

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

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БЛОКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ГАЗА</b>
---

УДК 004.896:622.767.63-974:622.279.8.002.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Василишина Ксения Алексеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов С. В.	к.т.н.		

Нормоконтроль

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева И. Л.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП ИШИТР	Воронин А. В.	к.т.н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С. В.	к.т.н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП**  
**15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»**

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

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

Школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Уровень образования – бакалавр  
 Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019
--	------------

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Директор ЦССП	Ефимов Семён Викторович	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Воронин А.В.  
(Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<b>бакалаврской работы</b> (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т41	Василишина Ксения Алексеевна

Тема работы:

<b>Проектирование автоматизированной системы блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2344/с от 26.03.2019 года.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2019 года.
--	------------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: блок низкотемпературной сепарации газа. Цель работы: разработка автоматизированной системы управления блока низкотемпературной сепарации газа с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы. Режим работы: непрерывный.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Описание технологического процесса; 2. Разработка структурной схемы АС; 3. Разработка функциональной схемы автоматизации; 4. Разработка схемы информационных потоков АС; 5. Выбор средств реализации АС; 6. Разработка схемы соединения внешних проводов; 7. Разработка алгоритмов управления АС;
<b>Перечень графического материала</b>	1 Трехуровневая структурная схема

<i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	2 Обобщенная структурная схема 3 Функциональная схема автоматизации технологическим процессом 4 Схема информационных потоков 5 Схема сигнализации 6 Схема внешних проводок.
---	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

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


<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	26.03.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ЦССП	Ефимов Семён Викторович	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Василишина Ксения Алексеевна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т41	Василишина Ксения Алексеевна

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Оклады участников проекта, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Организация и планирование работ	<i>Планирование этапов работ, составление графика работ</i>
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	<i>Бюджет проведения работ.</i>
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	<i>Оценка экономической эффективности проекта</i>

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

1. Линейный график работы
---------------------------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т41	Василишина Ксения Алексеевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 3-8Т41	ФИО Василишина Ксения Алексеевна
------------------	-------------------------------------

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР: «Проектирование автоматизированной системы блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа»

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

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	УКПГ с применением низкотемпературной сепарации газа предназначена для сбора, подготовки газа и конденсата на газоконденсатных месторождениях.
--	--

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

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	Повышенный уровень шума (ГОСТ 12.1.00383) и вибрации (ГОСТ 12.1.012-78) на рабочем месте; напряженность трудового процесса (Р2.2.755-99); отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе (ГОСТ 12.1.005-88)
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	Электробезопасность – статическое электричество (специальная одежда (браслеты и кольца)); Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, готовой продукции и отходов производства.
3. Охрана окружающей среды	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы): основным источником загрязнения атмосферы являются продукты сгорания газа – оксиды азота и углерода. Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы): загрязнение в процессе освоения месторождений, транспортировки газа судами, загрязняют пластовые воды, выделяемые из газа.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар, взрыв.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Василишина Ксения Алексеевна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц машинного текста, 20 таблиц, 27 рисунков, 1 список использованных источников из 22 наименований. Объектом исследования является блок низкотемпературной сепарации газа.

Цель работы - разработка автоматизированной системы управления блока низкотемпературной сепарации газа с использованием ПЛК. В выпускной квалификационной работе была разработана: функциональная схема автоматизации, структурная схема, схема информационных потоков, схема соединения внешних проводок.

Помимо этого в данной работе подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способность работать с необходимыми технологическими параметрами. Далее представлен перечень ключевых слов: низкотемпературная сепарация газа, автоматизированная система управления, датчики, функциональная схема, ПИД – регулятор, программируемый логический контроллер.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2013, Matlab R2015a, Siemens TIA Portal V13. Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 компании Microsoft.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	11
1. Техническое задание .....	12
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП .....	12
1.2 Назначение системы .....	13
1.3 Требования к техническому обеспечению .....	13
1.4 Требования к метрологическому обеспечению.....	15
1.5 Требования к программному и информационному обеспечению.....	15
2 Основная часть .....	17
2.1 Описание технологического процесса .....	17
2.2 Выбор архитектуры АС .....	17
2.3 Разработка структурной схемы АС .....	18
2.4 Функциональная схема автоматизации .....	20
3 Выбор средств реализации .....	23
3.1 Выбор контроллерного оборудования .....	23
3.2 Выбор датчиков .....	26
3.2.1 Выбор датчика температуры .....	26
3.2.2 Выбор уровнемера .....	29
3.2.3 Выбор сигнализаторов уровня .....	31
3.2.4 Выбор датчика давления .....	34
3.3 Выбор исполнительных механизмов .....	37
3.3.1 Выбор клапана .....	37
3.3.2 Выбор насоса .....	37
3.3.3 Выбор асинхронного двигателя .....	42
3.3.4 Выбор частотного преобразователя .....	44
3.4 Разработка схемы внешних проводок .....	47
4. Выбор алгоритмов управления АС (НТС) .....	48
4.1 Алгоритм автоматического регулирования .....	48
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	55
5.1. Организация и планирование работ.....	55
5.1.1. Продолжительность этапов работ.....	56
5.1.2 Расчет накопления готовности проекта.....	59
5.2 расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	60
5.2.1 Расчет затрат на материалы.....	60
5.2.2 Расчет заработной платы.....	61
5.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	62
5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию.....	62
5.2.5 Расчет амортизационных расходов.....	63
5.2.6 Расчет прочих расходов .....	64
5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	65
5.2.8 Расчет прибыли.....	65

5.2.9 Расчет НДС.....	65
5.2.10 Цена разработки.....	65
6. Социальная ответственность.....	67
6.1 Введение.....	67
6.2 Анализ вредоносных и опасных факторов.....	67
6.3 Уровень шума и вибрации на рабочем месте.....	69
6.4 Электромагнитное излучение.....	70
6.5 Электробезопасность.....	71
6.6 Экологическая безопасность.....	72
6.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	74
Заключение .....	77
Список используемых источников .....	78
Приложение А.	
Приложение Б	
Приложение В	

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматизация - направление научно-технического прогресса, применяющее саморегулирующие технические средства, систем управления и экономико-математических методов, которые освобождают человека от участия в процессах преобразования, получения, использования и передачи использования энергии, информации или материалов, уменьшающих степень этого участия или трудоёмкость операций. Требуется дополнительное применение датчиков (сенсоров), управляющих и исполнительных устройств, устройств ввода, исполнительных устройств и устройств вывода, которые используют методы вычислений и электронную технику.

Автоматизация производства без непосредственного участия обслуживающего персонала позволяет осуществлять технологические процессы. Изначально была осуществлена только частичная автоматизация отдельных операций. С течением времени сфера применения автоматизации обобщилась на основные и вспомогательные операции.

При использовании полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается только наблюдением за работой оборудования, наладкой и настройкой аппаратуры.

Целью данной работы является проектирование автоматизированной системы блока (НТС) с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA системы.

## 1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

### 1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ АСУ ТП

Система создается с целью:

- обеспечение высоких технико-экономических показателей работы установки комплексной подготовки газа с помощью автоматизированной стабилизации ао наиболее оптимального режима работы технологического оборудования в определенных рамках заданных условий и технологических ограничений;
- осуществление высокого уровня безопасности технологических процессов подготовки газа;
- обеспечение передачи достоверной, точной и оперативной информации на верхний уровень;
- уменьшение трудозатрат на персонал, с помощью функции автоматизации контроля и управления технологическими процессами и оборудованием;
- с помощью автоматических систем управления и регулирования, предотвращения аварийных ситуаций, а также соблюдение технологического регламента работы установок.

Задачи автоматизированной системы управления:

- контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования подготовки газа;
- контроль и управление в автоматическом и ручном режиме технологическими объектами автоматизации, входящие в систему;
- обеспечение системы аварийной остановки для контроля технологического процесса и аварийных блокировок/отключений;
- сбор и обработка данных о состоянии контроля технологических процессов;

- управление и регулирование технологических процессов в соответствии с заданиями, которые устанавливают операторы АСУ;
- вывод информации о технологических процессах на мнемосхемах на дисплей оператора АСУ в реальном времени, отображение численных значений параметров.

## **1.2. НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ**

Установка комплексной подготовки газа (УКПГ) представляет собой систему технологического оборудования и различных вспомогательных устройств, которая обеспечивает сбор и обработку природного газа и конденсата в соответствии с требованиями российских отраслевых и государственных стандартов. В качестве сырья для УКПГ служит природный газ, полученный из газоконденсатных и газовых месторождений.

Установка низкотемпературной сепарации (НТС) обеспечивает разделение сырого газа на нестабильный конденсат и осушенный газ. Принцип действия установки заключается в том, что газовый поток проходит последовательно три ступени сепарации, которые отличаются условиями разделения (температура, давление).

Параметры разделения в каждой ступени должны обеспечивать выделение жидкой фазы определённого состава и максимальную конденсацию [1].

## **1.3. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ**

В дипломном проекте должны использоваться датчики и исполнительное оборудование, которое будет соответствовать условиям эксплуатации. При этом внешние части используемого оборудования, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайных прикосновений и иметь заземление.

К техническим средствам автоматизации в общем случае предъявляются следующие требования:

- погрешность каналов измерения датчика не должна превышать 0.2%;
- при выборе приборов первичного контроля необходимо;
- использовать датчики отечественных производителей;
- главное внимание уделяется показателям надежности, возможности замены приборов без отключения системы из технологического процесса, возможности управления процессом как по месту, так и дистанционно.

