Таким образом, плотность жидкости – это ключевой фактор, от которого зависит размер буйка и стабильность показаний уровнемера. Любое отклонение от начального значения плотности среды (по которой подбирался буюк) может влиять на погрешность измерений. Буйковые уровнемеры подвержены воздействию вибрации и турбулентности, а также имеют подвижные части, требующие периодического обслуживания или замены, которые могут изнашиваться в процессе работы, деформироваться, загрязняться, что может привести к неверным показаниям

переменных процесса. Затраты на техническое обслуживание таких уровнемеров могут быть достаточно высоки.

Преимущества волноводных уровнемеров:

- Прямой метод измерения уровня обеспечивает надёжные измерения, независимые от изменений условия технологического процесса (плотности, проводимости, вязкости, рН, температуры и давления).
- Отсутствие подвижных частей и необходимости в повторной калибровке сводит к минимуму объем технического обслуживания.
- Практически не чувствительны к воздействию пара, пыли, турбулентности и пены.
- Поскольку импульсы направляются по зонду, такая технология измерения может с успехом применяться для малых и узких резервуаров, а также для резервуаров с узкими патрубками.
- Монтаж «сверху» уменьшает вероятность утечек среды.



*Рисунок 4 - Волноводный радарный уровнемер Rosemount 5301*

Это двухпроводный волноводный уровнемер для измерения уровня и уровня границы раздела жидкостей, а также уровня суспензий и твердых сыпучих сред. Rosemount серии 5300 обеспечивает высокую надежность, современные меры обеспечения безопасности, простоту использования и неограниченные возможности подключения и интеграции в системы АСУ.

Принцип действия уровнемера основан на излучении микроволновых наносекундных импульсов малой мощности по волноводу, погруженному в измеряемую среду. Излученный сигнал отражается от поверхности среды и от поверхности раздела жидкостей с разной диэлектрической проницаемостью и возвращается по волноводу в приемник уровнемера. Уровнемер по времени задержки отраженных импульсов относительно излученных измеряет расстояние до поверхности измеряемой среды, а также до поверхности раздела жидкостей. Уровень среды и уровень поверхности раздела жидкостей вычисляется как разность высоты установки уровнемера на резервуаре и измеренного расстояния до среды. В уровнемерах применяется метод переключения работы передатчика и приемника импульсов, повышающий помехозащищенность измеряемого отраженного импульса, что позволяет эффективно измерять слабые импульсы.

Информация об измеряемых величинах может считываться с жидкокристаллического индикатора (ЖКИ), а также передаваться дистанционно в виде аналогового сигнала (4...20 мА), аналогово-цифрового сигнала с использованием HART протокола или по цифровой шине FOUNDATION fieldbus.

Основные технические характеристики приведены ниже в таблице 6

*Таблица 12 Основные технические характеристики*

Диапазоны измерений расстояния до поверхности среды, м	0,4 ... 50,0
Напряжение питания постоянного тока, В	9 ... 42,4
Средний срок службы, лет	12
Температура измеряемой среды, °С	- 196...+400

продолжение таблицы 12 - Основные технические характеристики

Давление измеряемой среды, МПа	-0,1 ... 34,5
Температура окружающей среды	-40...+ 80
- без ЖКИ	-20...+ 70
- с ЖКИ	
Диаметр поплавка	230мм
Номинальное давление	6.3 МПа
Степень защиты от воздействия окружающей среды	IP 66 и IP 67
Давление измеряемой среды, МПа	-0,1 ... 34,5
Температура окружающей среды	-40...+ 80
- без ЖКИ	-20...+ 70
- с ЖКИ	
Диаметр поплавка	230мм
Номинальное давление	6.3 МПа
Степень защиты от воздействия окружающей среды	IP 66 и IP 67

### 2.5.3. Датчик температуры

В качестве измерительного устройства избыточного давления были проанализированы два типа датчиков: Rosemount 644Н, Метран 247.

Таблица 13 – Технические характеристики датчиков температуры

Критерии выбора	Метран 274	Rosemount 644Н
Предел допустимой погрешности	0,25	0,15
Диапазон измеряемых температур	От -50 до +180	от -60 до 85°С
Выходной сигнал	4-20мА	4-20 мА/HART, Foundation Fieldbus или Profibus
Степень защиты	IP65	IP66

Исходя из анализа технических характеристик и технико-экономических параметров был выбран датчик Rosemount 644Н в сборе с термопреобразователем сопротивления Rosemount 0065, а также по причине удовлетворения степени защиты, описанной в ТЗ.

Преобразователи измерительные Rosemount 644 (далее преобразователи) предназначены для преобразования сигналов, поступающих от термопреобразователей сопротивления. Было решено применить в сборе с термопреобразователем сопротивления Rosemount 0065. Преобразователи применяются в системах сбора и обработки информации, управления технологическими процессами различных отраслях промышленности, в критичных точках измерения, требующих улучшенной диагностики, безопасности или резервирования.

Электрические сенсоры температуры, такие как термосопротивления (RTD) и термопары (TC), вырабатывают слабые электрические сигналы, величина которых пропорциональна измеряемой температуре. Датчик модели 644 преобразует сигнал сенсора в стандартный аналоговый сигнал 4 - 20 мА постоянного тока, цифровой сигнал HART или цифровой сигнал FOUNDATION Fieldbus, который мало чувствителен к длине выходного кабеля датчика и устойчив к внешним электромагнитным помехам. Выходной сигнал передается в центральную систему сбора данных по двухпроводному кабелю.

Технические характеристики Rosemount 644Н:

- Выходной сигнал 4-20 мА/HART, Foundation Fieldbus или Profibus
- Цифровой индикатор с интерфейсом оператора
- Работоспособность при температуре окружающей среды: от -50 до 85°C - опция K1005; от -60 до 85°C - опция BR6
- Возможность работы с двумя первичными преобразователями
- Возможность измерения средней температуры
- Классический, трубный или настенный монтаж
- Повышенная точность и стабильность показаний

Также для местного контроля используется манометрический термометр WIKA R73.100



*Рисунок 4 – Манометрический термометр WIKA R73.100*

#### Манометрический термометр

Принцип действия термометра основан на зависимости между температурой и давлением термометрического вещества (инертный газ) находящегося в герметично замкнутой манометрической термосистеме. Манометрическая термосистема состоит из термобаллона, дистанционного капилляра и манометрической пружины. Под воздействием температуры изменяется давление внутри манометрической системы, происходит раскрутка манометрической пружины, связанной со стрелкой отсчетного устройства. Для усиления устойчивости к вибрациям корпус термометра может быть заполнен демпфирующей жидкостью.

Применение:

- 1) Для агрессивных сред в химической, нефтяной промышленности и сходных процессах;
- 2) Универсален для измерений в машиностроении, танкерах, схожих конструкциях и в пищевой промышленности;
- 3) Измерения температуры без контакта со средой;
- 4) Установка в панели, контрольные кабинеты.

Предел температур хранения и транспортировки:

- -50 °C ... +70 °C (EN 13 190) без гидрозаполнения;
- -20 °C ... +60 °C (EN 13 190) пищевое гидрозаполнение;
- -50 °C ... +60 °C (EN 13 190) с гидрозаполнением.

Степень защиты от воды и пыли: IP65

#### **2.5.4. Выбор газоанализатора**



*Рисунок 5 - Газоанализатор PIRECL*

Газоанализатор PIRECL - это точечный стационарный диффузионный газоанализатор углеводородных газов инфракрасного принципа измерения. Газоанализатор модели PIRECL обеспечивает непрерывный контроль за концентрацией горючих углеводородных газов в диапазоне от 0 до 100 % НКПР (нижний концентрационный предел распространения пламени)\* [9].

Принцип работы:

Горючие углеводородные газы диффундируют через всепогодный экран во внутреннюю измерительную камеру, которая освещается инфракрасным источником. По мере прохождения инфракрасных лучей через наполненную газом камеру, лучи с определённой длиной волны поглощаются присутствующим газом, а другие лучи проходят камеру беспрепятственно. Суммарное поглощение инфракрасного излучения определяется концентрацией углеводородного газа. Уровень поглощения измеряется двумя оптическими чувствительными элементами и обрабатывается соответствующими электронными схемами. Изменение в интенсивности поглощенного света (активный сигнал) измеряется по отношению к интенсивности света в условиях не поглощенного луча (опорный сигнал). Микропроцессор рассчитывает концентрацию газа и преобразует это значение в сигнал тока на выходе (4-20 мА), который затем передается во внешние системы контроля и оповещения.

Возможна линейаризация выходного сигнала в диапазоне 0–100% НПВ для метана, этана, пропана, бутана, этилена, пропилена. Поддерживает коммуникационные протоколы HART и MODBUS RS-485.

В Таблица 14 можно увидеть основные технические характеристики

*Таблица 14 Основные технические характеристики*

Точность	$\pm 3\%$ НКПР при 0 – 50 % НКПР; $\pm 5\%$ НКПР при 51 – 100 % НКПР.
Питание	24 В пост. тока (номинальное); Диапазон: от 18 до 32 В.
Аналоговый выход	4–20 мА; (изолированный / неизолированный) максимальная нагрузка цепи до 600 Ом.
Цифровой выход	RS-485 MODBUS RTU; HART.
Класс защиты	IP67
Температурный диапазон	Рабочий: от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Хранение: от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



*Продолжение таблицы 14 – Основные технические характеристики*

Релейные выходы	Нагрузка до 5А при 30 В пост. тока. 3 реле: А1 (первый порог тревоги), А2 (второй порог), А3 (реле неисправности).	Релейные выходы
Гарантия	5 лет	Гарантия

### **2.5.5 Выбор световых и светозвуковых сигнализаторов**

Сигнализаторы светозвуковые ВС-3 предназначены для подачи звукового и светового сигналов с целью привлечения внимания людей в аварийных и иных ситуациях. Применяются во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок на опасных производственных объектах, транспортных средствах, судах. Могут применяться в условиях воздействия атмосферных осадков, солнечного излучения

Принцип действия:

При подаче питающего напряжения прерывисто загораются светодиоды, и звучит модулированный «тревожный» сигнал. Корпус сигнализаторов выполнен из алюминиевого сплава, имеет гальваническое антикоррозионное и защитное лакокрасочное покрытие. На лицевой панели корпуса расположены звуковой пьезоизлучатель и яркие светодиоды.

*Таблица 15 - Технические характеристики светозвукового сигнализатора*

Напряжение, В	20-28
Ток потребляемый, мА	200 (24В)
Уровень звука, дБА/1м	105
Частота звука, кГц	1,5 – 4
Угол обзора, градусов	не менее 120

Продолжение таблицы 15 - Технические характеристики светозвукового сигнализатора

Степень защиты	IP67
Температура (токр.), °С	-50...+60

### 2.5.6 Выбор программируемого логического контроллера

Было проанализировано два вида программируемых логических контроллера: Modicon M340 с процессором BMX P34 2010 и Siemens SIMATIC S7-300 CPU с процессором 315F-2 DP. Основным техническим средством первого уровня системы автоматизации был выбран контроллер Modicon M340 компании Shneider Electric.

Таблица 16 – Технические характеристики контроллерного оборудования

Критерии выбора		Modicon M340	Siemens SIMATIC S7-300
Рабочая встроенная память RAM		256 Кбайт	192 Кбайт
Загружаемая память, микро карта памяти, Flash-EEPROM		До 16 Мбайт	До 8 Мбайт
Минимальное время выполнения:	Слов или арифмет. симв. с фикс. точкой	0,25 мкс	2,0 мкс
	С плавающей точкой	1,16 мкс	3,0 мкс
Дискретные вх./вых		1024	1024
Аналоговые вх./вых		256	256

*Продолжение таблица 16 – Технические характеристики контроллерного оборудования*

Типы интерфейсов	RS 485, RS 232, Modbus, Ethernet, CanOpen	MPI/PROFIBUS DP
Напряжение питания:	24В	24В
Потребляемая мощность	2,28 Вт	2,5Вт

Контроллер Modicon M340 – исключительно надежный, мощный и компактный. Контроллер идеально подходит для предприятий, специализирующихся в таких областях как нефтегазовый сектор. Обладает рядом технических характеристик, которые являются преимущественными при выборе логического контроллера.

– Высокая скорость обработки двоичных инструкций у него сочетается со способностью оперативно выполнять целочисленные вычисления и операции с плавающей запятой.

– Время цикла 1 мс.

– Переключение структуры ПИД/ПИ.

– Используя многозадачную операционную систему Modicon M340 (основная задача, быстрая задача и 64 задачи обработки прерываний), пользователь может адаптировать контроллер к имеющемуся у него оборудованию, а не наоборот (как это зачастую происходит).

– Благодаря большому объёму памяти нового ПЛК отпадает необходимость оптимизации разработок — ведь процессор имеет «на борту» 8 Мбайт, где может храниться более 70 тысяч инструкций программы[10].

– В комплекте с процессором поставляется флэш-память типа SD, готовая к хранению архива приложения функции.

Siemens SIMATIC S7 близок по характеристикам контроллерному оборудованию компании Shneider Electric, но имеет ряд отличительных особенностей:

– В таких системах возникновение аварийных ситуаций не создает опасности для жизни обслуживающего персонала и угрозы для окружающей природной среды. F-функции интегрированы в операционную систему центральных процессоров.

– Парольная защита: обеспечивает защиту программы от несанкционированного доступа.

– Диагностический буфер: в буфере сохраняется 100 последних сообщений об отказах и прерываниях. Содержимое буфера используется для анализа причин, вызвавших остановку центрального процессора.

Так как характеристики такие как быстродействие процессора, величина рабочей памяти и скорость обработки логических операций, являются важнейшими и определяющими при выборе ПЛК. Можем сделать вывод, и определиться с выбором на программируемом логическом контроллере компании Shneider Electric

## **2.6 Выбор исполнительных устройств**

### **2.6.1 Выбор задвижек**

Исполнительное устройство – это устройство системы автоматического управления или регулирования, воздействующее на процесс в соответствии с получаемой командой информацией [11]. В роли исполнительного устройства выступают регулирующие клапаны, задвижки, насосы.