Выбор аппаратуры первичных средств автоматизации должен учитывать следующие факторы:

- наличие сертификата Госстандарта и Ростехнадзора России;

минимизация в выборе заводов-изготовителей и поставщиков оборудования КИПиА;

- использование приборов с унифицированными выходными сигналами.
- аналоговый выход - 4..20 мА;
- термопреобразователи и термопары с номинальными техническими характеристиками ТСП100 и ХА;
- вид взрывозащиты - взрывобезопасное исполнение;
- для сбора информации и управлением исполнительными механизмами используется промышленный контроллер;
- первичные средства, не имеющие собственного питания, запитываются от общей сети АСУ ТП с использованием их в составе искрозащищенных барьеров;
- датчики и первичные преобразователи выбираются в климатическом исполнении - 45...+35°C.

## 1.4. ТРЕБОВАНИЯ К МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности низкотемпературного сепаратора газа представляют собой комплекс обязательных и рекомендуемых к исполнению действий, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение эффективности и качества работоспособности системы

Требуемые нормы погрешности представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Требования к погрешности измерительных каналов

№	Наименование измеряемого параметра	Норма погрешности (не более)
1	Температура	$\pm 0,2\%$
2	Давление	$\pm 0,10\%$
3	Уровень	$\pm 0,15\%$

## 1.5. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ И ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

Программное обеспечение АСУ ТП должно быть достаточным для выполнения всех функций системы, которые имеют средства организации всех требуемых процессов обработки данных и реализуются с применением средств вычислительной техники и, которые позволяют своевременно выполнять все автоматизированные функции во всех режимах работы автоматической системы управления технологического процесса.

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать в себя [1]:

- системное программное обеспечение - операционные системы; инструментальное программное обеспечение;
- общее прикладное программное обеспечение;

- специальное прикладное программное обеспечение.

Программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- обработка и хранение текущих значений технологических переменных, которые поступают в систему в результате опроса датчиков и первичной переработки информации;
- создание распределённой базы данных и возможность доступа к ней;
- отображение мнемосхем, которые являются графическим изображением средств КИПиА и основного технологического оборудования, и отображают их структуру, состояние, алгоритм управления и защиты.
- обмена информацией в рамках аспределённой системы посредством базы данных, которая обеспечивает доступ к данным с локальных элементов сети;
- возможность изменения параметров технологического процесса;
- создание унифицированной электронной документации, отчетов (рапортов, протоколов).

## **2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Функциональная схема низкотемпературной сепарации газа приведена в альбоме схем (Приложение А). Также представлена и упрощенная схема данного технологического процесса.

Установка комплексной подготовки газа предназначена для сбора и полной обработки газа до кондиции, соответствующей ОСТ 51.40-74 "Газы горючие природные, подаваемые в магистральный газопровод" [16].

В результате получения товарного газа (осушки газа) на УКПГ получают нестабильный конденсат, который подается для стабилизации на установку дезтанизации и стабилизации конденсата (УДСК), которая предназначена для переработки газового конденсата и получение из нее углеводородных газов, состоящая из сжиженной широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) и стабильного конденсата. Подготовка газового конденсата - согласно ОСТ 51.65-80 "Конденсат газовый стабильный. Технические условия" [2].

Установка комплексной подготовки газа состоит из модулей - последовательных технологических автоматизированных линий обработки газа с законченным технологическим процессом.

### **2.2 ВЫБОР АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ**

В главные разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС входит ее профиль. Под профилем понимаются стандарты, которые ориентированы на выполнение определённой задачи.

Основными целями применения профилей являются:

- снижение трудоемкости АС;
- повышение качества оборудования АС;
- возможность масштабирования разрабатываемой АС

- функциональная интеграция АС.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- профиль прикладного ПО;
- профиль среды АС;
- профиль защиты;
- профиль инструментальных средств АС.

Для разработки автоматизированной системы управления будем использовать следующее:

- прикладное программное обеспечение: TIA Portal (SCADA система);

### **2.3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АС**

Объектом управления в данной системе является блок низкотемпературной сепарации газа. В трехступенчатом сепараторе осуществляется замер уровня жидкости, давления, температуры, а в трубопроводах давление и температура на замерных нитках до теплообменников и после.

Исполнительным устройством являются клапаны с электроприводом и насос с приводом от асинхронного двигателя.

Спецификация каждой системы управления определяется используемой на каждом уровне с помощью программно-аппаратной платформой [2].

Структурная схема АС приведена в альбоме схем (Приложение Б).

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков:

- датчика температуры;
- датчика уровня;
- датчика давления с индикацией и регистрацией;
- датчика расхода;

Средний уровень (контроллерный) состоит из:

- основной контроллер;
- резервный контроллер.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит:

- коммутатора, компьютеров и серверов баз данных, которые объединены в локальную сеть Ethernet. На компьютерах диспетчера и операторов установлены операционная система Windows 7 и программное обеспечение TIA Portal.

С нижнего уровня полевые датчики передают информацию на контроллерный уровень программируемому логическому контроллеру, который в свою очередь, выполняет следующие задачи:

- собирает, обрабатывает и хранит всю информацию о состоянии технологического процесса и о состоянии параметров используемого оборудования;
- осуществляет автоматизированное управление технологическим процессом;
- выполняет команды, которые поступают с пункта управления;
- обменивается информацией с пунктом управления;
- обрабатывает данные, при этом масштабируя их;
- поддерживает единое время всей системы;
- синхронизирует работу подсистем;
- организует создание архивов по заданным параметрам;

Операторская состоит из нескольких станций управления, которыми являются компьютеры оператора АСУ. Также в операторской расположен сервер БД. На экранах оператора АСУ отображаются технологические процессы и оперативное управление.

Контроллеры среднего уровня и коммутатор верхнего уровня взаимодействуют посредством локальной сети Ethernet. Также используя

локальные сети Ethernet взаимодействуют между собой концентратор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

## **2.4. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ**

На функциональной схеме автоматизации представляют основные технические решения, которые применяются в процессе проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Объектом управления является основное и вспомогательное оборудование вместе с встроенными в него регулирующими и запорными органами.

Функциональная схема - это технический документ, определяющий функционально блочную структуру контуров управлениями технологическим процессом [7].

Также на функциональной схеме автоматизации отображаются приборы и средства автоматизации, с помощью которых оснащен объект управления.

Все элементы системы управления показаны как условные изображения, их объединяют в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема может включать в себя упрощенное изображение технологической системы автоматизируемого процесса. Оборудование на схемах показаны в виде условных изображений [7].

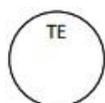
В процессе разработки функциональной схемы автоматизации решают данные задачи:

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

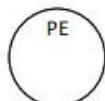
Функциональная схема автоматизации в данной работе разрабатывается по ГОСТ 21.208-2013 [6] и ANSI/ISA-5.1-2009 [8].

В альбоме схем Приложение А приведена функциональная схема автоматизации системы блока низкотемпературной сепарации газа, разработанная по ГОСТ 21.208-2013 [7].

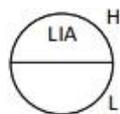
На функциональной схеме приведены следующие обозначения:



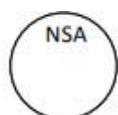
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту;



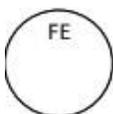
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения давления, установленный по месту;



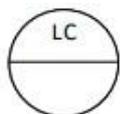
Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите;



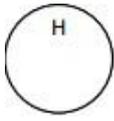
Прибор для управления приводом задвижек, установленный по месту;



Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту;



Оборудование для управления уровнем жидкости, установленное удалённо;



Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная по месту.

### 3. ВЫБОР СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ

#### 3.1. ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе выбора контроллерного оборудования были рассмотрены 2 вида ПЛК: Siemens SIMATIC S7-1200 [9] и ЭЛСИ - ТМ [10].

В таблице 3 представлены технические характеристики двух ПЛК: Siemens SIMATIC S7-1200 и ЭЛСИ - ТМ.

Таблица 3 - Технические характеристики Siemens SIMATIC S7-1200, ЭЛСИ - ТМ

Технические характеристики	Siemens SIMATIC S7-1200	ЭЛСИ - ТМ
Процессор	313C	Intel Industrial Celeron 2,3 GHZ
Память (РАМ)	64 Кбайт	64 Кбайт
Количество каналов ввода-вывода	4096	1920
Время цикла	От 0,15 мс	0,2 мкс
Тип интерфейса	RS485, Ethernet, Modbus, Profibus, MPI,	Ethernet, RS485, Profibus
Напряжение питания	24 В	24 В
Потребляемая мощность	6 Вт	110 Вт
Диапазон рабочей температуры	-40..+70 °С	-40..+60°С
Степень защиты	IP65	IP20



Рисунок 1 - ЭЛСИ - ТМ



Рисунок 2 - Siemens SIMATIC S7-1200

В результате технико-экономического анализа был выбран ПЛК Siemens SIMATIC S7-1200 (Рисунок 2).

Программируемый логический контроллер Siemens SIMATIC S7-1200 - необходим для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Возможность контроллера заключается в том, что у него есть возможность использования структур локального и распределенного ввода-вывода, обширные коммуникационные возможности, функции,

поддерживаемые на уровне операционной системы, удобная эксплуатация и обслуживание дают возможность получения решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в разных областях промышленного производства [4].

Возможности контроллера:

- быстроедействие и поддержка математических операций для эффективной обработки данных;
- удобная настройка параметров с инструментами для всех модулей контроллера;
- постоянный мониторинг системы для обнаружения ошибок и отказов с использованием диагностических функций;
- журнал диагностических сообщений с метками даты и времени;

На рисунке 3 представлена конфигурация ПЛК.