В качестве выбора исполнительного устройства были рассмотрены шиберные задвижки компании «Арматек» и дисковые затворы серии Эксклюзив, также компании «Арматек». Рассмотрим преимущества и недостатки каждого типа.

Затвор – это чаще всего запорное устройство, но также может использоваться для регулирования интенсивности потока жидкости или газа в трубопроводе.

Задвижка – также как и затвор является запорным устройством, которое используется в конструкции трубопроводов. Она предназначена для

регулирования интенсивности потока жидкости или газа, в большей степени чем затвор.

Разница между затвором и задвижкой заключается в том, что в затворе используется регулирующий клапан в виде диска, который вращается вокруг своей оси, а в задвижке также есть блокирующий клапан, но перемещается вверх-вниз, вправо-влево. Исходя из этого различия возникает проблема герметичности у затвора, она немного меньше чем у задвижки. Поэтому задвижку можно устанавливать на трубопроводах с небольшим диаметром, что является главным преимуществом, так как в данном проекте используются трубы с диаметром 50-150мм. Задвижка по сравнению с затвором обладает значительным временем на полное открытие или закрытие.

В результате сравнения были выбраны шиберные задвижки компании «Арматек» DN 50-1200мм. Задвижки шиберные применяются в системах очистных сооружений, в сточных, дренажных трубопроводах [12].

*Таблица 17 – Характеристики задвижки*

Давление	До 1Мпа
Диаметр	50-1200мм
Герметичность	А класс
Рабочая температура	-40 до +120С

Также управление задвижкой может осуществляться различными способами: ручным управлением, с пневмоприводом и электроприводом.

## **2.7 Разработка схемы соединения внешних проводок**

Схема внешних проводок представления в приложении В. Первичные и внешитовые приборы включают все вышеуказанные выбранные датчики. В данных приборах сигнал преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

В качестве типа кабеля выбран кабель марки КВВГ.

Расшифровка кабеля КВВГ:

К - кабель контрольный,

В – ПВХ изоляция,  
В – оболочка из ПВХ,  
Г - без защитного покрова.

Основное предназначение КВВГ – неподвижное присоединение к электроприборам. КВВГ используются как для прокладки в кабельных коробах, так и на открытом воздухе, в помещениях и даже в условиях агрессивной среды. Количество жил КВВГ может колебаться от 2 до 36. Кабель КВВГ должен эксплуатироваться стационарно в диапазоне температур от – 50 до + 50 градусов. Предельно допустимая температура нагрева в рабочем режиме составляет 70 градусов, максимально допустимая температура при коротком замыкании – 160 градусов.

Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в металлическом рукаве.

Также широко распространены кабели типа КВВГЭ.

Расшифровка кабеля КВВГЭ:

К - кабель контрольный,

В – изоляция выполнена с помощью поливинилхлоридного пластика,

В – оболочка выполнена с помощью поливинилхлоридного пластика, Г  
- без защитного покрова,

Э - кабель экранированный.

Кабель контрольный экранированный КВВГЭ используется для установки, ремонта, подключения и технического обслуживания контрольной и электрораспределительной аппаратуры, а также для неподвижного присоединения к электроприборам, сборкам зажимов электрораспределительных устройств с напряжением до 660 В и частотой до 100 Гц. Возможно использование КВВГЭ при постоянном напряжении до 1000 В.

Главная особенность кабеля КВВГЭ состоит в том, что он применяется при защите электрических цепей от инородных электрических полей.

## 2.8 Разработка структурной схемы автоматизации

По признакам информационного обмена структура АСУТП относится к иерархической 3-х уровневой. Каждый из уровней представляет собой следующее:

### 1. Нижний уровень

К нижнему уровню системы автоматизации относятся:

первичные средства измерения и датчики технологических параметров;

местные показывающие приборы;

исполнительные механизмы;

аппаратура местного управления и сигнализации.

Средства контроля и измерения, устанавливаемые в пределах взрывоопасных зон, имеют сертификаты взрывобезопасности и разрешения на применение Ростехнадзора. Применяемые средства измерения имеют сертификаты утверждения типа средств измерений Госстандарта России.

Все приборы и аппараты, расположенные во взрывоопасных зонах классов 0, 1 и 2 в соответствии с ПУЭ и ГОСТ Р 51330.0, включены в искробезопасную электрическую цепь (Exia) или имеют вид взрывозащиты - взрывонепроницаемая оболочка (Exd). Искробезопасная электрическая цепь обеспечивается применением барьеров искрозащиты.

Приборы и датчики нижнего уровня размещаются непосредственно на технологическом оборудовании.

2-й уровень – средства контроля и автоматического управления, включающие в свой состав программируемые логические контроллеры (далее ПЛК) осуществляющие управление в реальном времени технологическим процессом, обеспечивающие поддержание заданных режимов работы, а также сбор данных с объектов контроля.

3-й уровень – уровень автоматизированного управления и визуализации состояния технологического процесса – включает в себя сервер визуализации и управления, рабочие станции технологов-операторов с которых осуществляется задание необходимых технологических параметров для

устройств 2-го уровня в режиме реального времени, рабочие станции системного инженера.

Связь между компонентами 1-го и 2-го уровней АСУТП осуществляется электрическим или оптическим способом: кодовые сигналы, аналоговые сигналы, дискретные сигналы.

Связь между компонентами 2-го и 3-го уровней АСУТП осуществляется электрическими или оптическими линиями связи посредством специализированных промышленных информационных сетей стандарта Industrial Ethernet большой производительности (Сеть структурно состоит из подсетей и организована с помощью коммутаторов), обеспечивающей полный цикл обмена данными между компонентами пределах двух секунд (время реакции на запрос – не более двух секунд).

Линии связи до компонентов 1-го и 2-го уровня расположенными во взрывопожароопасных зонах или проходящие по территории взрывопожароопасных зон выполняются преимущественно искробезопасными в соответствии с ГОСТ Р 51330.10-99. Кабели и провода не искробезопасных цепей прокладываются в соответствии с ПУЭ.

Структурная схема приведена в приложении Д.

## **2.9 Разработка экранных форм АС**

Экранные формы предназначены управления технологическим процессом, а также контроля технологических параметров. В приложении З приведена экранная форма ОС.

Одной из основных функций верхнего уровня является отображение информации на мнемосхеме. Мнемосхема представляет из себя совокупность сигнальных устройств и изображений оборудования, а также внутренних связей контролируемого объекта, которые размещаются на операторских панелях. В первую очередь мнемосхема наглядно отображает структуру автоматизированной системы, тем самым обеспечивая важную информацию о текущем состоянии системы. Которая представляет структуру и





характер протекающих процессов, в том числе связанных с нарушениями, авариями.

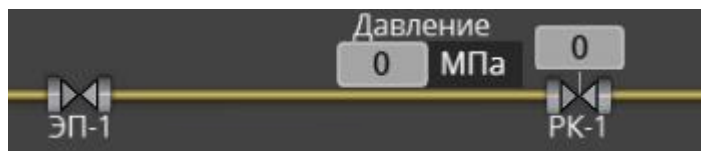
Приведенная в приложении 3 мнемосхема ОС была выполнена в системе Simple SCADA 1.3. Данная мнемосхема представлена в неработающем режиме, но она наглядно отображает параметры над которыми осуществляется контроль

Для наглядности отображения графической информации на мнемосхеме использовались следующие цвета, приведенные ниже, в таблице 18:

*Таблица 18 – Цвета, использующиеся на мнемосхеме*

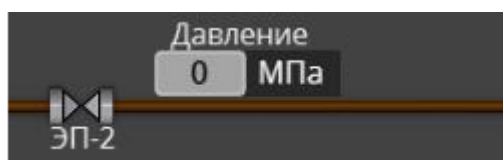
Цвет	Описание	Назначение
	Зеленый	Применяется для окрашивания трубопровода, по которому течет вода
	Грязно-желтый	Предназначен для окрашивания трубопровода, по которому движется газ
	Коричневый	Применяется для окрашивания трубопровода, по которому транспортируется нефть
	Темно-оливковый	Предназначен, для окрашивания трубопровода, по которому стекает шлам из отстойников (ОВК, АГОВ) в дренажную емкость

На мнемосхеме отображаются все регулируемые параметры, на рисунке 7 можно увидеть часть трубопровода на выходе из очистных сооружений, по которому передвигается газ. На экранной форме предусмотрен контроль давления перед регулирующим клапаном, а также приведена задвижка, управляемая дистанционно. На рисунке 8 изображен трубопровод, по которому транспортируется нефть, у которой мы отслеживаем параметр давления на выходе.



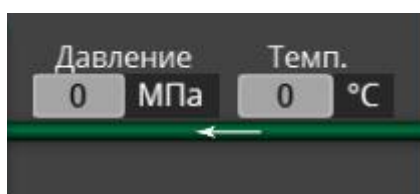
*Рисунок 7 – Изображение трубопровода и контроль клапана (РК1)*

На рисунке 7 изображен трубопровод, по которому транспортируется нефть, у которой мы отслеживаем параметр давления на выходе.



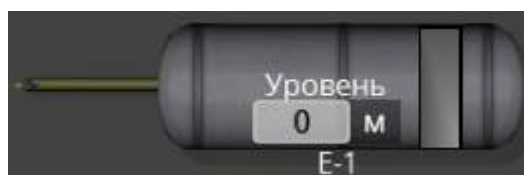
*Рисунок 8 - Контроль давления нефти на выходе*

После прохождения 2-х степеней очистки, очищенная пластовая вода и производственно-дождевые стоки совместно с очищенными бытовыми стоками после очистных сооружений подаются на комплекс сооружений для утилизации очищенных сточных вод. Вода транспортируется по трубопроводу, на выходе из очистных сооружений осуществляется контроль давления и температуры жидкости. На рисунке 9 изображен выход жидкости после очистки.



*Рисунок 9 – Контроль давления и температуры на выходе*

После промывке нижней части аппарата от нефтешламовых отложений размытый осадок отводится в дренажную емкость. В дренажной емкости осуществляется контроль уровня жидкости. На рисунке 10 изображена дренажная емкость(Е-1)



*Рисунок 10 – Контроль уровня в дренажной емкости*


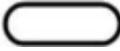
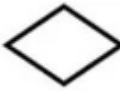
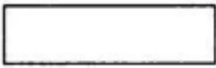

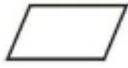

### 3. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ

В данной главе представлены алгоритмы, описывающие работу универсальных логически завершенных программных блоков (процессов).

Алгоритм выполняется циклически. Все алгоритмические модули выполняются один раз за цикл.

В процессе проектирования алгоритмов используются стандартные блоки, приведенные в таблице 19.

Таблица 19 - Условное обозначение элементов блок-схем алгоритмов

Элемент	Описание
	Начало алгоритма (точка входа)
	Конец алгоритма(точка выхода)
	Проверка «Условие» (Из которого выходят линии с обозначениями : Да – условие выполняется, Нет – в противном случае).
	Присвоение константы или значения данного. Служит для записи команды присваивания
Элемент	Описание
	Предопределенная операция, Вычисления по подпрограмме
	Формирование оперативного сообщения (информационного, предупредительного или аварийного)
	Комментарии. Предназначены для записи пояснений к алгоритму.

Алгоритм управления регулирующими клапанами и задвижками предназначен для контроля данных, получаемых от датчиков с аппарата очистки и с трубопроводов, и управления в соответствии с этими данными. А именно поддержание уровня жидкости и уровня раздела фаз в аппарате очистке воды и в зависимости от уровня жидкости осуществляется открытие, либо закрытие исполнительных устройств.

Входной и выходной алфавит алгоритма представлены в таблицах 20 и 21.

*Таблица 20 - Входной алфавит*

Обозначение	Описание
LVL	Уровень жидкости в аппарате очистки воды. Аналоговый входной параметр
LVL2	Уровень жидкости межфазный в аппарате очистки воды Аналоговый входной параметр
PRS	Давление в газовом трубопроводе . Аналоговый входной параметр

*Таблица 21 - Выходной алфавит алгоритма*

Обозначение	Описание
SST_RKL	Работа регулирующего клапана. Дискретный, типа "0"-закрыт, «1»-открыт выходной параметр
SST_HAL	Светозвуковая сигнализация. Включить. Дискретный, типа "0"-выключить, «1»-включить выходной параметр
SST_ZV1	Работа задвижки. Дискретный, типа "0"-закрыта, «1»-открыта выходной параметр
SST_ZV2	Работа задвижки. Дискретный, типа "0"-закрыта, «1»-открыта выходной параметр

Алгоритм управления задвижками (ЭП1, ЭП2) и регулирующем клапаном(РК1) можно увидеть на рисунке 10 и в приложении Ж. Также алгоритм управления регулирующем клапаном (РК3) приведен в приложении Е.