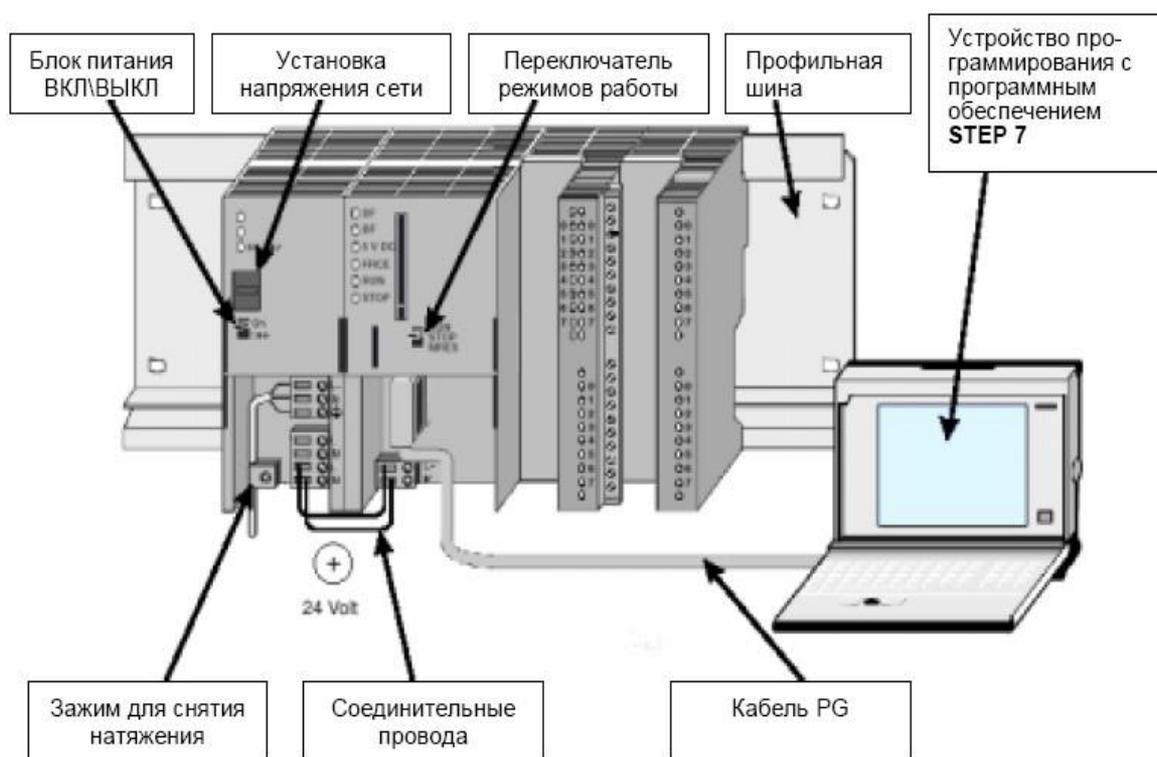


Рисунок 3 - Конфигурация ПЛК

Возможная схема подключения контроллера Siemens SIMATIC S7-1200 представлена на рисунке 4.

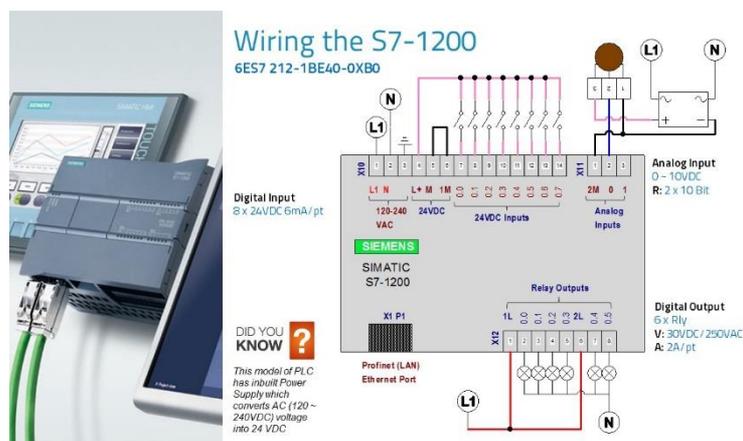


Рисунок 4 - Возможная схема подключения контроллера Siemens SIMATIC S7-1200

## 3.2. ВЫБОР ДАТЧИКОВ

### 3.2.1. ВЫБОР ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ

В процессе выбора оборудования для измерения температуры низкотемпературной сепарации газа, были выделены два датчика температуры: МСТУ Метран-274 [11], Метран-288 [12].



Рисунок 5 - Датчик температуры Метран-288



Рисунок 6 - Датчик температуры ТСМУ Метран-274

Приведем технические характеристики выбранных датчиков (таблица 4):

Таблица 4 - Сравнение характеристик датчиков температуры.

Технические характеристики	Метран-288	ТСМУ Метран - 274
Измерение среды	Нейтральная и агрессивная	Нейтральная и агрессивная
Диапазон измерения	-50..+500°C	-40..+500°C
Погрешность измерений	±0,2%	±0,25%
Выходной сигнал	4-20 мА	4-20 мА
Диапазон температур окружающей среды	-50..+1200°C	-40..+1000°C
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65	IP65

Данные датчики очень близки по техническим параметрам, однако датчик ТСМУ Метран -274 уступает конкуренту в таких показателях, как погрешность измерений и диапазон температур окружающей среды.

Габаритные и присоединительные размеры, а также схема подключения приведена на рисунке 7 и 8.

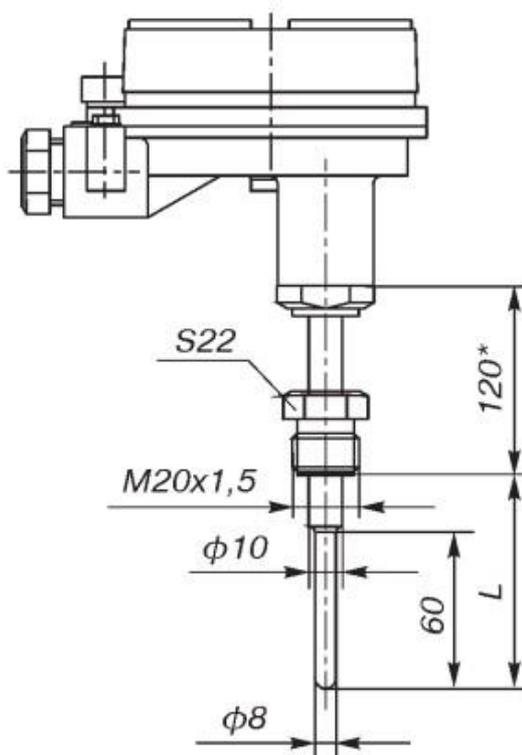


Рисунок 7 - Габаритные и присоединительные размеры Метран-288

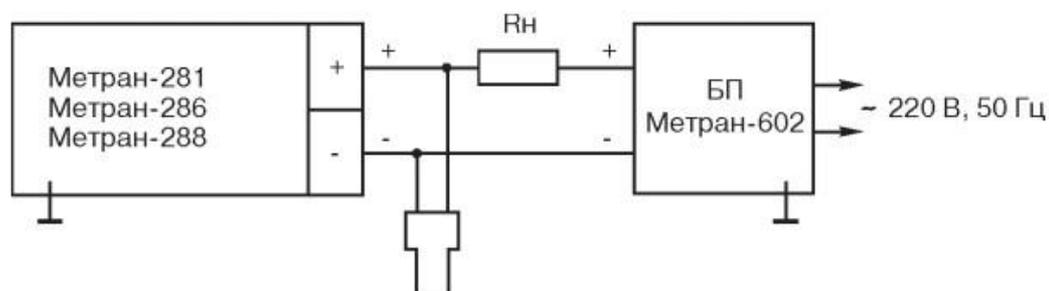


Рисунок 8 - Схема подключения датчика температуры Метран-288

Для подключения коммутационных проводов к датчику температуры с выходным сигналом  $4 \dots 20 \text{ мА}$  необходимо:

- 1) открутить крышку датчика;
- 2) снять нормирующий преобразователь;

3) к клеммам 3 и 4 подключить коммутационные провода. Провод подключенный к клемме 4 подключить ко входу «-» (минус) измерительного прибора, а к клемме 3 подключить к минусу источника питания, плюс источника питания подключить ко входу «+» измерительного прибора.

### 3.2.2. ВЫБОР УРОВНЕМЕРА

Важнейшим параметром, который должен находиться под непрерывным контролем, является уровень конденсата в трехступенчатом сепараторе.

Существует много технологий измерения уровня жидкости в резервуарах. Для сравнения возьмем датчик Rosemount 3300 [11], в котором применен волновод, и простой поплавковый датчик ОВЕН ПДУ И [10].



Рисунок 9 - Rosemount 3300



Рисунок 10 - ОВЕН ПДУ И

Основные черты ОВЕН ПДУ И - проверенные временем простота и надежность конструкции. В её основе лежит магнитный поплавок, который может перемещаться по измерительному стержню, внутри которого находятся герконы с шагом 10мм. С изменением измеряемого уровня, замыкаются разные герконы и, в зависимости от сопротивления цепи, формируется выходной сигнал.

Технология, примененная в Rosenmount 3300, сложнее чем технология, применяемая в ОВЕН ПДУ И. Она основана на различии диэлектрических постоянных двух граничащих сред. Импульсы, испускаемые по волноводу, отражаются от поверхности раздела сред, и в зависимости от времени и интенсивности отраженного импульса определяется уровень жидкости.

Сравнение характеристик датчиков уровня приведено в таблице 5.

Таблица 5 - Характеристики датчиков уровня

	Rosenmount 3300	Овен ПДУ И
1	2	3
Техническая характеристика	Значение	
Диапазон измерений	от 230 до 5 000 мм	От 0 до 3000мм
Погрешность измерения уровня	±0,15%	±(10+0,01L) мм
Зависимость погрешности от температуры	нет	да
Выходной сигнал	4-20 мА/HART	4-20мА

Диапазон рабочих температур измеряемой среды	-60...+125 °С	-60...+125 °С
Диапазон температур окружающей среды	-40...+85 °С	-40...+85 °С
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 65	IP65

Минус технологии ОВЕН ПДУ И в том, что уровень жидкости измеряется дискретно и на точность измерения может повлиять температура измеряемой среды. Опираясь на данный факт, выбор был сделан в пользу Rosenmount 3300.