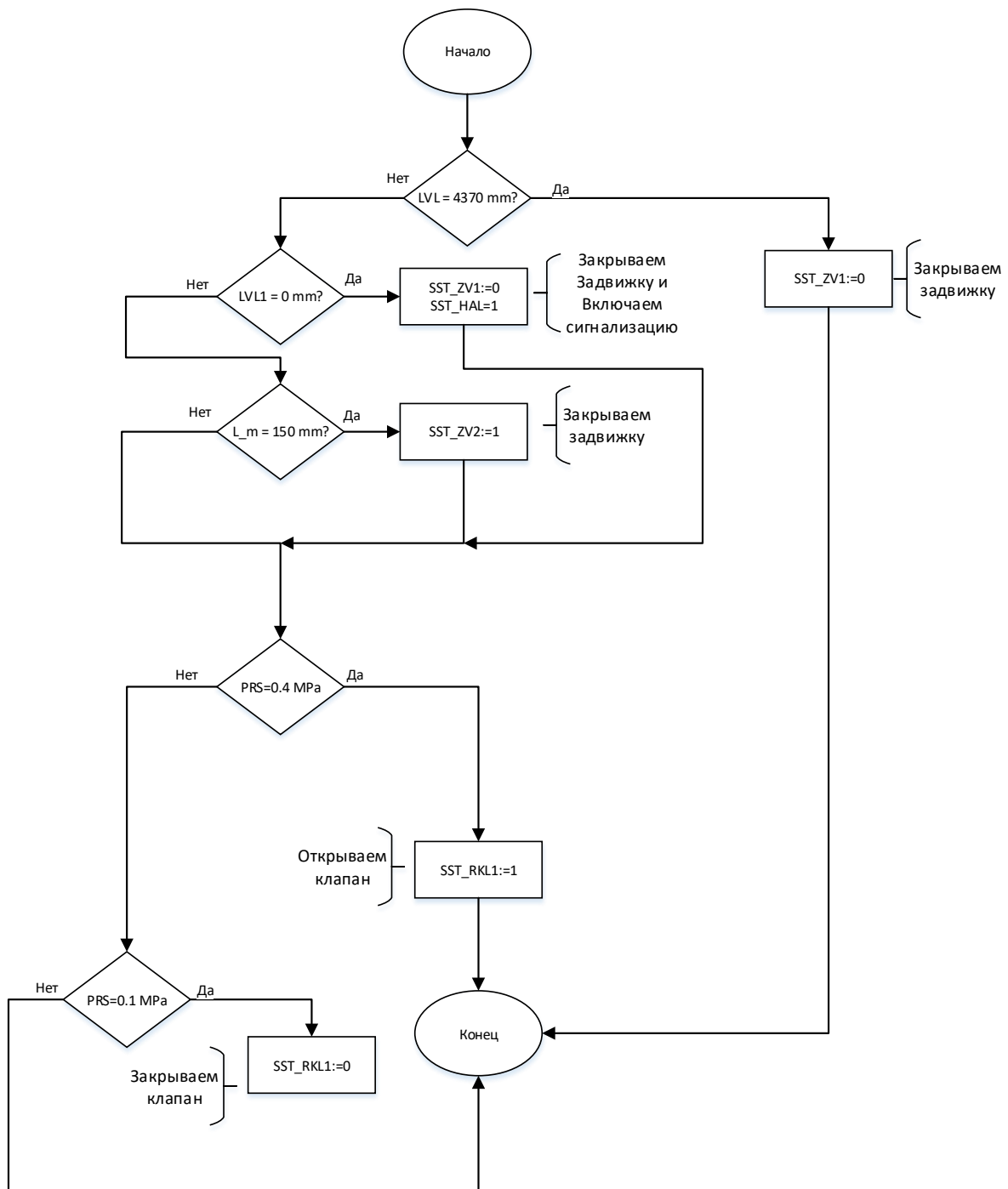


Рисунок 11 - Алгоритм управления задвижками (ЭП1, ЭП2) и регулирующим клапаном (PK1)

#### 4. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА

В процессе перекачки нефти необходимо поддерживать давление нефти в трубопроводе на выходе нашей системы, чтобы оно не превышало заданного уровня и не падало ниже заданного уровня. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление нефти в трубопроводе на выходе. Регулирование нефти в трубопроводе осуществляется посредством задвижки ЭП-2. Управление задвижкой осуществляется электроприводом. Электропривод состоит из асинхронного двигателя, который управляется преобразователем частоты. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. Данная схема состоит из следующих основных элементов: задание, настройка задания, ПИД-регулятор, частотный преобразователь, асинхронный двигатель, задвижка, участок трубопровода и измерительное устройство.

Общий вид структурной схемы системы автоматического регулирования показан на рисунке 12.

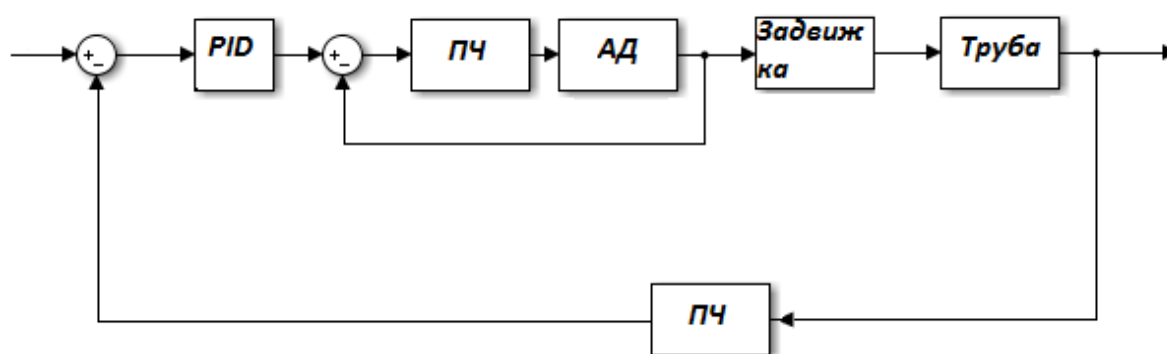


Рисунок 12 - Структурная схема САР

Определим передаточные функции основных элементов структурной схемы регулирования.

Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка составляет

10 метров. Динамика объекта управления  $W(p)$ , приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием.

Передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(d)} = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau p}$$

$$\tau = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad f = \frac{\pi d^2}{4}, \quad \tau = \frac{Lf}{Q}$$

где  $Q_k(p)$  - объемный расход жидкости после клапана;

$Q(d)$  - измеряемый объемный расход жидкости;

$\rho$  - 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;

$\tau$  -; запаздывание

$T$  - постоянная времени.

Характеристики объекта управления приведены в таблице 22

Таблица 22 - Характеристики объекта управления

Наименование	Ед. изм.	Кол-во
Раб давление в трубопроводе, не больше	МПа	0,4
Удельный вес нефти	Кг/с	800
Объемный расход жидкости	м <sup>3</sup> /ч	100
Объемный расход	м <sup>3</sup> /с	0,0277
Длина участка трубопровода	м	10
Диаметр трубы	м	0.05
Перепад давления на трубопроводе	МПа	0,05
Перепад давления в трубопроводе	кгс/м <sup>2</sup>	5098,43

Расчёт параметров:

$$f = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.0019635 \text{ м}^3$$

$$c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{p}{2 * \Delta p * g}} = 1.261624 \text{ с}$$

$$T = \frac{2 * L * f * c^2}{Q} = 2.25653 \text{ с}$$

$$\tau_0 = \frac{L * f}{Q} = 0.708845 \text{ с}$$

$$W_{\text{тр}}(s) = \frac{1}{0.003266 * s + 1} * e^{-0.708845 * s}$$

Задвижка открывается/закрывается с помощью привода. Асинхронный двигатель и частотный преобразователь в совокупности представляет привод задвижки. С помощью привода мы управляем процентом открытия. Передаточная функция асинхронного двигателя выглядит как апериодическое звено первого порядка, мы не учитываем механическую составляющую, так как представляем двигатель идеальным.

$$W_{\text{дв}}(s) = \frac{k_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} * s + 1}$$

Где:

$k_{\text{дв}}$  - это статический коэффициент, формула которого выглядит следующим образом:

$$k_{\text{дв}} = \frac{w_{\text{дв}}}{f_{\text{н}}} = \frac{3000}{60 * 50} = 6.28$$

$T_{\text{дв}}$  - постоянная времени двигателя. Исходя из технической документации берем равную 0,87.



Подставим все найденные коэффициенты в передаточную функцию:

$$W_{дв}(s) = \frac{6,28}{0,87 * s + 1}$$

Передаточная функция частотного преобразователя:

$$W_{пч}(s) = \frac{k_{пч}}{T_{пч} * s + 1}$$

Где:  $k_{пч}$  – это статический передаточный коэффициент преобразователя. Преобразователь частоты управляется током в диапазоне 4÷20 мА, а частота двигателя изменяется диапазоне 0÷50 Гц, то рабочая частота двигателя будет равной ( $f_H = 50$  Гц), управляющий ток на входе ПЧ  $I_{вх} = 16$  мА.

$$k_{пч} = \frac{f_p}{I_{вх}}$$

$f_p$  – рабочая частота на выходе частотного преобразователя, которая обеспечивает номинальный режим работы двигателя;  $I_{вх}$  – управляющий ток на входе ПЧ, обеспечивающий рабочую частоту на выходе.

$$k_{пч} = \frac{f_H}{I_{вх}} = \frac{50 \text{ Гц}}{16 \text{ мА}} = 3,125 \frac{\text{Гц}}{\text{мА}}$$

$T_{пч}$  – постоянная времени преобразователя, исходя из технической документации возьмем равной 0,01с, так как это среднее значения данного коэффициента.

Подставляем найденные коэффициенты в передаточную функцию:

$$W_{пч}(s) = \frac{3,125}{0,01 * s + 1}$$

Датчик давления.

Датчик давления имеет передаточную функцию пропорционального звена с коэффициентом, примерно равным единице:

$$W_{\text{дд}}(s) = 1$$

С помощью математического пакета Matlab произведем моделирование. Соберем данную систему в Simulink. Схема представлена на рисунке 12.

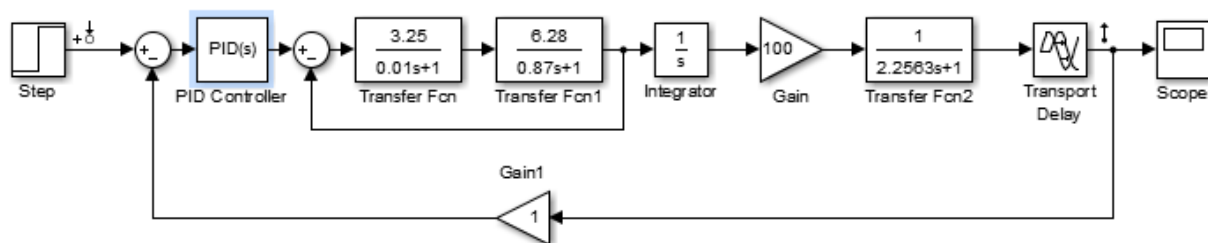


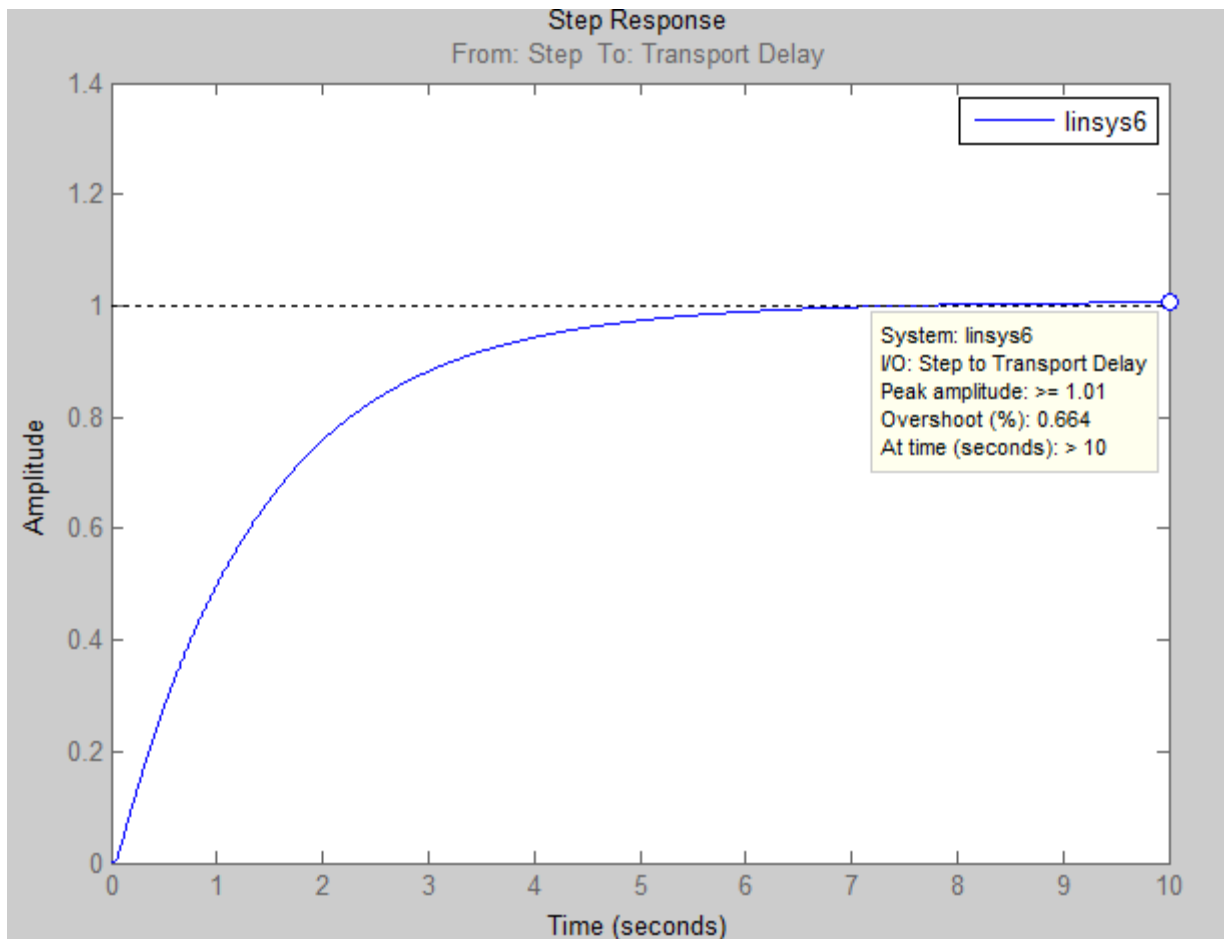
Рисунок 13 - Схема САР выполненная в математическом пакете Matlab

Опытным путем определили коэффициенты ПИД регулятора и получили следующие значения:

Controller parameters	
Proportional (P):	0.00722661353949209
Integral (I):	4.36388984979848e-05
Derivative (D):	0.0166763481874264
Filter coefficient (N):	79.9988219936618

Рисунок 14 – Параметры PID регулятора

График переходного процесса САР мы можем наблюдать на рисунке ниже.