«Уровнемер 3300 разработан для надежного и эффективного измерения уровня в широком диапазоне применений. Волноводная технология с улучшенными характеристиками обработки сигнала и более высокой чувствительностью позволяет датчикам серии 3300 одновременно измерять уровень и уровень границы раздела сред. Двухпроводное подключение обеспечивает простоту и экономичность установки» [7].

### **3.2.3. ВЫБОР СИГНАЛИЗАТОРОВ УРОВНЯ**

Для контроля предельных значений уровня низкотемпературной сепарации газа, устанавливаются сигнализаторы предельного верхнего и нижнего уровня. Данные сигналы используются для автоматического включения и отключения дозирующих насосов.

В результате выбора для сигнализации уровня жидкости будет использоваться поплавковый магнитный датчик ОВЕН САУ-М6. Данный датчик хорошо функционирует в химических агрессивных средах, а также в технологических ёмкостях под избыточным давлением до 30 бар и с высокой температурой до +200°С. [15]

Технические характеристики представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики ОВЕН САУ-М6.

Параметр	Значение
Материал датчика	Нержавеющая сталь
Максимальная мощность	6 Ватт
Напряжение	220 В, 50 Гц
Температура контролируемой среды	-20...+120°С
Установка	Вертикальная

На рисунке 11 представлен сигнализатор уровня ОВЕН САУ-М6.

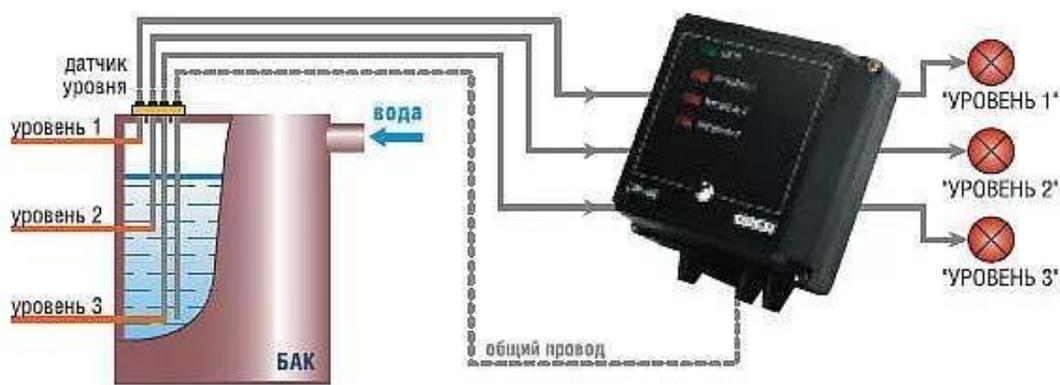


Рисунок 11 - Сигнализатор уровня ОВЕН САУ-М6

Контроль уровня низкотемпературной сепарации осуществляется при помощи зондов, установленные показателем на определенных и заданных условиях технологического процесса. А для контроля уровня жидкости в системе есть светодиодные индикаторы на панели, которые помогают нам получить сигнал от датчика, от которого присходит засветка при получении сигнала от датчика.

Прибор имеет три встроенных реле для управления оборудованием, которое каждое связано с датчиком уровня и срабатывает при каждом случае, когда заполняется или осушается.

Принцип работы датчика заключается в том, что сигналы с датчиков уровней поступают на входы, в которых преобразовываются в электрические параметры, которые помогают в дальнейшем задать оптимальные параметры для обработки.

Далее в ступенчатый коммутатор входит в состав канала. Он является регулятором канала контроля уровня к электропроводящим свойствам жидкостей. С помощью этого позволяет работать с различными жидкими средами, независимо от состава.

Для фиксирования достижения рабочей жидкостью кондуктометрических зондов, а именно заданных уровней, необходимы пороговые устройства. Такие устройства формируют сигналы, предназначенные для управления выходными реле.

Чтобы управлять внешним оборудованием, используют выходные реле, которые обеспечивают выполнение технологического процесса, а также контроль уровня.

Функциональная схема и схема подключения прибора изображены на рисунках 12 и 13.

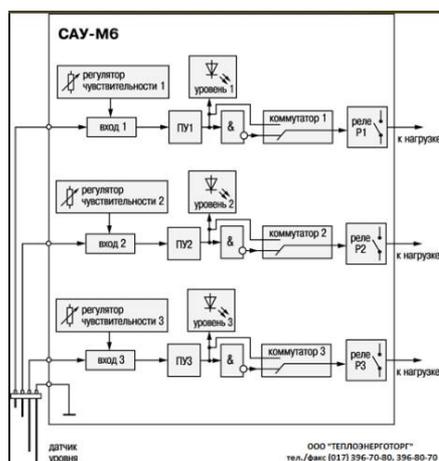


Рисунок 12 - Функциональная схема прибора ОВЕН САУ-М6

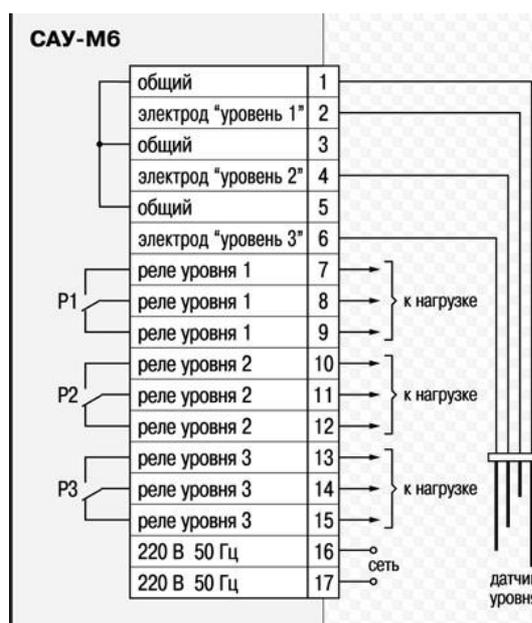


Рисунок 13 - Схема подключения прибора ОВЕН САУ-М6

### 3.2.4. ВЫБОР ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ

Одним из параметров, который необходимо контролировать на разных этапах технологического процесса, является давление газожидкостной смеси. Существует огромное количество датчиков давления, работающих на основе разных явлений, но среди них было выделено к рассмотрению два следующих: СДВ - SMART [16] и Rosenmount 3051 [17].



Рисунок 14 - СДВ - SMART



Рисунок 15 - Rosenmount 3051

Приведем технические характеристики выбранных датчиков:

Таблица 7 - Сравнение характеристик датчиков давления

Измеряемые величины	Характеристики СДВ - SMART	Характеристики Rosemount 3051
Измеряемые величины	Давление: абсолютное, гидростатическое, дифференциальное; разность давлений	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений

Рабочая среда	Жидкость, газ, пар, парогазовые и газожидкостные смеси	Жидкость, газ, пар, газожидкостные смеси
Основная приведенная погрешность	до $\pm 0,10\%$	$\pm 0,065\%$
Давление рабочей среды, МПа	от 0 до 68	от 0 до 68
Выходной сигнал	4-20мА, HART протокол; RS - 485	4-20мА, HART протокол, протокол Fieldbus, протокол Profibus;
Диапазон рабочих температур, °С	от -61 до 80	от -50 до 80
Цена, руб.	от 30 000 руб.	от 48 000 руб.

Данные датчики очень близки по техническим характеристикам, но отличаются по цене.

В результате выбора для измерения давления будет использоваться датчик избыточного давления СДВ - SMART, так как опережает своего конкурента по экономическим показателям.

Датчики серии СДВ - SMART состоят из первичного преобразователя давления и электронного блока обработки сигналов.

Каждый преобразователь имеет унифицированный электронный блок и отличие их осуществляется только в конструкции измерительного блока.

Датчики СДВ- SMART изготавливаются с самыми высокими и последними требованиям технологии к контрольно измерительным приборам. Данные датчики способны не только сохранять работоспособность при повышении кратковременных токов, напряжений, который уставновлены сверх установленной нормы, но и предусмотрена защита от переходных процессов.

Также существует отдельная внешняя кнопка, которая способствует установки «нуля» и выбора диапазона измерений. Внутри такого датчика существует непрерывная самодиагностика, что способствует надежности и защищенности данного технологического процесса. А также долговременное использования.

### **3.3. ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

#### **3.3.1. ВЫБОР КЛАПАНА**

В качестве исполнительных механизмов был выбран клапан с электроприводом и ручным управлением VFM2 рисунок 16. [15]



Рисунок 16 - Клапан VFM2

От исполнительного устройства должно осуществляться регулирующее воздействие для достижения поставленной задачи, которое должна изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи, а также для стабилизации реугилируемой величины технологического процесса.

Технические характеристики клапана представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Технические характеристики клапана VFM2.

Техническая характеристика	Значение
Условный проход Ду, мм	100
Пропускная способность $K_v$ , м <sup>3</sup> /ч	630
Ход штока, мм	50
Динамический диапазон регулирования	Более 100 : 1
Характеристика регулирования	Логарифмическая
Коэффициент начала кавитации $Z$	0,3
Протечка через закрытый клапан, % от $K_v$	0,03
Условное давление $P_u$ , МПа	10
Макс. перепад давления для закрытия клапана $\Delta P_{\text{макс.}}$ , МПа	5
Температура регулируемой среды $T$ , °С	-40...150
Присоединение	Фланцевое
Корпус клапана и крышка	Серый чугун
Седло, золотник и шток	Нержавеющая сталь
Уплотнение сальника	EPDM

При монтаже клапана необходимо убедиться, что направление регулируемой среды совпадает с направлением стрелки на его корпусе. Так же необходимо предусмотреть достаточное пространство вокруг клапана с электроприводом для их демонтажа и обслуживания. Устройство клапана приведено на рисунке 17.