*Рисунок 15 – График переходного процесса*

Из рисунка видно, что время переходного процесса составляет 10 с. Перерегулирование отсутствует, что положительно влияет на систему, так как увеличивается эксплуатационный период составляющих системы, то есть уменьшается износ оборудования.

## 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

#### 5.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследований являются широкий круг коммерческих организаций в нефтегазовой отрасли, предприятия, имеющие очистные сооружения (ОС) пластовых и сточных вод расположенные на площадке УПН, предназначенные для очистки пластовой воды и производственно-дождевых стоков.

В таблице 23 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ОАО «СЕВКАВНИПИГАЗ», «Б» - ОАО «ЭлеСи».

Таблица 23. Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер	Крупные	А, Б	А, Б	А,Б	Б
	Средние	А, Б	А, Б	Б	Б
	Мелкие	Б	А	Б	Б

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

#### 5.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 2.

На данный момент довольно много проектных организаций занимаются разработкой автоматизированных систем, включая ОС (очистные сооружения).

Все эти организации имеют типовые проекты с возможностью их корректировки заказчиком. Одной из таких компаний является АО “Элеси”. Данная организация широко известна на рынке автоматизации и является крупным конкурентом. Основным недостатком данной организации является использование своей SCADA-системы, что затрудняет внедрение (модернизацию) системы учета на уже существующий объект со своей SCADA-системой.

Решение, предложенное в данной работе, обладает высокой степенью очистки вод, процесс представляет из себя 2 степени очистки, для обеспечения требуемой степени очистки пластовых вод. Степени были приняты согласно ТУ. Также решение обладает немаловажным критерием как высокая производительность, надежность, простота эксплуатации и ремонта и разумное сочетание отечественных материалов и импортных датчиков.

Таблица 24. Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Удобство в эксплуатации	0,13	4	3	4	0,52	0,39	0,52
Энергоэкономичность	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Надежность	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
Безопасность	0,09	4	4	5	0,36	0,36	0,45

Простота эксплуатации	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
-----------------------	------	---	---	---	-----	------	------

продолжение таблицы 24 -. Оценочная карта

Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность	0,1	2	3	3	0,2	0,3	0,3
Цена	0,03	4	3	2	0,12	0,09	0,06
Срок выхода на рынок	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Итого	1	51	35	43	3,56	3,61	3,8

$B_{\phi}$  – разработанная автоматизированная система;  $B_{к1}$  – ФС типа «Элеси»;  
 $B_{к2}$  – ФС типа «СЕВКАВНИПИГАЗ».

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 1:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая АСУ ТП ОС является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как высокая стоимость, более низкая производительность и низкий срок эксплуатации.

### 5.1.3. Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

*Таблица 24. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)*

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Повышение производительности	0,1	90	100	0,9	0,09
Удобство в эксплуатации	0,13	85	100	0,85	0,1105
Энергоэкономичность	0,1	78	100	0,78	0,078
Надежность	0,1	72	100	0,72	0,072
Безопасность	0,09	68	100	0,68	0,0612
Простота эксплуатации	0,08	78	100	0,78	0,0624
<b>Экономические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Конкурентоспособность	0,1	58	100	0,58	0,058
Цена	0,03	66	100	0,66	0,0198

Срок выхода на рынок	0,05	67	100	0,67	0,0335
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	80	100	0,8	0,16
Итого	1	51	100	0,742	0,7454

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$P_{ср} = \sum P_i \cdot 100$ , где  $P_{ср}$  – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;  $P_i$  – средневзвешенное значение показателя. Значение  $P_{ср}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{ср}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{ср} = \sum P_i \cdot 100 = 0,7454 \cdot 100 = 74,54$$

#### **Вывод:**

По результатам оценки качества и перспективности разработка имеет перспективную оценку ( $P_{ср} = 74,54$ ).

#### **5.1.4. SWOT – анализ**

SWOT-анализ – это 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) [1]. Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 25.



Таблица 25. SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны:</b>  С1. Низкая стоимость.  С2. Научная новизна.  С3. Современные технологии.  С4. Высокий спрос.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>  Сл1. Высокие начальные затраты.  Сл2. Отсутствие клиентской базы.  Сл3. Узкая направленность.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Увеличение спроса.  В2. Выход на иностранный рынок.  В3. Расширение диапазона предоставляемых услуг.</p>	<p>Увеличение объема производства, прибыли и расширение границ сбыта и клиентской базы. Продажи как в розницу, так и в опт на разных площадках и территориях сбыта.</p>	<p>Высокие начальные затраты уменьшат и не позволят воспользоваться высоким спросом в полной мере. Узкая направленность затруднит увеличение спроса. Расширение диапазона позволит нарастить клиентскую базу и сгладит минусы узкой направленности.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие потребности на новые технологии.  У2. Увеличение конкуренции.  У3. Нестабильность экономической ситуации в стране.</p>	<p>Низкая стоимость и научная новизна с применением современных технологий улучшит конкурентную позицию, потребительскую способность и сгладит экономический кризис.</p>	<p>Высокие начальные затраты, увеличение конкуренции и нестабильная экономическая ситуация может ослабить интерес покупателей.</p>

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 (таблицы 5-8).

Таблица 26. Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	0
	B2	+	0	-	-
	B3	+	+	-	+

Таблица 27. Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	-	0	-
	B3	0	+	+

Таблица 28. Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	+	+	+	-

Таблица 29. Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	+	-	+
	У3	+	0	+

## 5.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов [2].

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент-дипломник (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 8.

Таблица 30. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1.	Выбор направления научного исследования	СД
	2.	Составление и утверждение технического задания	Р, СД
Анализ предметной области	3.	Календарное планирование работ по теме	СД
	4.	Подбор и изучение материалов по теме	СД
	5.	Анализ отобранного материала	Р, СД
Разработка АСУ ТП	6.	Описание технологического процесса	СД
	7.	Разработка функциональной схемы автоматизации	СД
	8.	Разработка структурной схемы автоматизации	СД
	9.	Разработка схемы информационных потоков	СД
	10.	Подбор датчиков и ПЛК	СД
	11.	Разработка схемы соединения внешних проводок	СД
	12.	Разработка экранных форм	СД
	13.	Разработка алгоритмов управления системы	СД
	14.	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	СД
	15.	Написание раздела «социальной ответственности»	СД
	16.	Проверка работы с руководителем	СД
Оформление отчета	17.	Составление пояснительной записки	Р, СД
	18.	Подготовка презентации дипломного проекта	СД

### 5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения  $i$  – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется следующая формула 2:

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

где  $t_{min}$  – минимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.;

$t_{max}$  – максимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 3).

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i} \quad (3)$$

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

$t_{ож_i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 4).

$$T_{ki} = T_{p_i} \cdot k_{кал} \quad (4)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 5:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

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

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

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

Коэффициент календарности:  $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 119) = 1,48$ .

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 9.

Таблица 31. Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях $T_{\text{pi}}$	Длительность работ в календарных днях $T_{\text{ki}}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$ , чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременно выполнение работ	Одновременно выполнение работ
Выбор направления научного исследования	7	0	12	0	9	0			12	17,76
Составление и утверждение технического задания	2	3	7	5	4	3,8			3,9	5,772
Календарное планирование работ по теме	1	0	4	0	2,2	0			2,2	3,256
Подбор и изучение материалов по теме	15	0	20	0	17	0			20	29,6
Анализ отобранного материала	5	3	19	6	10,6	4,2			7,4	10,952

Описание технологического процесса	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Разработка функциональной схемы автоматизации	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432
Разработка структурной схемы автоматизации	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка схемы информационных потоков	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Подбор датчиков и ПЛК	5	0	10	0	7	0			10	12,432
Разработка схемы соединения внешней проводки	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка экранных форм	8	0	16	0	11,2	0			11,2	16,576
Разработка алгоритма управления системы	4	0	11	0	6,8	0			6,8	10,064
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение»	3	0	8	0	5	0			5	7,4
Написание раздела «социальной ответственности»	5	0	11	0	7,4	0			7,4	10,952
Проверка работы с руководителем	6	5	12	9	8,4	6,2			7,3	10,804
Составление пояснительной записки	12	0	16	0	13,6	0			13,6	20,128
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Итого	91	11	182	20	127,4	14,6			132	195,36

### **5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования**

По данным из таблицы 9 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней при каждом процессе. Данная диаграмма представлена в таблице 10. Синий цвет – совместная работа студента и преподавателя, зеленый – индивидуальная работа студента.

Таблица 32. Диаграмма Ганта

Название работы	Дек.		Янв.		Фев.		Март		Апр.		Май		Июнь	
	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30
Выбор направления научного исследования	■													
Составление и утверждение ТЗ		■												
Календарное планирование работ по теме		■												
Подбор и изучение материалов по теме		■	■											
Анализ отобранного материала				■										
Описание технологического процесса					■									
Разработка функциональной схемы					■									
Разработка структурной схемы						■								
Разработка схемы информационных потоков							■							
Выбор датчиков и ПЛК								■						
Разработка схемы внешних проводок									■					
Разработка экранных форм										■				
Разработка алгоритмов управления											■			
Раздел «Финансовый менеджмент»												■		
Раздел «Социальная ответственность»													■	
Проверка работы с руководителем														■
Составление пояснительной записки														■
Подготовка презентации														■



## 5.2.4. Бюджет научно-технического исследования

### 5.2.4.1. Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (6):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхи} , \quad (6)$$

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

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем равным 20%.

Расчеты представлены в таблице 11.

Таблица 33. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена (руб.)
Ноутбук	Шт.	1	38000
Канцелярские товары	Шт.	1	400
Печатная бумага	Пачка	1	200
Принтер	шт.	1	3300
Итого (руб.)	41900		

### 5.2.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Действительный годовой фонд рабочего времени руководителя и дипломника представлен в таблице 12. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 13.

Таблица 34 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	119	119
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	72
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	174

Таблица 35. Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{р.раб.}$ дн.	$Z_{осн.руб.}$
Руководитель	27484	1,3	57166,72	3233	15	48495
Студент	1692	1,3	2200	131	196	25676

#### 5.2.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формулам (7) и (8) [4].

$$Z_{допP} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 48495 = 7274.25 ; \quad (7)$$

$$Z_{допИ} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 25676 = 3851.4. \quad (8)$$

#### 5.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 9:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (9)$$

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

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 14.

*Таблица 36 Отчисления во внебюджетные фонды*

<b>Исполнитель</b>	<b>Основная заработная плата, руб.</b>	<b>Дополнительная заработная плата, руб.</b>
Руководитель проекта	48495	7274,25
Студент	25676	3851,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
<b>Итого</b>		
<b>Руководитель</b>	16730,77	
<b>Студент</b>	8858,22	

#### **5.2.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 15.

Таблица 37. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Студент
1. Материальные затраты НИИ	0	41900
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48495	25676
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7474.25	3851.4
4. Отчисления во внебюджетные фонды	16730,77	8858,22
<b>Бюджет затрат НИИ</b>	<b>72699.25</b>	<b>80285.62</b>

## **6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.**

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) представляет собой область научных знаний, охватывающих теорию и практику защиты человека от опасных и вредных факторов в среде обитания, во всех сферах человеческой деятельности, в том числе и на производстве.

Безопасность труда - это такое состояние его условий, при котором исключено негативное воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. К вредным относятся такие факторы, которые становятся в определённых условиях причиной заболевания или снижения работоспособности. Опасными называются такие факторы, которые приводят в определённых условиях к травматическим повреждениям или внезапным и резким нарушениям здоровья.

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом очистных сооружений(ОС). 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 параметров технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций.

Так как большая часть работы ведется с использованием персонального компьютера в закрытом помещении, то наиболее значимыми факторами являются микроклимат помещения, освещение, шум, электромагнитное излучение, рабочая поза. Также необходимо учесть факторы, влияющие на электробезопасность и пожарную безопасность, и рассмотреть вопросы ее организации на предприятии.

## 6.1. Производственная безопасность

### 6.1.1. Анализ факторов рабочей среды производственного процесса

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 38.

Таблица 38 – Опасные и вредные фактора при работе оператора АСУ ТП

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы (по ГОСТ 12.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров ОС. Здание, в котором находится диспетчерская, расположено на территории ОС.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Отклонения температуры и влажности воздуха от нормы.</li><li>2. Недостаточная освещенность.</li><li>3. Повышенный уровень шумов</li><li>4. Электромагнитные излучения</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Электро-безопасность</li><li>2. Пожаро-взрывобезопасность</li></ol>	<b>Микроклимат</b> – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [1] <b>Освещение</b> – СП 52.13330.2011 [3] <b>Шумы</b> – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [4] <b>Электромагнитное излучение</b> - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5] <b>Электробезопасность</b> – ГОСТ 12.1.038-82 [7] <b>Пожарная безопасность</b> – СНиП 2.11.03-93 [9]

#### 6.1.1.1. Микроклимат производственных помещений

Микроклимат помещения - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризующееся показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

Микроклимат помещений зданий характеризуется состоянием внутренней среды помещения, которая должна удовлетворять физиологическим и психологическим потребностям человека и обеспечивать стандартные минимальные качества жизни. Санитарные правила и нормы предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Высокая производительность и комфортность труда на рабочем месте оператора АСУ зависит от микроклимата в производственном помещении.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории лёгких работ. Основные нагрузки на организм – нервно-психологические, а также зрительные. Так как основным видом работы оператора АСУ является работа с прикладным программным обеспечением и технической документацией, то потенциальными источниками опасных и вредных факторов являются персональные компьютеры и мониторы.

Поэтому в помещении должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата, которые установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека.

Оптимальные параметры микроклимата — сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Допустимые параметры микроклимата — сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям и приведены в таблице 2, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 39.

Таблица 39 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

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

Таблица 40 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха		Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Категория 1а	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

В зимний период времени (при работающей системе отопления) параметры температурно-влажностного состояния помещения определяются тепловой мощностью системы отопления и теплозащитными качествами наружной стены с одним или несколькими окнами.

В летний период (при выключенной системе отопления) в помещении с не кондиционируемым микроклиматом формируется температурно-влажностный режим, близкий по параметрам к наружной среде, а его параметры определяются теплозащитными качествами наружных ограждающих конструкций и естественным воздухообменом в помещении.

В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [1] и приведен в таблице 41.



Таблица 41 – расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30
20...40 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 20
Более 40 м <sup>3</sup> на человека	Естественная вентиляция

### 6.1.1.2. Освещённость рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

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

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

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

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет

0.5 - 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности [2] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблице 42.

Таблица 42 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	КЕО ен, %, при	
						верхнем или комбинированном	бокoвом
Средней точности	>0.5	В	1	Не менее 70	150	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	2,0	0,5

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 42. [3]

Таблица 42 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	200–400 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 150 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блескость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

### **6.1.1.3. Уровень шума**

В настоящее время защита человека от шума стала одной из актуальных проблем. Это является следствием возрастания интенсивности шума в результате внедрения в промышленность новых технологических процессов, роста мощности оборудования и машин.

Шум на производстве наносит большой экономический и социальный ущерб. При определенных условиях неблагоприятно воздействуя на организм человека, он вызывает раздражающее действие, ускоряет процесс утомления, ослабляет внимание и психические реакции, это приводит к снижению производительности труда и увеличению случаев производственного травматизма (не слышно сигналов транспорта, автопогрузчиков и других машин). Шум снижает производительность труда на промышленных предприятиях на 30%, повышает опасность травматизма, приводит к развитию заболеваний. В структуре профессиональных заболеваний Российской Федерации примерно 17% приходится на заболевания органа слуха.

Производственный шум представляет собой профессиональную вредность, если его интенсивность превышает определенный уровень. 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 80 дБА[4].

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 43.

Таблица 43 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	12	26	10	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	50	60

К средствам коллективной защиты относятся:

- Уменьшение шума в источнике его возникновения. Это достигается за счет применения рациональных конструкций, новых материалов и гигиенически благоприятных технологических процессов.
- Изменение направленности излучения шума.
- Рациональная планировка предприятий и цехов.
- Акустическая обработка помещений.
- Уменьшение шума на пути его распространения от источника к рабочему месту (использование защитных экранов, глушителей шума).

#### 6.1.1.4. Электромагнитное излучение

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека.

Электромагнитное излучение принципиально отличается от остальных вредных факторов тем, что распространяется во всех направлениях и оказывает воздействие не только на пользователя, но и на окружающих.

Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. В ряде экспериментов было обнаружено, что электромагнитные поля с частотой 60 Гц (возникающие вокруг линий электропередач, видеодисплеев и даже внутренней электропроводки) могут инициировать биологические сдвиги (вплоть до нарушения синтеза ДНК) в клетках животных.

Следует отметить, что не только монитор, но и системный блок, и принтер - генерируют электромагнитное излучение в очень широком диапазоне частот. Но именно излучение монитора является более мощным.

Для того чтобы избежать негативного воздействия от электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5]. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих места, оборудованных ПВМ представлены в таблице 44.

*Таблица 44 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах*

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение экранных защитных фильтров, а также средств индивидуальной защиты [5].

#### **6.1.1.5. Электробезопасность**

Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключаются образование электрической цепи через тело человека.

Важным фактором безопасности является заземление оборудования путем присоединения к контуру заземления. Заземляющее устройство является одним из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования, не

находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции [6].

Все сооружения установок, в зависимости от категории, должны быть надежно заземлены при помощи заземляющих устройств от прямых ударов, вторичных проявлений молнии и статического электричества.

Каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению, присоединяется непосредственно к сети заземления при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник заземляющих частей и электроустановок.

На предприятиях нефтяной и газовой промышленности заряды статического электричества в большинстве случаев образуются при движении нефти, нефтепродуктов и газов по трубопроводам, при сливно-наливных операциях, заполнении емкостей, разбрызгивании или распылении, дросселировании потоков сжатых газов, пропаривании и других операциях.

Для защиты от накопления и проявления зарядов статического электричества на оборудовании, на теле человека и на перекачиваемых веществах должны предусматриваться следующие меры, обеспечивающие стекание возникающих зарядов и предотвращение накопления заряда выше уровня 0.4 А/мин [7]:

- отвод зарядов путем заземления корпусов оборудования и коммуникаций, а также обеспечение постоянного электрического контакта нефтепродуктов и тела человека с заземлением;
- отвод зарядов путем уменьшения удельных, объемных и поверхностных электрических сопротивлений.

Заземляющие устройства для защиты от статического электричества должны объединяться со специальными устройствами заземления другого назначения или использовать естественные заземлители.

## 6.2. Экологическая безопасность

Вследствие развития научно-технического прогресса, постоянно увеличивается возможность воздействия на окружающую среду, создаются предпосылки для возникновения экологических кризисов. Но наряду с этим появляются новые способы защиты от загрязнения, но данные технологии сложны и дороги.

Одна из самых серьезных проблем - потребление электроэнергии. С увеличением количества компьютерных систем, внедряемых в производственную сферу, увеличится и объем потребляемой ими электроэнергии, что влечет за собой увеличение мощностей электростанций и их количества. И то, и другое не обходится без нарушения экологической обстановки.

Рост энергопотребления приводит к экологическим нарушениям, таким как:

- изменение климата — накопление углекислого газа в атмосфере Земли (парниковый эффект);
- загрязнение воздушного бассейна другими вредными и ядовитыми веществами;
- загрязнение водного бассейна Земли;
- опасность аварий в ядерных реакторах, проблема обезвреживания и утилизации ядерных отходов;

Из этого можно сделать вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

При работе автоматизированных систем с диспетчерским управлением, возможны такие производственные отходы как макулатура и неисправные детали персональных компьютеров.

Бумажные изделия должны передаваться в соответствующие организации для дальнейшей переработки во вторичные бумажные изделия.

Неисправные комплектующие персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, осуществляющим вывоз и уничтожение бытовых и производственных отходов, либо организациям, занимающимся переработкой отходов. Второй вариант предпочтительней, т.к. переработка отходов является перспективной технологией сохранения природных ресурсов.

Из этого можно сделать вывод, что технологии, которые внедряются в системы диспетчерского контроля технологических объектов, должны быть направлены на снижение энергопотребления, а оборудование, применяемое на технологических объектах, должно включать в себя как можно больше материалов, которые подразумевают возможность вторичной обработки.

### **6.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

#### **6.3.1. Пожарная безопасность**

Помещения в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д в соответствии НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Помещение и здание операторной относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем отсутствует обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня. А стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и несгораемых материалов (кирпич, железобетон, и др.).

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.



В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

Организационные мероприятия предусматривают [9]:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- установка датчиков пожарной сигнализации, реагирующих на появление дыма;
- наличие системы оповещения персонала в случае аварийных ситуаций;
- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

– В диспетчерском помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на достигаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ - 2 или порошковые типа ОП -5;

– профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

К режимным мероприятиям относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

## 6.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности

### 6.4.1. Эргономические требования к рабочему месту

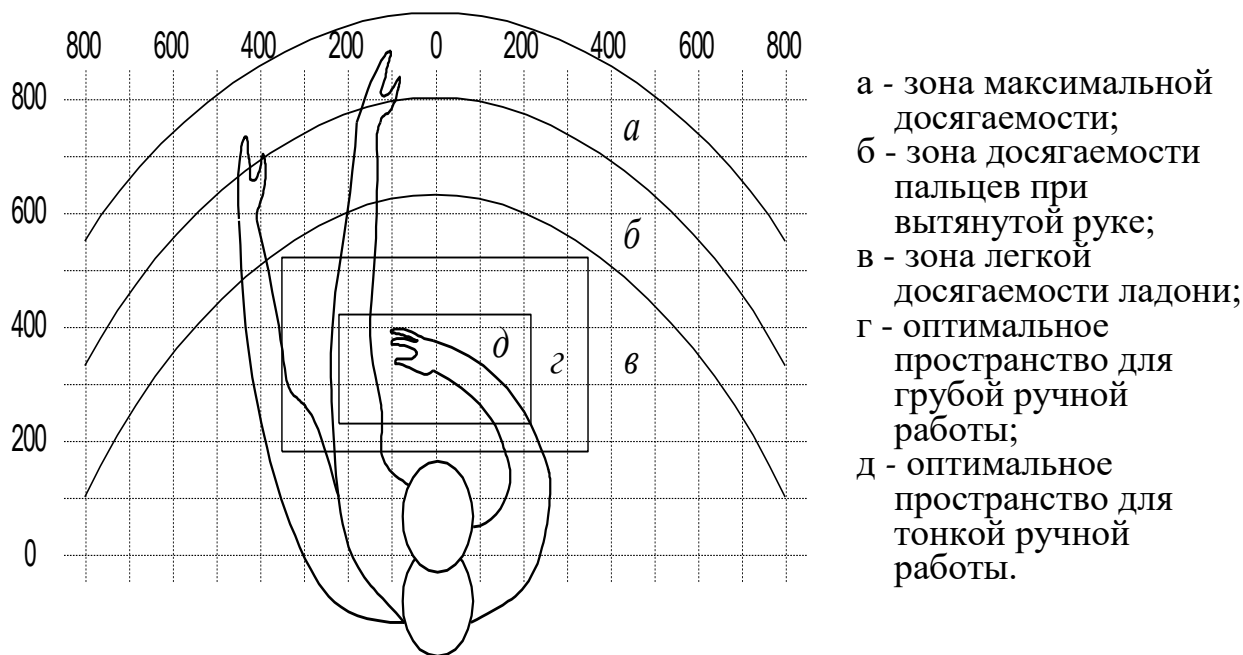


Рисунок 16 – эргономические требования

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно [10]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;

– документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

#### **6.4.2. Окраска и коэффициенты отражения**

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

– окна ориентированы на юг – стены зеленовато–голубого или светло–голубого цвета, пол – зеленый;

– окна ориентированы на север – стены светло–оранжевого или оранжево–желтого цвета, пол – красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на восток – стены желто–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый;

– окна ориентированы на запад – стены желто–зеленого или голубовато–зеленого цвета, пол зеленый или красновато–оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения для потолка 60–70, для стен 40–50, для пола около 30.

#### **6.4.3. Особенности законодательного регулирования проектных решений**

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно [11] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти– или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после

дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех-бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК [11] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно–правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России));
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполненной выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система очистных сооружений пластовых и сточных вод Восточно-Уренгойского лицензионного участка

В ходе разработки системы была осуществлена двухступенчатая очистка вод, обеспечивающая определенную степень очистки. Были детально разработаны и проработаны функциональные схемы автоматизации и структурные схемы автоматизации, с помощью которых был определен объем точек автоматизации. Также был произведен выбор контроллерного оборудования, датчиков и различных исполнительных механизмов.

Разработана схема внешних проводок, позволяющая проследить путь сигнала от датчиков полевого уровня к оборудованию на щите КИПиА. Для управления запорно-регулирующей арматурой технологического процесса были разработаны алгоритмы управления.

Также было реализовано математическое моделирование давления нефти в трубопроводе на выходе работы системы автоматического регулирования в пакете MATLAB, на данном этапе работы.