### Устройство

1. Корпус клапана
2. Крышка клапана
3. Сальник
4. Шток
5. Золотник
6. Седло

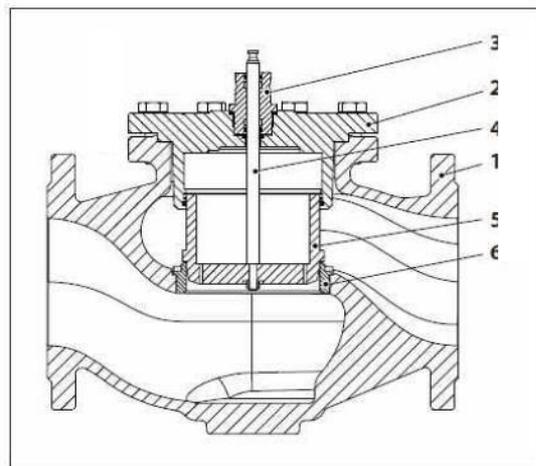


Рисунок 17 - Устройство клапана VFM2

Для управления клапана был выбран редукторный электропривод AMV 655 (рисунок 18). [16]



Рисунок 18 - Редукторный электропривод AMV 655

Отличительные особенности:

- ручное управление либо механическое и/или электрическое;
- индикация положения;
- сигнальные светодиоды (LED);
- выбираемая скорость перемещения штока;
- импульсный выходной сигнал;
- термическая защита и защита от перегрузок;
- функция реверсного движения штока;

Редукторные электроприводы серии AMV655 предназначены для управления регулирующими клапанами под воздействием аналогового или

импульсного 3-х позиционного управляющего сигнала электронных регуляторов. Мощность данного электропривода составляет 16,1 Ватт.

Технические характеристики привода представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики электропривода AMV 655.

Технические характеристики	Значение
Сигнал управления	4...20мА.
Класс защиты	IP54
Тип двигателя	Асинхронный
Температурный диапазон	-40...+70°C
Сила тяги	90 Н

### 3.3.2. ВЫБОР НАСОСА

В процессе работы трехступенчатого сепаратора, в нём скапливается конденсат и капельная жидкость. При достижении определенного уровня данных жидкостей, их требуется откачивать в дренажную ёмкость. Для этого требуются насосы, которые пригодны для перекачивания, возможно, горючих веществ. Главным фактором при выборе насоса является его взрывобезопасное исполнение.

Насосов для перекачки горючих веществ очень много и они все имеют разную производительность. Анализируя все варианты, представлены два наиболее подходящих варианта: ХМ (АХМ) 80/20 К5 (11Вх3000) [20] и КМ 100-80-170Е-м ХЛ2 [14].



Рисунок 19 - XM (AXM) 80/20 K5 (11Bx3000)



Рисунок 20 - KM 100-80-170E-m XJ2

Проведем сравнение выбранных насосов. Основные характеристики данного насосов приведены в таблице 10:

Таблица 10 - Технические характеристики насосов

	XM (AXM) 80/20 K5 (11Bx3000)	KM 100-80- 170E-m XJ2
1	2	3
Техническая характеристика	Значение	
Подача, м <sup>3</sup> /час	100	100
Напор, м	32	25
Частота вращения, об/мин	2900	2900

Требуемая мощность электродвигателя, кВт	11	11
Вязкость перекачиваемой жидкости, сСт	До 500	До 100
Температура перекачиваемой жидкости, °С	До 135	До 120
Температура окружающей среды, °С	От -50 до +70	От -40 до +50
Взрывобезопасное исполнение	Да	Да

Анализируя показатели насосов, можно сказать, что явным лидером среди выбранных насосов является насос ХМ (АХМ) 80/20 К5 (11Вх3000). Он имеет повышенный запас по вязкости перекачиваемой среды, а также способен выдерживать более низкие температуры окружающей среды.

### **3.3.3 ВЫБОР АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Далее для реализации проекта потребуется электродвигатель, который будет приводить во вращение насос. Одним из главных требований к электродвигателю является его взрывобезопасное исполнение, т.к. перекачиваемая насосом среда может быть горючей.

Выбранный ранее насос, установил ограничения на мощность двигателя и скорость его вращения. Среди многообразия электродвигателей, были выбраны два следующих трехфазных асинхронных двигателя: АИР А132М2 [22] и Siemens 1LA7163-2AA [15].



Рисунок 21 - АИР А132М2



Рисунок 22 - Siemens 1LA7163-2AA

Сравним технические характеристики электродвигателей АИР А132М2 и Siemens 1LA7163-2AA . Характеристики обоих двигателей представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Характеристики электродвигателей

	АИР А132М2	Siemens 1LA7163-2AA
Характеристика:	Значение	
Мощность, кВт	11	11
Масса, кг	54	68.5
Частота вращения, об/мин	2890	2940
КПД, %	88	89,5
Коэфф. мощности	0,88	0.88
Ток при 380В, А	22	20

Отношение пускового тока к номинальному	7,5	6,5
Отношение пускового момента к номинальному	2,8	2,1
Отношение максимального момента к номинальному	3,5	2,9
Цена, руб	От 17000	От 54000

Данные электродвигатели очень близки по техническим характеристикам, однако очень отличаются в цене, поэтому выбор был сделан в пользу отечественного двигателя АИР А132М2. Благодаря возможности быстрой замены электродвигателя и герметичности насоса появляется возможность ремонта оборудования без простоя технологического процесса. Гарантийный срок службы этого двигателя достаточно большой, поэтому, если по какой-то причине двигатель вышел из строя, фирма изготовитель привозит на объект новый двигатель, а не работающий забирает на экспертизу и ремонт.

### **3.3.4 ВЫБОР ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

Для регулирования оборотами электродвигателя будем использовать преобразователь частоты (ПЧ). ПЧ генерирует трехфазное напряжение переменной частоты и амплитуды из однофазного или трехфазного напряжения

с фиксированной частотой. Далее трехфазное напряжение выпрямляется с помощью диодного моста и конденсатора большой емкости. Напряжение постоянного тока в звене постоянного тока конвертируется в трехфазное напряжение изменяемой частоты и амплитуды. Во входной цепи трехфазного электродвигателя для этой цели используются быстродействующие электронные ключи, так называемые IGBT транзисторы (биполярные транзисторы с изолированным затвором).

Ключи подключают каждую фазу электродвигателя либо к положительной, либо к отрицательной шине. Продолжительность подачи напряжения и его полярность можно настроить очень точно, так, чтобы с помощью такой широтно- импульсной модуляции напряжения постоянного тока смоделировать требуемое синусоидальное напряжение.

Опираясь на ограничения, которые установлены по максимальному значению тока и мощности, были выбраны два преобразователя частоты от известных производителей: Siemens MICROMASTER 420 [24] и HYUNDAI N700E-110HF [10].



Рисунок 23 - Siemens MICROMASTER 420



Рисунок 24 - HYUNDAI N700E-110HF

Сравним характеристики выбранных преобразователей. Они представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Характеристики преобразователей частоты

	Siemens MICROMASTER 420	HYUNDAI N700E110HF
Характеристика:	Значение	
Мощность, кВт	11	11
Номинальный ток двигателя, А	23	26
КПД преобразователя, %	96	95
Степень защиты	IP20	IP20
Цифровой интерфейс	RS485	RS485
Встроенный ПИД регулятор	Да	ДА

Технические характеристики выбранных преобразователей частоты почти идентичны, но преобразователь HYUNDAI N700E-110HF имеет ряд преимуществ по сравнению со своим конкурентом:

- улучшенные характеристики управления на низких скоростях;
- двигатель защищен от исчезновения фазы на выходе в ходе работы;
- варьирование скорости - менее 1% на номинальной скорости;
- возможность предотвращения аварий с помощью функции защиты от короткого замыкания;
- оптимизированное сохранение электроэнергии согласно характеристикам нагрузки.

Выбор сделан в пользу HYUNDAI N700E-110HF.

### **3.4. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ВНЕШНИХ ПРОВОДОК**

Схема внешней проводки приведена в альбоме схем (Приложение В) Первичные и внешние приборы включают в себя датчики уровня жидкости, температуры сырого газа на замерных нитках, датчики давления, расходомеры. Сигнал с данных приборов преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

Для передачи сигналов от уровнемера, датчика температуры, датчика давления, расходомеров, на щит КИПиА будем использовать кабель КВВГ по три провода, а для сигнализаторов - два провода.

КВВГЭНГ - это контрольный кабель с токопроводящей медной жилой, с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке. Экран из алюминиевой фольги. Изготовлен из негорючих материалов. Данный вид кабеля используется для передачи переменного тока напряжением до 660 В и 100 Гц или постоянного напряжения до 1000 В, при температуре от -50°C до +50°C. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными.

## **4.ВЫБОР АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ**

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы [13]:

Алгоритмы поддержания уровня газожидкостной смеси в трехступенчатом сепараторе (разрабатываются на ПЛК и SCADA-форме);

Релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа) (реализуются по ПЛК);

Алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логических завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуется на ПЛК);

Алгоритмы централизованного управления АС (реализуется на ПЛК или SCADA-форме).

### **4.1 АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

В процессе работы трехступенчатого сепаратора в нём скапливается конденсат и мелкие механические примеси, которые должны отводиться из сепаратора насосам. В процессе перекачки данной среды, нужно поддерживать давление в линии нагнетания насоса, исходя из условий прочности трубопровода и установленного на нём оборудования.

Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление конденсата на линии нагнетания насоса.