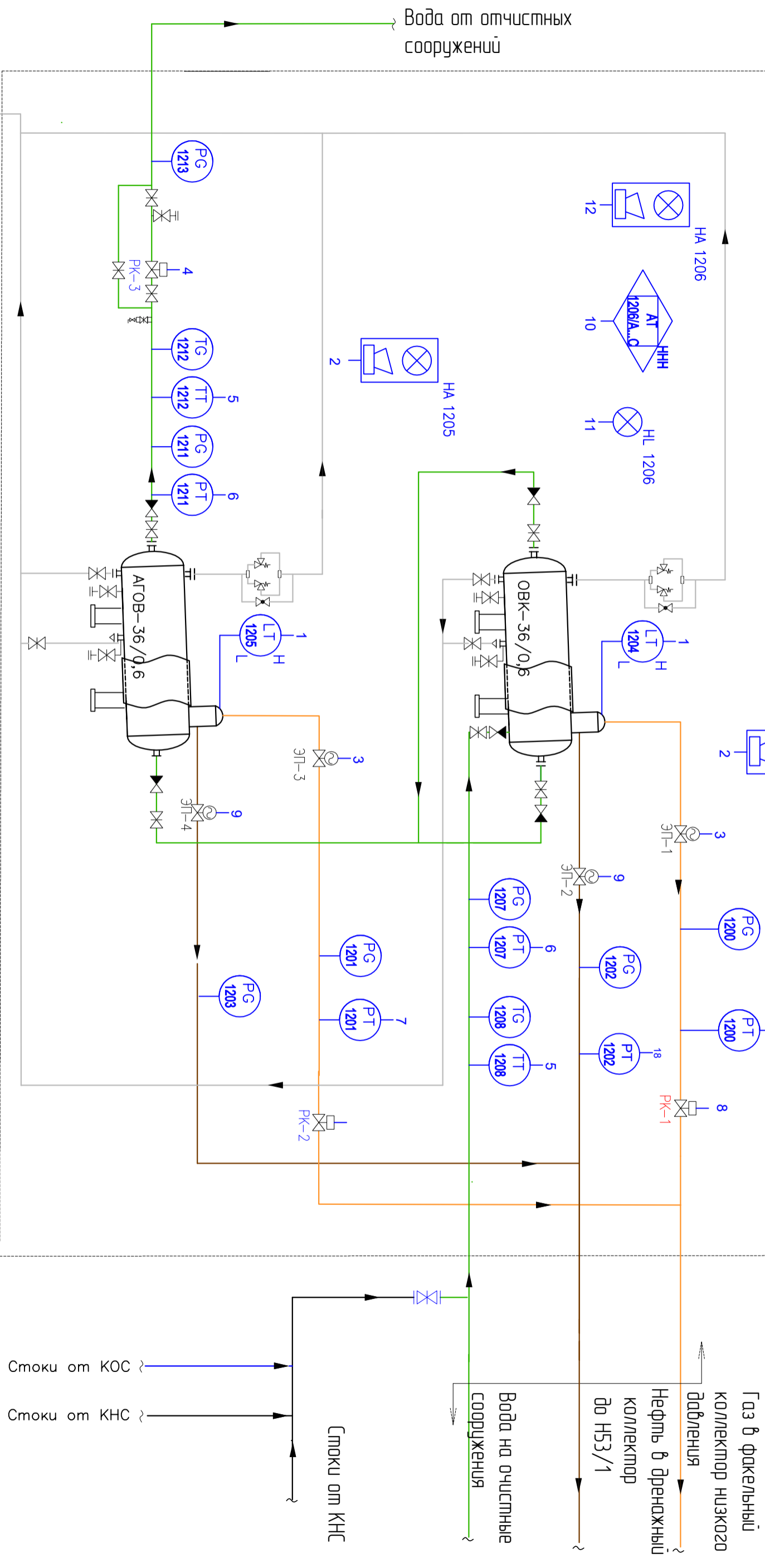
Были разработаны экранные формы для управления технологическим процессом и контролем различных параметров с АРМ.

Таким образом, спроектированная САУ удовлетворяет требованиям к системе автоматизации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 24.104-85. Автоматизированная система управления. Общие требования. - Москва: Изд-во стандартов, 1985. 16 с.
2. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем. – Томск 2009. – 134 с.
3. Датчики давления Rosemount 3051  
[http://www.pea.ru/fileadmin/files/emerson/datch\\_dav/Rosemount\\_3051.pdf](http://www.pea.ru/fileadmin/files/emerson/datch_dav/Rosemount_3051.pdf)
4. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. - Москва: Изд-во стандартов, 1990. 21 с.
5. Волноводный радарный уровнемер. [Электронный ресурс]. URL: [http://rosemeter.nt-rt.ru/images/showcase/04\\_RSE\\_LEVEL\\_SC.pdf](http://rosemeter.nt-rt.ru/images/showcase/04_RSE_LEVEL_SC.pdf)
6. ANSI/ISA-5.1-2009, Instrumentation Symbols and Identification, - ISBN: 978-1-936007-29-5
7. Ключев А.С., Глазков Б.В., Дубровский А.Х., Ключев А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
8. МЕТРАН 150-TG. Практическое руководство и технические характеристики.[Электронный ресурс] URL: <http://teplomehanika.ru/metran150>
9. Уровнемер Rosemount 5300. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.suer.ru/data/6863034\\_Param0.pdf](http://www.suer.ru/data/6863034_Param0.pdf), свободный.
10. Кабели КВВГ, КВВГЭ, КВВГз, КВВББГ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvg\\_kvvgе\\_kvvgz](http://www.podolskkabel.ru/catalog/kvvg_kvvgе_kvvgz), свободный.
11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
12. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
13. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

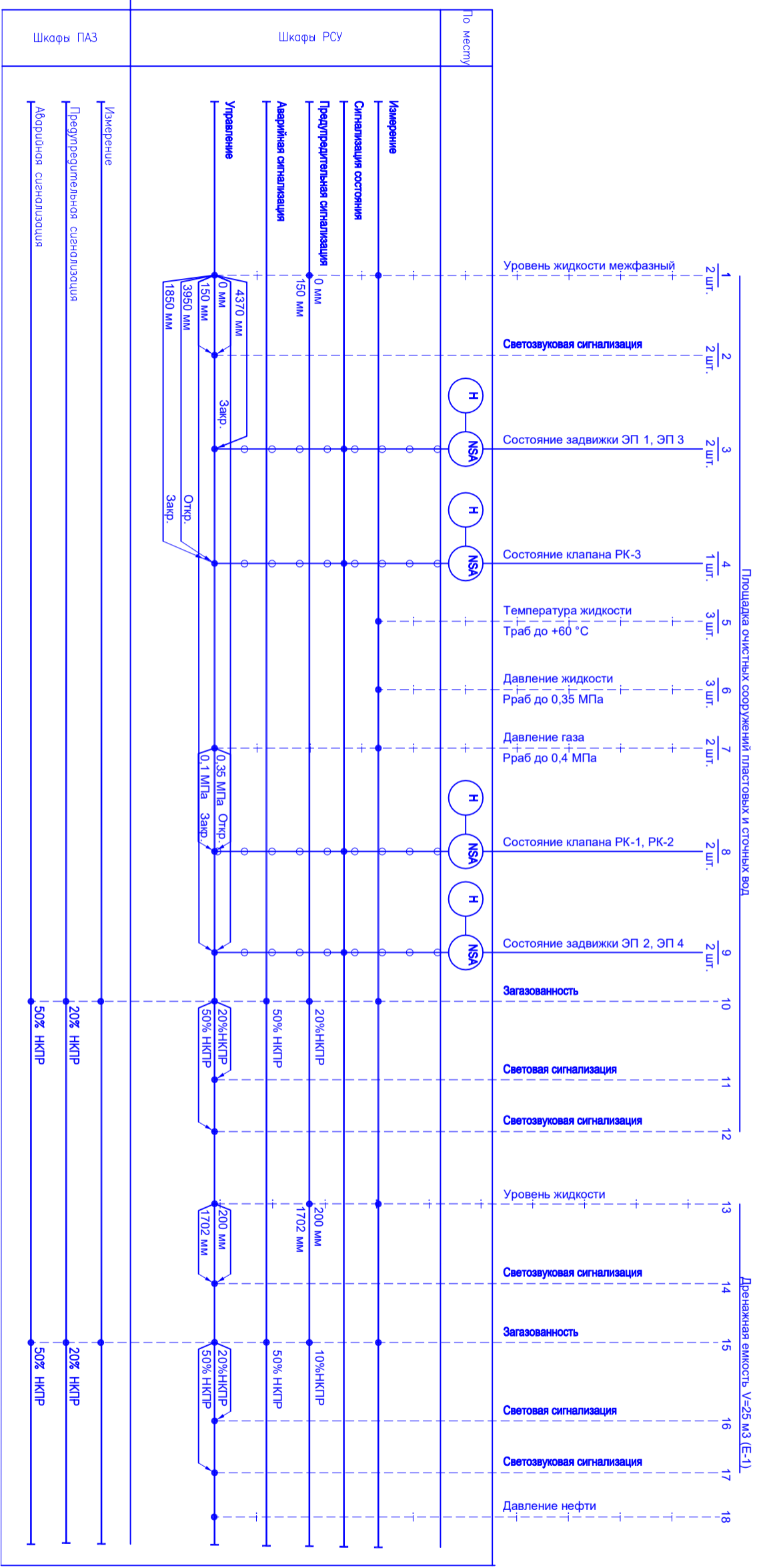
Площадка очистных сооружений пластовых и сточных вод



Инв. N° подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N°	Инв. N дубл.	Подп. и дата	Справ. N°	Перв. примен.

<b>ФЮРА. 425280. 003</b>			
<b>Функциональная схема автоматизации</b>			
Изм.	Лист	N° док-м.	Подп.
Разраб.	Беляева Е.С.		
Проб.	Громаков Е.И.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Утв.			
Лист		Масса	Масштаб
Листов			
НИ ТПУ СЧМ группа 8Т31			
Копировал			
Формат А3			

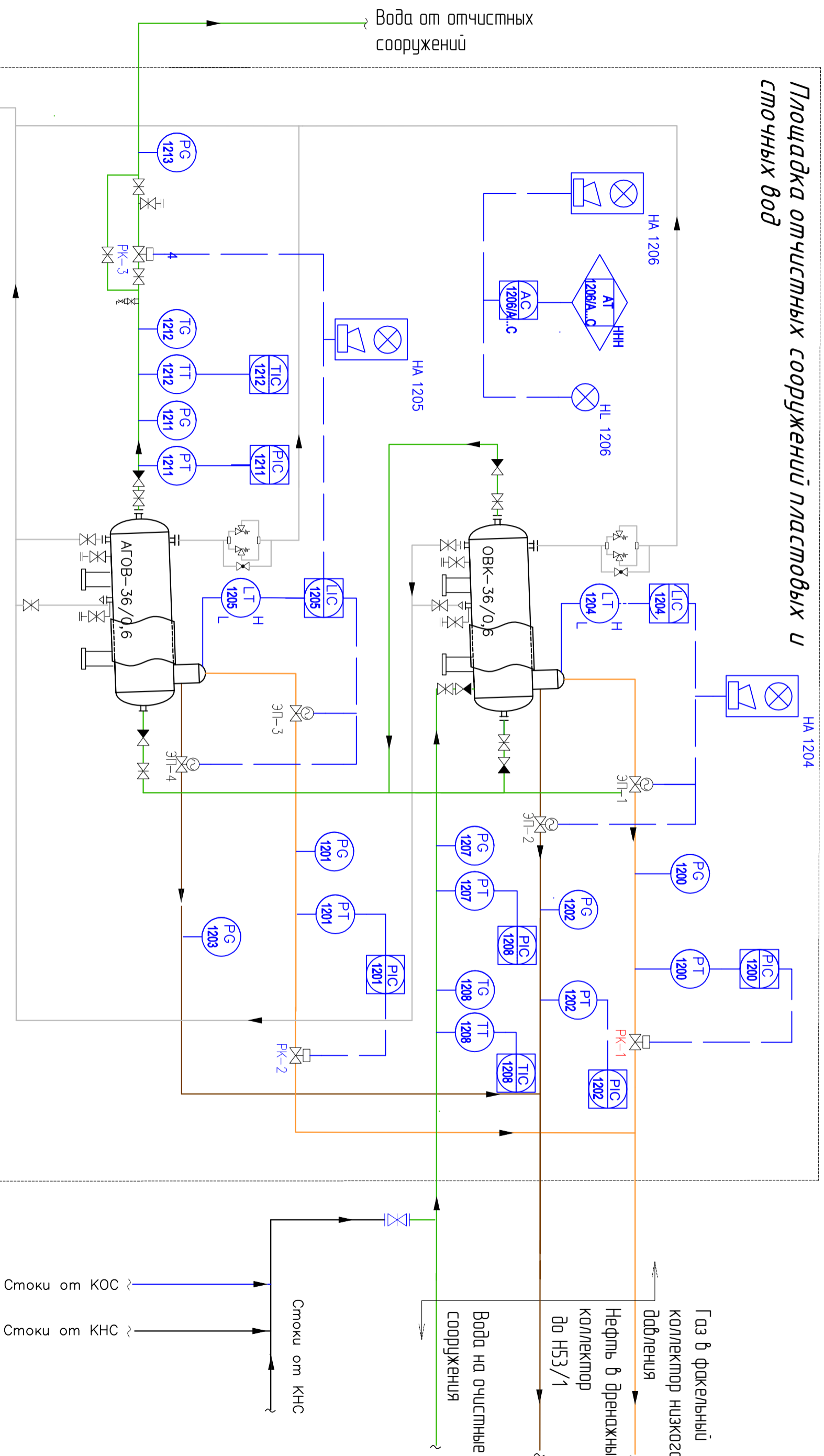
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------



ФЮРА. 425280. 003			Лист	Масса	Масштаб
Функциональная схема автоматизации			Лист		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Беляева Е.С.			
Проб.		Громиков Е.И.			
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.					
НИ ТПУ СЭМ группа 8ТЭ1			Лист		