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.

Схема регулирования состоит из следующих основных элементов:

- входное воздействие, ПЛК с ПИД-регулятором, преобразователь частоты, асинхронный двигатель, насос, объект управления и датчик давления.

Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе приведена на рисунке 25.

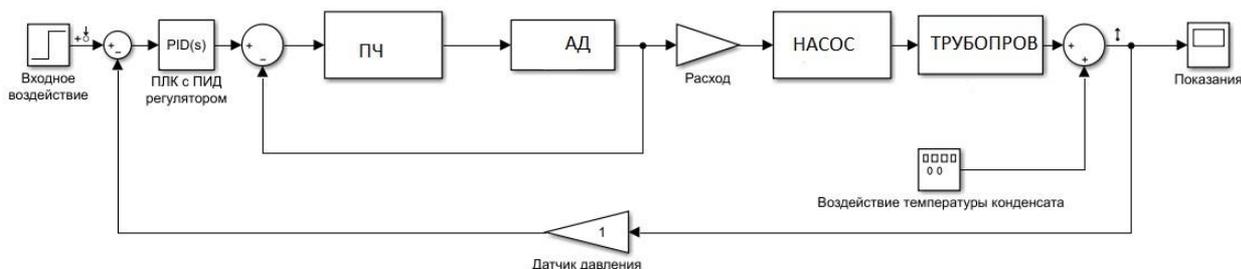


Рисунок 25 - Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе

Объектом управления является участок трубопровода. С панели оператора задается давление, которое нужно обеспечить в трубопроводе. В ПЛК подается значение с датчика давления, происходит сравнение значений, и формируется выходной токовый сигнал. Этот сигнал подается на преобразователь, который напряжение питания асинхронного двигателя. Асинхронный двигатель с насосом преобразуют электрическую энергию в потенциальную энергию давления жидкости.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

- Передаточная функция насосного агрегата.
- Регулирующий насос представляет собой апериодическое звено, преобразующее скорость вращения вала  $\omega$  на входе в производительность насоса.

Исходя из технических характеристик насоса, рассчитаем коэффициент передачи и постоянную времени насоса.

Постоянную времени для насоса принимаем  $T_H = 0,2$  с. Коэффициент передачи насоса определяется в статическом режиме как отношение номинальной производительности насоса  $Q_H$  к номинальной скорости электродвигателя насоса  $\omega_H$ . Номинальная производительность  $Q_H = 100$  м<sup>3</sup>/ч, (0,0276 м<sup>3</sup>/с); номинальная скорость  $\omega_H = 2900$  об/мин, (303 рад/с).

$$k_H = \frac{Q_H}{\omega_H} = \frac{0,0276}{303} = 0,0000913;$$

$$W_H(s) = \frac{k_H}{T_H * s + 1} = \frac{0.0000913}{0.2 * s + 1},$$

где:

$Q_H$  - номинальная производительность;  $\omega_H$  - номинальная скорость;

$k_H$  - статический передаточный коэффициент насоса;

$T_H$  - постоянная времени насоса.

Передаточная функция асинхронного электродвигателя АИР А132М2.

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

Исходя из технических характеристик АД (асинхронного двигателя), рассчитаем коэффициент передачи и постоянную времени АД.

Статический передаточный коэффициент двигателя определяется как отношение угловой скорости вращения двигателя  $\omega$  к частоте питающей сети  $f$ . Номинальная частота питания  $f_H = 50$  Гц. Постоянную времени двигателя примем равной  $T_{дв} = 0,87$ .

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{f_H} = \frac{2 * 3,14 * 2900}{60 * 50} = 6,06;$$

$$W_{дв}(s) = \frac{k_{дв}}{T_{дв} * s + 1} = \frac{6.06}{0.87 * s + 1},$$

где:

$k_{ДВ}$  - статический передаточный коэффициент асинхронного электродвигателя;

$T_{ДВ}$  - постоянная времени двигателя;  $\omega_{ДВ}$  - угловая скорость вращения двигателя.

Передаточная функция преобразователя частоты.

ПЧ представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления насоса:

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

где:

$k_{ПЧ}$  - статический передаточный коэффициент преобразователя;

$T_{ПЧ}$  - постоянная времени преобразователя;

Передаточный коэффициент преобразователя определяется в статическом режиме при номинальном значении выходного воздействия по формуле:

$$k_{ПЧ} = \frac{f_{Н}}{I_{ВХ}},$$

где:

$f_{Н}$  - частота на выходе преобразователя;

$I_{ВХ}$  - управляющий ток на входе ПЧ, который обеспечивает номинальную частоту на выходе.

Поскольку управление ПЧ осуществляется током  $4 \div 20$  мА, а частоту двигателя необходимо изменять в диапазоне  $0 \div 50$  Гц, то номинальной частоте двигателя ( $f_{Н} = 50$  Гц) будет соответствовать входное напряжение управления ПЧ  $I_{ВХ.Н} = 20$  мА.

$$k_{ПЧ} = \frac{f_{Н}}{I_{ВХ}} = \frac{50}{20} = 2,5$$

Постоянная времени преобразователя определяется по формуле

$$T_{\text{пч}} = T_{\text{ф}} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{н}}},$$

где:

$T_{\text{ф}}$  - постоянная времени цепи системы импульсно-фазового управления (СИФУ) ПЧ, включая фильтр;  $m$  - число фаз ТПЧ.

Значение постоянной времени цепи СИФУ преобразователей обычно составляет  $0,003 \div 0,005$  с, поэтому при моделировании принято принимать значение  $T_{\text{ф}}$  из данного диапазона. Так как ПЧ реализует управление трёхфазным двигателем, то число фаз  $m = 3$ . Номинальное значение выходной частоты  $f_{\text{н}}$  составляет 50 Гц.

$$T_{\text{пч}} = T_{\text{ф}} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{н}}} = 0,003 + \frac{1}{2 * 3 * 50} = 0,0063$$

Передаточная функция преобразователя:

$$W_{\text{пч}}(s) = \frac{k_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} * s + 1} = \frac{2.5}{0.063 * s + 1}$$

Объектом управления в данной системе является трубопровод, который расположен между точкой измерения давления и регулирующим органом.

Передаточная функция объекта управления приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием и представлена формулой (11) [1]:

Характеристики участка трубопровода представлена в таблице 13.

Таблица 13 - Характеристики участка трубопровода

Характеристика:	Значение
Рабочее давление в трубопроводе, не более, Мпа	5,5
Удельный вес газожидкостной смеси $\gamma$ , кг/с	650
Объемный расход жидкости, м3 /ч	1000
Объемный расход жидкости, м3 /с	0,277
Длина участка трубопровода, м	10
Диаметр трубы, м	0,1
Перепад давления на трубопроводе, кгс/м2	5098,581

$$f = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,15^2}{4} = 0,018;$$

$$c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{p}{2 * \Delta p * g}} = \frac{0,277}{0,018} * \sqrt{\frac{650}{2 * 5098,581 * 9,8}} = 1,241;$$

$$T = \frac{2 * L * f * c^2}{Q} = \frac{2 * 10 * 0,018 * 1,241^2}{0,277} = 2,002;$$

$$W_{\text{тр}}(s) = \frac{1}{2,002 * s + 1}$$

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

$$W_{\text{дд}}(s) = 1$$

Соберем данную систему в Simulink (рисунок 26):

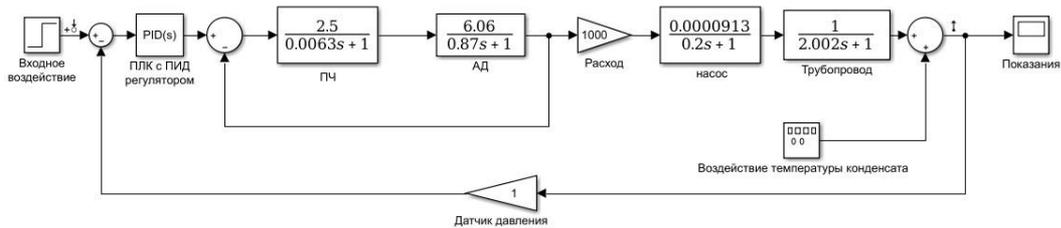


Рисунок 26 - Система регулирования, собранная в Simulink

В результате эксперимента, получен переходный процесс, который представлен на рисунке 27.