Площадка очистных сооружений пластмассовых и сточных вод

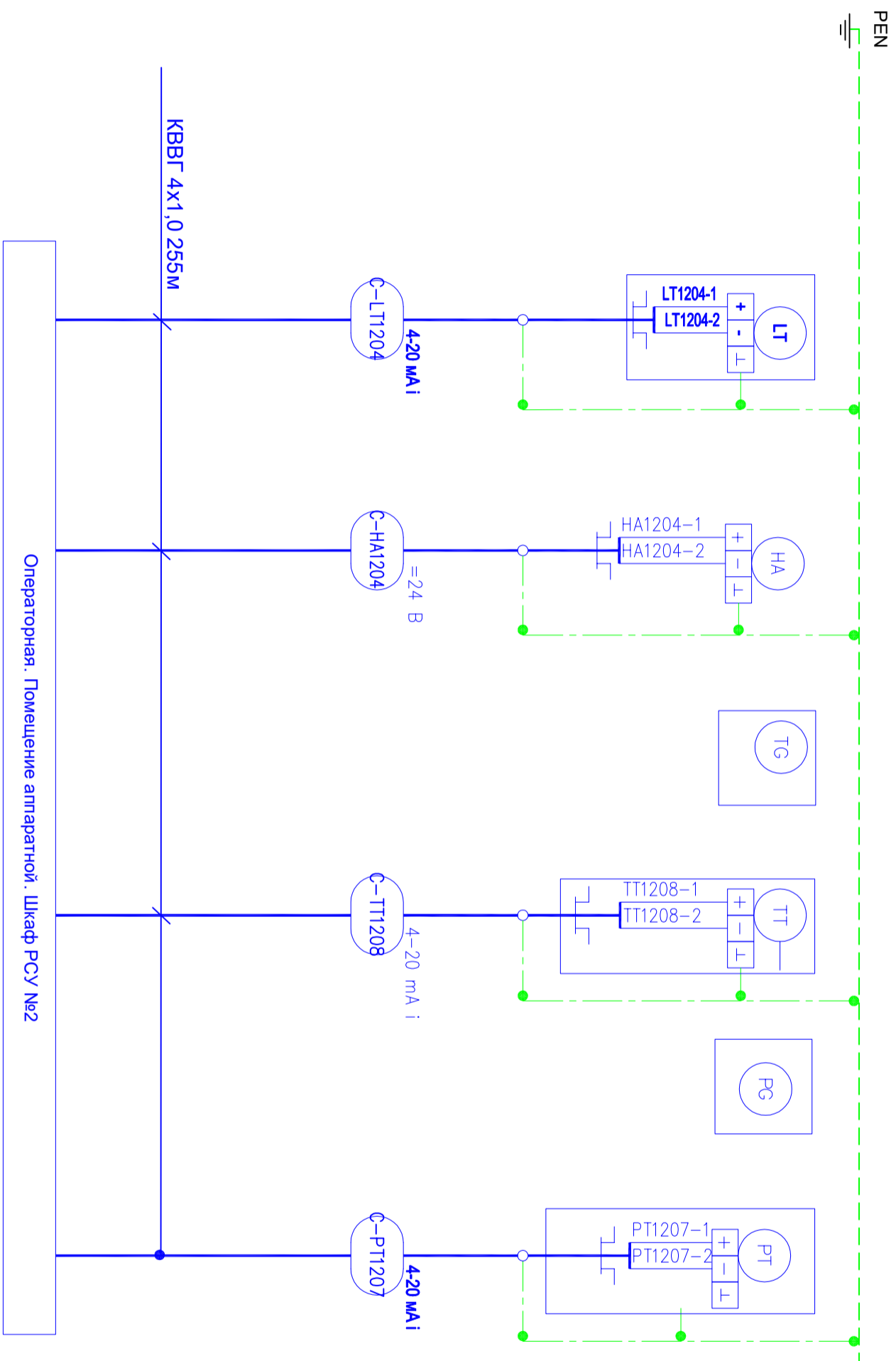


Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

ФЮРА.425280.003			Лист	Масса	Масштаб
Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA			Лист		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
Разраб.		Белыева Е.С.			
Пров.		Громаков Е.И.			
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.					

Копировал Формат АЗ

Наименование параметра и место отбора импльуса		Аппарат очистки воды и стоков ОВК						
Уровень жидкости межфазный в аппарате	LT1204	Светозвуковая сигнализация	HA1204	Температура жидкости на входе в аппарат	ТГ1208	Давление жидкости на входе в аппарат	PG1207	РТ1207
Поз. обозначение	LT1204		HA1204		ТГ1208		PG1207	РТ1207

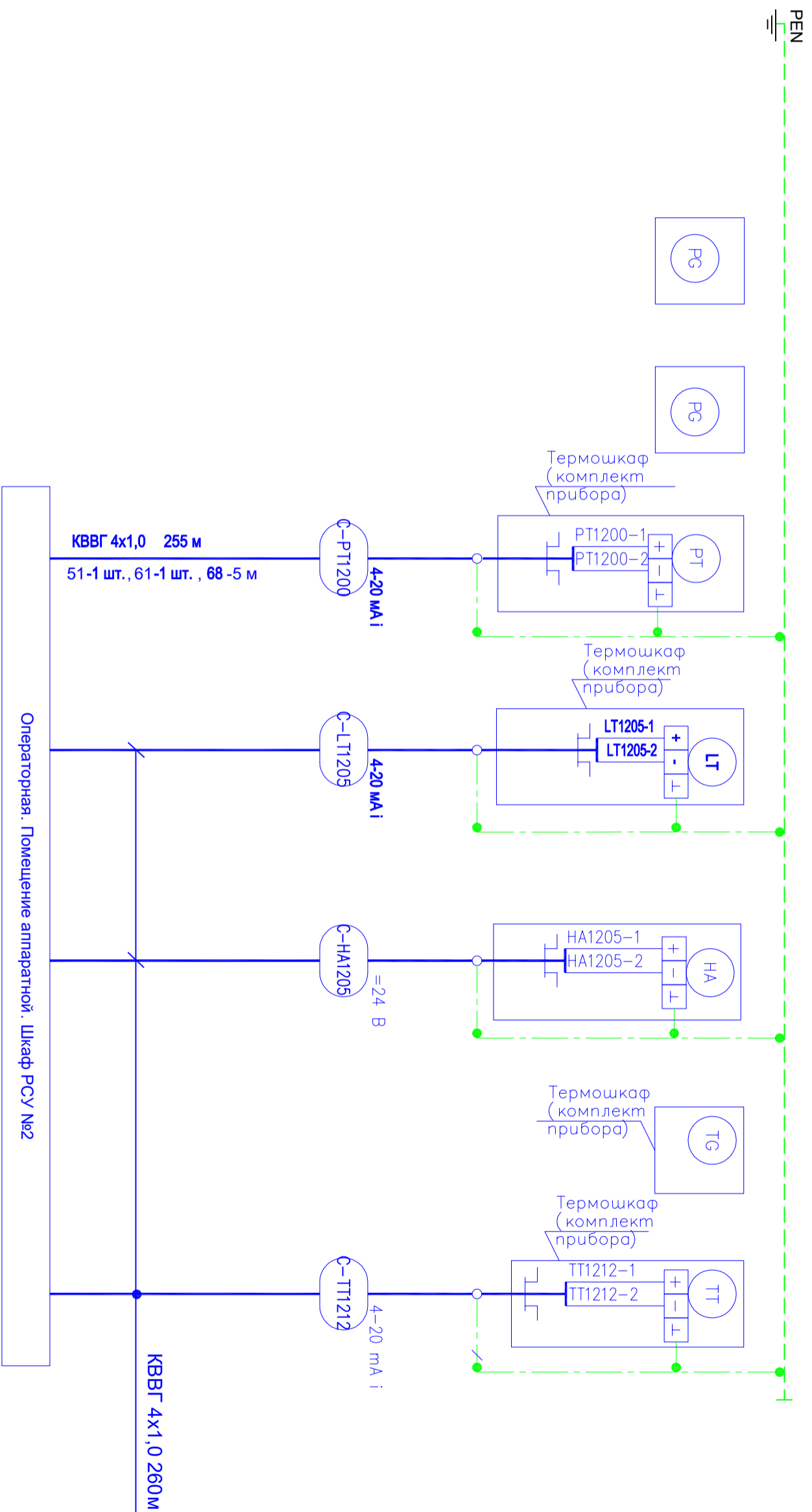


Инв. N° подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N°	Инв. N дубл.	Подп. и дата

Справ. N°	Перв. примен.

ФЮРА.425280.003				
Схема внешних проводов (начало)				
Изм	Лист	N° докум.	Подп.	Дата
Разроб.	Беляева Е.С.			
Проб.	Громаков Е.И.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				
			Лист	Масса
			Листов	Масштаб
			НИ ТПУ СУМ	
			зрпна 8Т31	

Наименование параметра и место отбора импульса	Аппарат очистки воды и стоков ОВК		Аппарат глубокой очистки воды и стоков АГОВ	
	Давление нефти на выходе из аппарата	Давление газа на выходе из аппарата	Уровень жидкости межфазный в аппарате	Светозвуковая сигнализация
Поз. обозначение	PG1202	PG1200	LT1205	HA1205
		PT1200		TG1212
				TT1212



Инв. N° подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N°	Инв. N дубл.	Подп. и дата
---------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Справ. N°	Перв. примен.
-----------	---------------

ФЮРА. 425280. 003			
Схема внешних проводок (конец)			
Изм	Лист	N° докум.	Подп.
		Беляева Е.С.	
		Проб.	Громиков Е.И.
		Т.контр.	
		Н.контр.	
		Упр.	

Лист	Масса	Масштаб

НИ ТПУ СУМ  
группа 8Т31

Перв. примен.

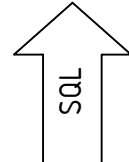
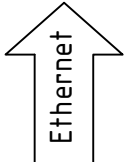


АРМ Логиста  
АРМ Технолога  
АРМ Диспетчера

БД КИС



Ethernet



Справ. №

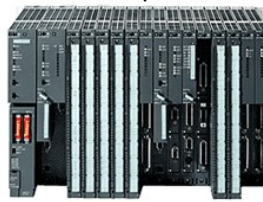
### Шкаф управления

Команды управления  
данные настройки  
Данные и состояния  
Архив оперативных сводок



### Шкаф Ввода-вывода

Данные модулей ввода  
Данные интеллектуальных устройств  
Преобразованные аналоговые данные  
Данные управления и сигнализации

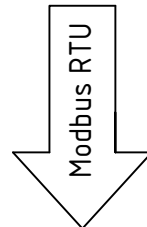
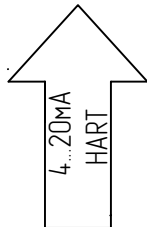


Погп. и дата

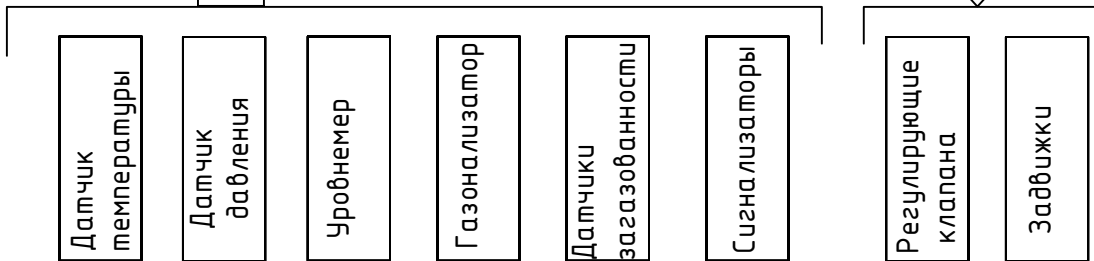
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Сигналы измерения и состояния



Команды управления и настройки



Погп. и дата

Инв. № подл.

Изм	Лист	№ докум.	Погп.	Дата	
Разраб.		Беляева Е.С.			
Пров.		Громаков Е.И.			
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.					

ФЮРА. 425280. 003

Схема информационных потоков

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	
НИ ТПУ СУМ группа 8Т31		

Перв. примен.

Справ. №

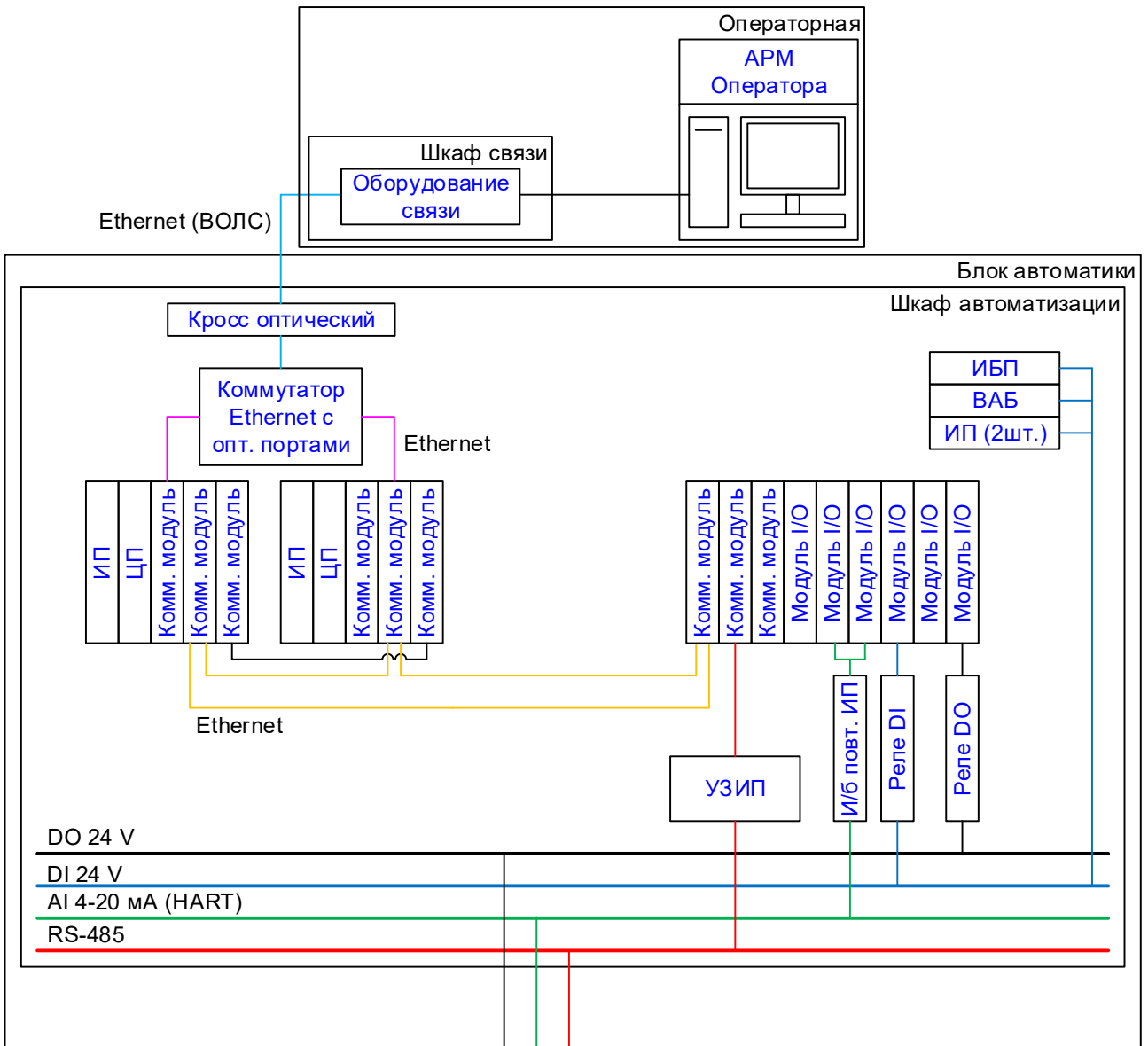
Погр. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Погр. и дата

Инв. № подл.



**Площадка очистных сооружений, Емкость подземная Е-1**  
 Датчики загазованности;  
 Датчики давления;  
 Датчики уровня;  
 Световые и светозвуковые сигнализаторы;  
 Задвижки (ЭП-1, ЭП-2, ЭП-3);  
 Клапаны (РК-1, РК-2, РК-3).

ФЮРА. 425280. 003

Структурная схема  
автоматизации

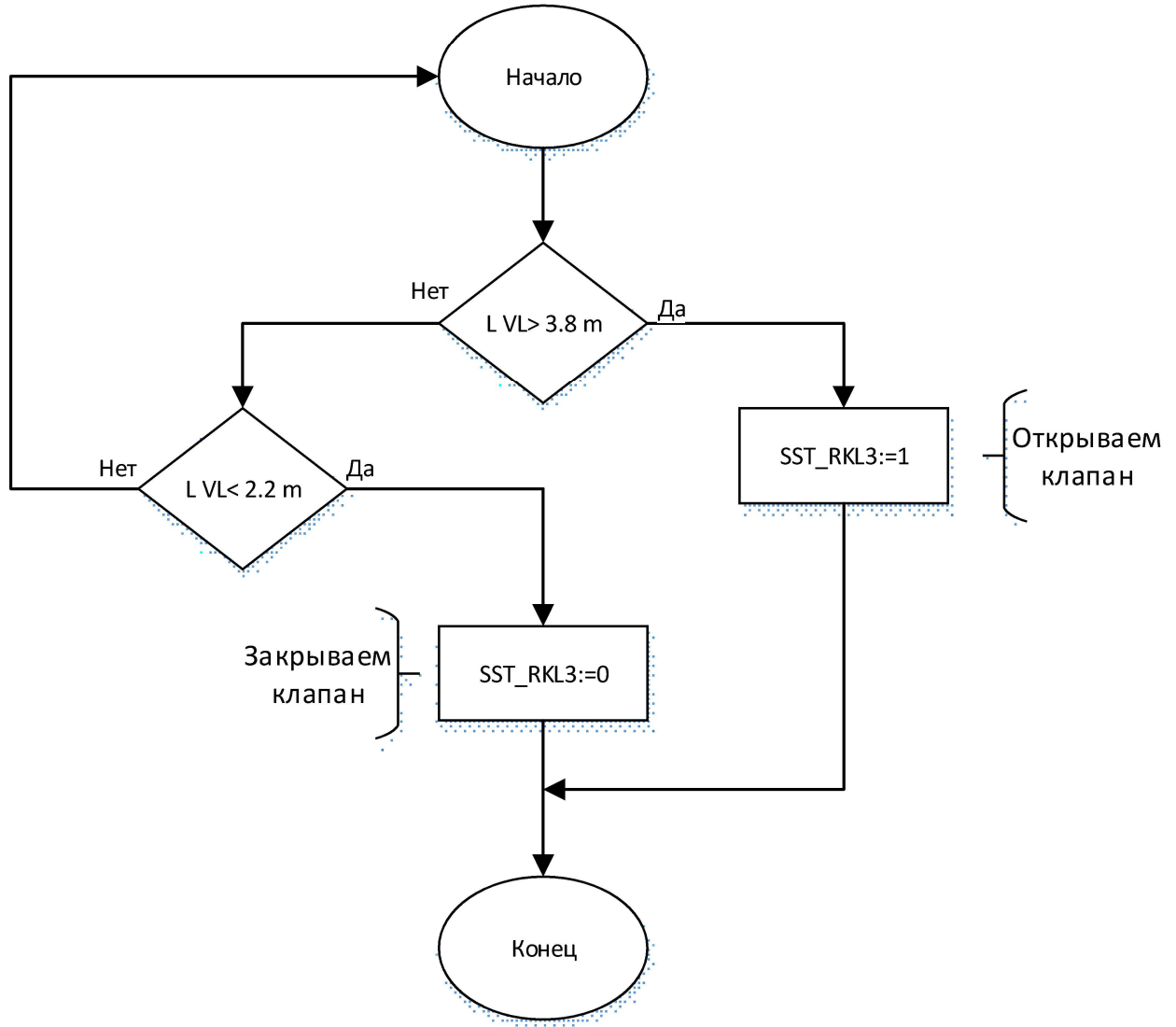
Изм	Лист	№ докум.	Погр.	Дата
Разраб.		Беляева Е.С.		
Пров.		Громаков Е.И.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Лист	Масса	Масштаб
Лист	Листов	

НИ ТПУ СУМ  
группа 8Т31

Перв. примен.

Справ. N°



Погп. и дата

Инв. N дубл.

Взам. инв. N°

Погп. и дата

Инв. N° подл.

Изм	Лист	N° докум.	Погп.	Дата	
Разраб.		Беляева Е.С.			
Пров.		Громаков Е.И			
Т.контр.					
Н.контр.					
Утв.					

ФЮРА. 425280. 003

Алгоритм управления РКЗ

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	
НИ ТПУ СУМ группа 8Т31		

Перв. примен.

Справ. №

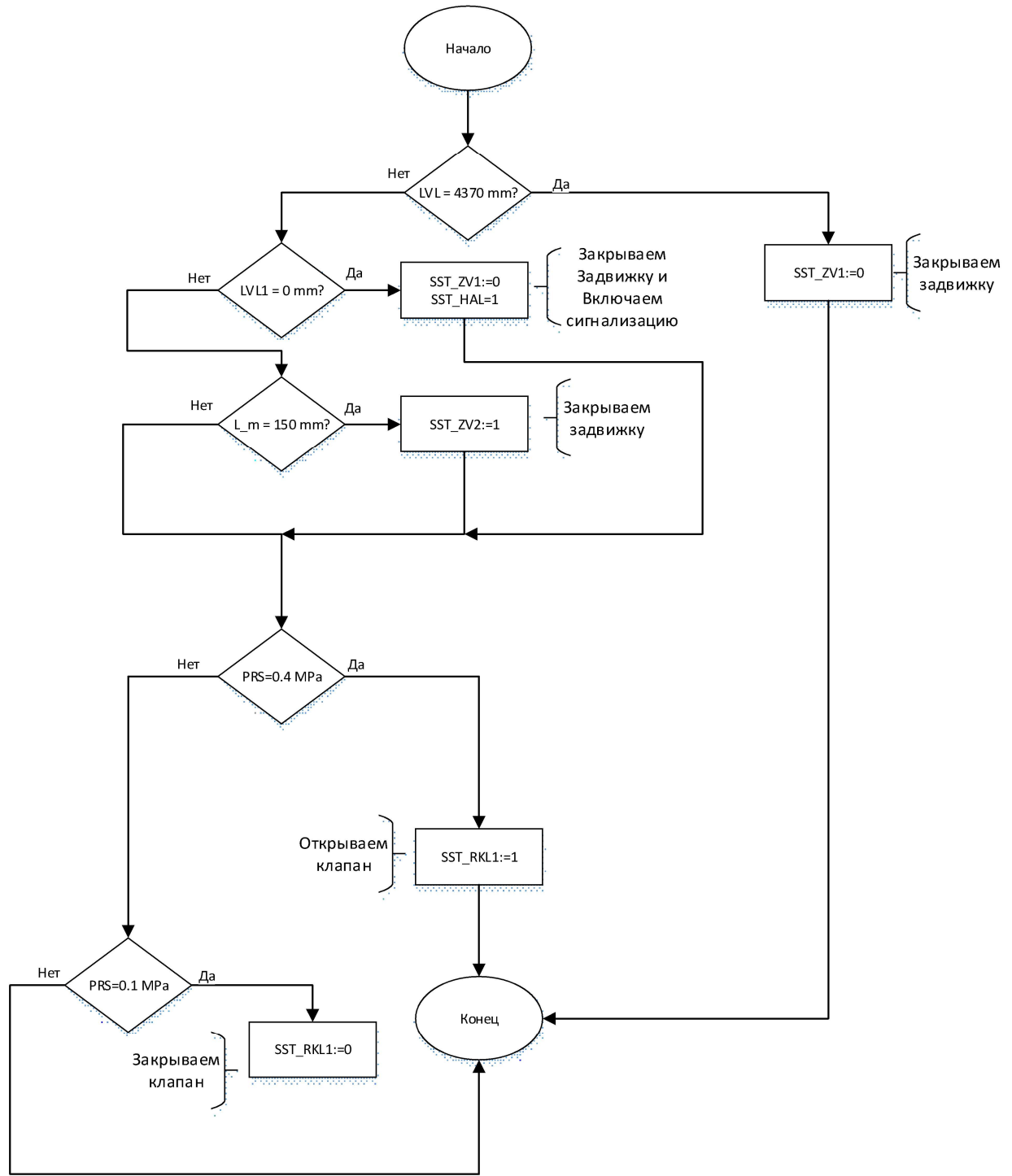
Погн. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Погн. и дата

Инв. № подл.

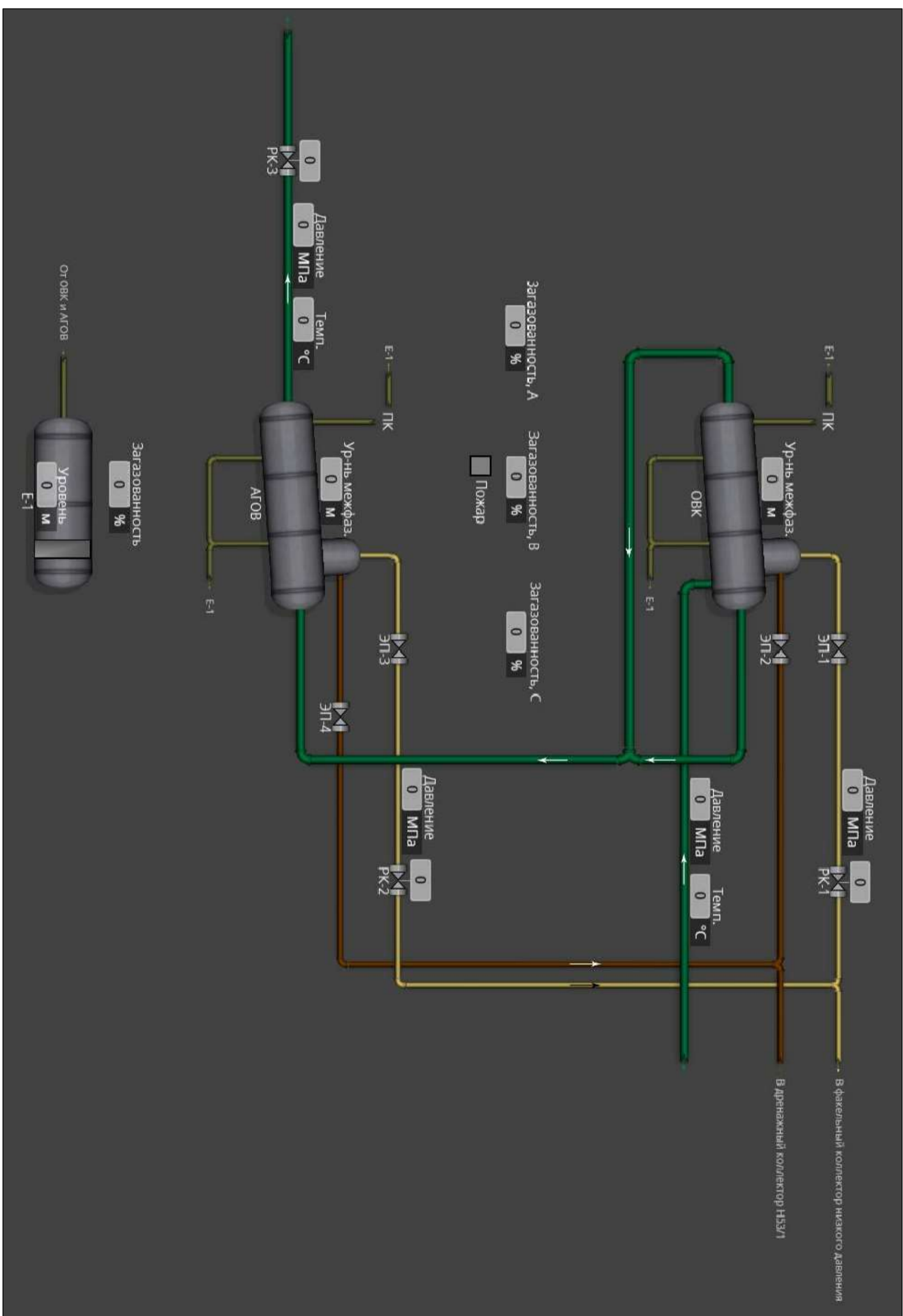


ФЮРА. 425280. 003

Алгоритм управления ЗРА

Изм	Лист	№ докум.	Погн.	Дата
Разраб.		Беляева Е.С.		
Пров.		Громаков Е.И		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	
НИ ТПУ СУМ группа 8Т31		



Инв. N° подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N°	Инв. N дубл.	Подп. и дата	Справ. N°	Перв. примен.

ФЮРА. 425280. 003			
Мнемосхема			
Изм	Лист	N° док-м.	Подп.
Разраб.	Беляева Е.С.		
Проб.	Громаков Е.И.		
Т.контр.			
Н.контр.			
Упр.			
Лист	Масса	Листов	Масштаб
НИ ТПУ СУМ			
группа 8Т31			