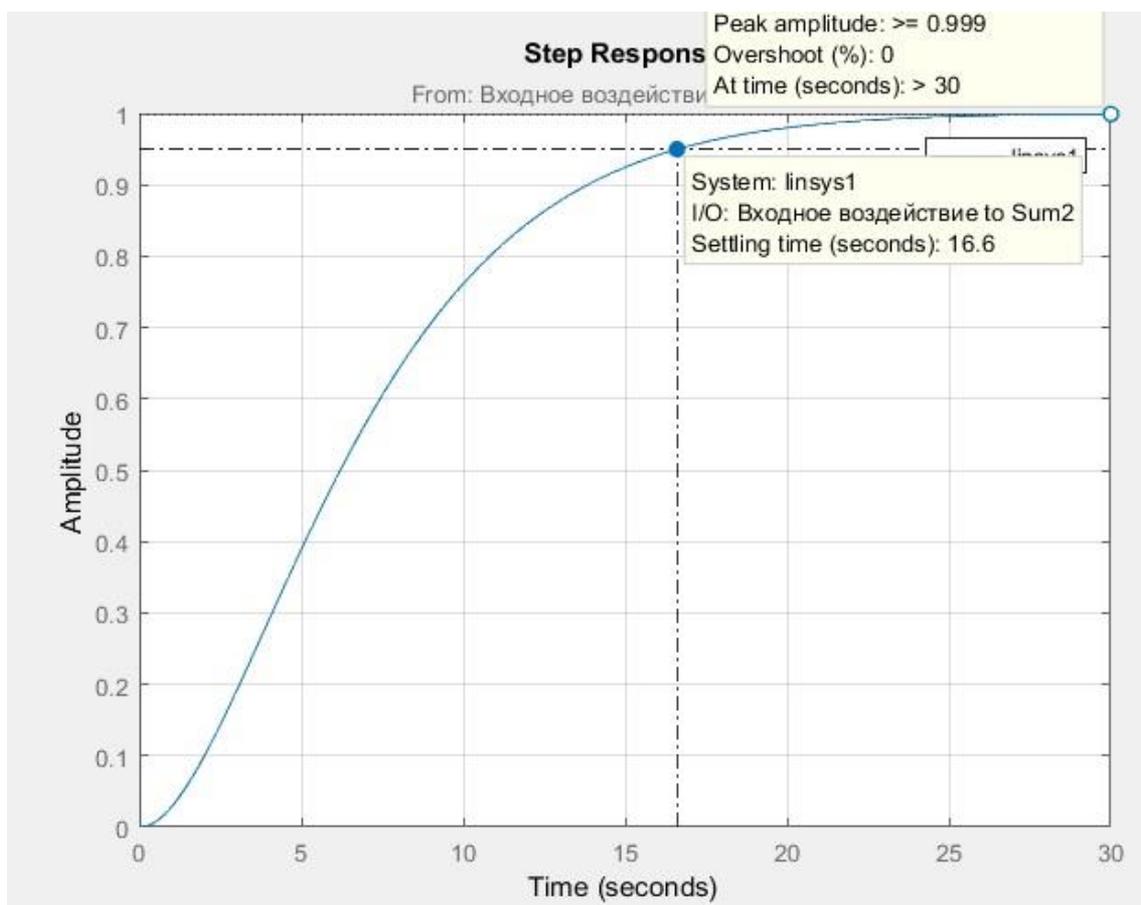


Рисунок 27 - График переходных процессов

Прямые показатели качества переходного процесса, такие, как время переходного процесса и перерегулирование составляют соответственно 16,6 сек. и 0%. Перерегулирование отсутствует, что предпочтительно для систем, так как увеличивается эксплуатационный период составляющих системы, то есть уменьшается износ оборудования.

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

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы, также необходимо оценить полные денежные затраты на проект и получить хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения.

### **5.1 Организация и планирование работ**

Перечень этапов выполненной работы и их исполнители приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень этапов работы и их исполнители

<b>Этапы работы</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Загрузка исполнителей</b>
Постановка цели и задач проекта	НР	100 %
	И	10 %
Составление и утверждения технического задания	НР	100 %
	И	10 %
Обзор литературы	И	100 %
Расчеты и аналитика (экспериментальная часть)	И	100 %
Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных работ	НР	30 %
	И	100 %
Анализ экологичности и экономичности проведенных работ	И	100 %
Оформление пояснительной записки и презентационного материала	И	100 %

#### **5.1.1 Продолжительность этапов работ**

Расчет продолжительности этапов работы выполняется опытно-статистическим методом, реализуемым экспертным способом. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{prob} + t_{max}}{6}, \quad (1)$$

где  $t_{min}$  – минимальная продолжительность работы, дни;

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дни;

$t_{prob}$  – наиболее вероятная продолжительность работы, дни.

Для построения линейного графика рассчитывается длительность этапов в рабочих днях, а затем переводится в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ) осуществляется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (2)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дни;

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

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{Д} = 1 \div 1,2$ ).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях осуществляется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (3)$$

где  $T_{К}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях.

Коэффициент календарности выполняется по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 51 - 15} = 1,221 \quad (4)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни ( $T_{КАЛ} = 365$ );

$T_{ВД}$  – выходные дни ( $T_{ВД} = 51$ );

$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 15$ ).

В таблице 2 представлены результаты расчетов продолжительности этапов работы и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. На основании этих результатов был построен линейный график (таблица 3).

Таблица 2 – Трудозатраты на выполнение работы

Этапы работы	Исполнители	Продолжительность работ, дни				Трудоемкость работ по исполнителям, чел-дн.			
		$t_{min}$	$t_{pro}$	$t_{ma}$	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
						НР	И	НР	И
Постановка цели и задач проекта	НР И	1	3	5	3	3,3	0,33	4,03	0,40
Составление и утверждения технического задания	НР И	1	3	5	3	3,3	0,33	4,03	0,40
Обзор литературы	И	7	14	21	14	-	15,4	-	18,80
Расчеты и аналитика (экспериментальная часть)	И	30	45	60	45	-	49,5	-	60,44
Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных работ	НР И	3	5	7	5	1,65	5,5	2,01	6,72
Анализ экологичности и экономичности проведенных работ	И	5	10	15	10	-	11	-	13,43

Оформление пояснительной записки и презентационного материала	И	4	7	10	7	-	7,7	-	9,40	
<b>Итого:</b>						<b>87</b>	<b>8,25</b>	<b>89,7</b>	<b>10,0</b>	<b>109,</b>
								<b>6</b>	<b>7</b>	<b>59</b>

Таблица 3 – Линейный график работы

Этапы работы	Исполнители	Т <sub>кд</sub> , дни	Продолжительность выполнения работ															
			02.19			03.19			04.19			05.19			06.19			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Постановка цели и задач проекта	НР И	4,03 0,40	■															
Составление и утверждения технического задания	НР И	4,03 0,40		■														
Обзор литературы	И	18,8 0			■													
Расчеты и аналитика (экспериментальная часть)	И	60,4 4				■												
Обсуждение результатов и оценка эффективности проведенных работ	НР И	2,01 6,72											■					
Анализ экологичности и экономичности проведенных работ	И	13,4 3												■				
Оформление пояснительной	И	9,40															■	



Оформление пояснительной записки и презентационного материала	7,86	100,00
---	------	--------

## **5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта**

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

### **5.2.1 Расчет затрат на материалы**

К данной статье затрат относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работы. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю.

Таблица 5 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Кол-во, ед.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Блокнот	3	40	120
Ручка Pilot	3	50	150
Картридж для принтера (ч/б) Advantage Black	2	1 090	2 180
Картридж для принтера (цв) Advantage Tri-Colour	1	890	890
Бумага для принтера А4 SvetoCopy	1	300	300
Лицензия ПО Microsoft Office	1	5 990	5 990
<b>Всего за материалы</b>		9630	
<b>Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)</b>		385	
<b>Итого по статье</b>		10 015	

### 5.2.2 Расчет заработной платы

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / 24,917, \quad (5)$$

где МО – месячный оклад для сотрудников ТПУ, руб.;

24,917 – среднее количество рабочих дней в месяце (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе полной заработной платы премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$ .

Результаты расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Затраты на заработную плату

<b>Исполнитель</b>	<b>Оклад, руб/мес.</b>	<b>ЗП<sub>дн-т</sub>, руб/раб.день</b>	<b>T<sub>рд</sub>, дни</b>	<b>K<sub>и</sub></b>	<b>Фонд ЗП, руб.</b>
НР	29 568	1 186,66	9	1,699	<b>18 145,22</b>
И	10 633	423,91	90	1,62	<b>61 806,07</b>
<b>Итого:</b>					<b>79 951,29</b>

### 5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30,1 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$$C_{\text{соц}} = 0,301 \cdot C_{\text{ЗП}} \quad (6)$$

Тогда

$$C_{\text{соц}} = 0,301 \cdot 79\,951,29 = 24\,065,3$$

### 1.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (7)$$

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

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час;

$Ц_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт·час, руб. (для ТПУ – 5,748 руб/кВт·час).

Результаты расчета затрат на электроэнергию приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	$t_{об}$ , час	$P_{об}$ , кВт	$C_{эл.об.}$ , руб.
ПК	504 (720·0,7)	0,3	869,10
Принтер (ч/б)	10	0,1	5,75
Принтер (цв)	2	0,1	1,15
<b>Итого:</b>			876,00

### 5.2.5 Расчет амортизационных расходов

Амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта определяется по формуле:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (8)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, руб.;

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, час;

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения работы, час;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Норма амортизация ПК определяется следующим образом:

$$N_A(ПК) = 1/C_A = 1/2,5 = 0,4, \quad (9)$$

где  $C_A$  – срок амортизации ПК (2-3 года).

Норма амортизации принтера (ч/б):

$$N_A(пр ч/б) = 1/C_A = 1/2 = 0,5$$

Норма амортизации принтера (цв):

$$N_A(пр цв) = 1/C_A = 1/3 = 0,33$$

Тогда

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 \cdot 50000 \cdot 0,75 \cdot 720 \cdot 1}{299 \cdot 8} = 4515,05 \text{ руб.}$$

$$C_{AM}(\text{пр ч/б}) = \frac{0,5 \cdot 10000 \cdot 10 \cdot 1}{500} = 100,00 \text{ руб.}$$

$$C_{AM}(\text{пр цв}) = \frac{0,33 \cdot 15000 \cdot 2 \cdot 1}{100} = 99,00 \text{ руб.}$$

Общие амортизационные отчисления составят:

$$C_{AM\text{общ}} = 4515,05 + 100,00 + 99,00 = 4714,05 \text{ руб.}$$

### 5.2.6 Расчет прочих расходов

В данной статье отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10 % от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$\begin{aligned} C_{\text{пр}} &= 0,1 \cdot (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \\ &= 0,1 \cdot (10015 + 79951,29 + 24065,3 + 876 + 4714,05) \\ &= 11962,16 \text{ руб.} \end{aligned} \tag{10}$$

### 5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Результаты расчетов по всем статьям затрат (работы) себестоимость приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Смета затрат на разработку проекта

Статьи затрат	Сумма, руб
Затраты на материалы и покупные изделия $C_{\text{мат}}$	10 015,00
Затраты на заработную плату $C_{\text{зп}}$	79951,29
Затраты на отчисления в социальные фонды $C_{\text{соц}}$	24 065,30
Затраты на электроэнергию $C_{\text{эл.об.}}$	876,00
Затраты на амортизационные расходы $C_{\text{ам}}$	4 714,05
Затраты на прочие расходы $C_{\text{пр}}$	11962,16
<b>Итого:</b>	<b>131583,8</b>

### **5.2.8 Расчет прибыли**

Прибыль от реализации проекта следует принять в размере 5-20 % от полной себестоимости работы и составит 26 849,36 руб. (15 %).

### **5.2.9 Расчет НДС**

С 2019 года НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли.

Тогда

$$\text{НДС} = 0,2 \cdot (131583,8 + 26849,36) = 31686,6 \text{ руб.} \quad (11)$$

### **5.2.10 Цена разработки НИР**

Цена разработки определяется следующим образом:

$$C_{\text{НИР}} = 131583,8 + 26849,36 + 31686,6 = 190119,76 \text{ руб.} \quad (12)$$

### **Оценка экономической эффективности:**

Результат данной работы носит исключительно исследовательский характер, так как данный проект не имеет конкретики в плане размещения объекта, его климатические условия и доступность к нему (ограничение по времени реализации).

При реальном проекте потребуется больше затрат для его реализации. Из-за этого экономическая оценка эффективности на данном этапе некорректна.

## **6. Социальная ответственность**

### **6.1 Введение**

В России охрана труда является одним из важнейших экологических, санитарно-гигиенических и социально-экономических мероприятий, направленных на обеспечение здоровых и безопасных условий труда.

Основная цель правил охраны труда и техники безопасности на предприятии – это сохранение здоровья работников, а также обеспечение роста производительности труда и экологической безопасности.

Главными законодательными документами, лежащими в основе трудового законодательства и охраны труда, являются:

- 1) Конституция РФ (ст. 7. п. 2. «В РФ охраняется труд и здоровье людей...», п. 3. «Каждый человек имеет право на безопасный труд...», (ст. 39, ст. 41, ст. 42, ст. 52, ст. 58.)
- 2) Основное законодательство РФ об охране труда (ст. 3, ст. 4, ст. 5, ст. 9, ст. 20)
- 3) ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999г. №52-ФЗ (ст. 25, ст. 26, ст. 27, ст. 34, ст. 55)
- 4) ФЗ РФ от 10.01.2002г №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ст.11).

### **6.2 Анализ вредоносных и опасных факторов**

Результатом выполнения ВКР является автоматизированная система низкотемпературной сепарации природного газа. Для автоматизации данной станции были использованы датчики давления газа, температуры газа, уровня и расхода газоконденсатной жидкости, загазованности, перепада давления газа. Для дистанционного управления

задвижками и клапанами были использованы блоки управления. Все показания с датчиков, а также показания положения задвижек и клапанов передаются на АРМ оператора.

Основными вредными и опасными производственными факторами на рабочем месте являются электрический ток, повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте.

Источником поражения электрическим током могут быть незащищенные и неизолированные электропровода, поврежденный электропривод, незаземленное оборудование.

Для идентификации потенциальных факторов воспользуемся ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды запишем в виде таблицы 15.

В таблице 15 приведены опасные и вредные факторы при выполнении работ установки низкотемпературной сепарации природного газа (ГОСТ 12.0.003-74) [20]

Таблица 15 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ установки низкотемпературной сепарации природного газа (ГОСТ 12.0.003-2015)

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Ведение технологического процесса. Обслуживание установки подготовки газа.	Повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте; напряженность трудового процесса.	Электрический ток; возможность взрыва и пожара при неисправностях и авариях.	1. СН2.2.4/2.1.8.562-96. 2. СП 51.13330.2011. 31192.2-2005. 4. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. 5. ГОСТ Р 12.1.019-2009. 6. СНиП 2.11.03-93. 7. ГОСТ 12.1.010-76.

### 6.3 Уровень шума и вибрации на рабочем месте

Основным источником шума на всех этапах обслуживания оборудования УКПГ являются компрессора на ДКС, запорная арматура, трубопроводы, нагнетатели, вентиляторы, скважины, продувочные свечи. Компрессора на ДКС имеют достаточно большую массу и обороты, составляющей производственного шума имеют уровни значительно меньше ПДУ и практически не оказывают вредного воздействия на обслуживающий персонал. Уровень шума и вибрации на рабочем месте не должен превышать допустимый уровень шума и вибрации, согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий на территориях жилой застройки" [30] и ГОСТ 31192.2-2005. «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Вибрация в помещениях жилых и общественных

зданий " [18].

На установке УКПГ уровень эквивалентного шума 79,5 дБА, что согласно таблице 14 «Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации на рабочем месте» [20] классифицируем как допустимые (класс 2). Оценка уровней вибрации с учетом времени нахождения в зонах воздействия вибрации (эквивалентно скорректированные уровни) УКПГ классифицируют согласно таблице 15 «Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной и общей вибрации на рабочем месте» [20], как допустимые (класс 2).

Во внедряемой системе единственным источником шума являются клапана и задвижки с электроприводом. Однако создаваемый ими уровень шума значительно меньше шума, создаваемого, например, насосными станциями. Следовательно, при работе на УКПГ специальные защитные средства не требуются.

#### **6.4. Электромагнитное излучение**

Работа оператора АСУ ТП в основном связана с работой за персональным компьютером. Вследствие чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок, монитор и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитное излучение оказывает негативное влияние на сердечнососудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям.

Согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09 – электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 17 [20].

Таблица 17 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

**ПДУ воздействия периодического магнитного поля частотой 50 Гц**

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

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры [36]:

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

## 6.5. Электробезопасность

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением. Подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания. Необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль. Должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Электрические изделия по способу защиты человека от поражения электрическим током подразделяются на пять классов: 0, 01, 1, 2, 3.

ЭВМ можно отнести к классу 01, то есть, к изделиям, имеющим рабочую

изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания. При начале работы с ЭВМ необходимо проверить герметичность корпуса, не открыты ли токоведущие части. Убедиться в подключении заземляющего проводника к общей шине заземления, проверить его целостность. Если заземляющий проводник отключен, подключать его можно только при отключении машины от питающей сети.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории помещений без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [22]:

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

## **6.6. 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.

## **6.7. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера. Пожары, взрывы, угроза взрывов относят к чрезвычайным ситуациям техногенного характера.

Пожаровзрывобезопасность:

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений не превышающее содержания взрывоопасных веществ, применяется герметичное производственное оборудование, смонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность» Основную долю аварий на УКПГ составляют взрывы и пожары: Взрывы и пожары на установках и сооружениях УКПГ могут произойти в результате техногенных аварий, связанных с разгерметизацией оборудования или трубопроводов и выходом в окружающее пространство природного газа, паров метанола или конденсата газа, образующих с воздухом взрывоопасные смеси. При любых видах аварий в цехе подготовки газа и конденсата, насосной метанола и насыщенного метанола может произойти взрыв при наличии источника инициирования воспламенения и взрывоопасной смеси в пределах взрывоопасной концентрации [21].

Требования пожарной безопасности для установок низкотемпературной сепарации природного газа:

- на выкидной линии (шлейфе) от скважины при наземной прокладке шлейфа должны быть установлены компенсаторы в соответствии с расчетом;
- на коллекторах (газо- и конденсатосборных) по выходе из установок НТС должны быть установлены обратные клапаны,

оборудованные обводной линией (байпасом);

- обратный клапан необходимо устанавливать и на линии от сепараторов до резервуаров с конденсатом;
- нельзя увеличивать давление нагнетания газа при перекачке конденсата в трубопроводы для сбора его в резервуары [20].

Пожарная безопасность предприятия должна соответствовать "Правилам противопожарной эксплуатации в газовой промышленности".

Незамерзающие пожарные гидранты на УКПГ установлены на кольцевой водопроводной сети. Заданный напор воды в сети создают пожарные насосами, которые установлены на насосной станции. Здания и сооружения на производстве имеют уровень огнестойкости не ниже 2 степени.

Средства пожаротушения на УКПГ:

- огнетушители УК-30 (углекислотные);
- огнетушители ОП-10 (порошковые);
- пожарные гидранты;
- ящики с песком;
- пожарные щиты.

### **Вывод по разделу:**

В данной главе были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, с которыми можно столкнуться при проведении работ на УКПГ.

Автоматизированная система обеспечивает более безопасный и надежный режим работы. У работника отсутствует необходимость постоянного пребывания в периметре блока низкотемпературной сепарации газа благодаря дистанционной передачи показаний с датчиков на АРМ. Тем самым снижается вероятность воздействия чрезвычайной ситуации на работника.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломной была разработана система автоматического управления установки блока низкотемпературной сепарации (УКПГ).

В ходе выполнения ВКР был изучен технологический процесс, который обеспечивает разделение сырого газа (газоконденсатной смеси) на осушенный газ и нестабильный конденсат. Были разработаны функциональная и структурная схемы НТС, которые позволяют определить количество каналов передачи сигналов и данных, а также состав необходимого оборудования. Подбранно современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами НТС, а именно полевые датчики и контроллер Siemens SIMATIC S7300. Для работы разработанного проекта используется современная SCADA-система, TIA Portal.

В данной выпускной квалификационной работе была разработана схема внешних проводок, которая позволяет понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора. При возникновении ошибок, существует возможность их легкого устранения. Для сбора данных и управления технологическим оборудованием был разработан алгоритм поддержания уровня газожидкостной смеси в трехступенчатом сепараторе. При разработке САУ были детально проработаны структурная и функциональная схемы, соответствующая ГОСТу и стандарту ANSI/ISA, схемы. В заключении разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

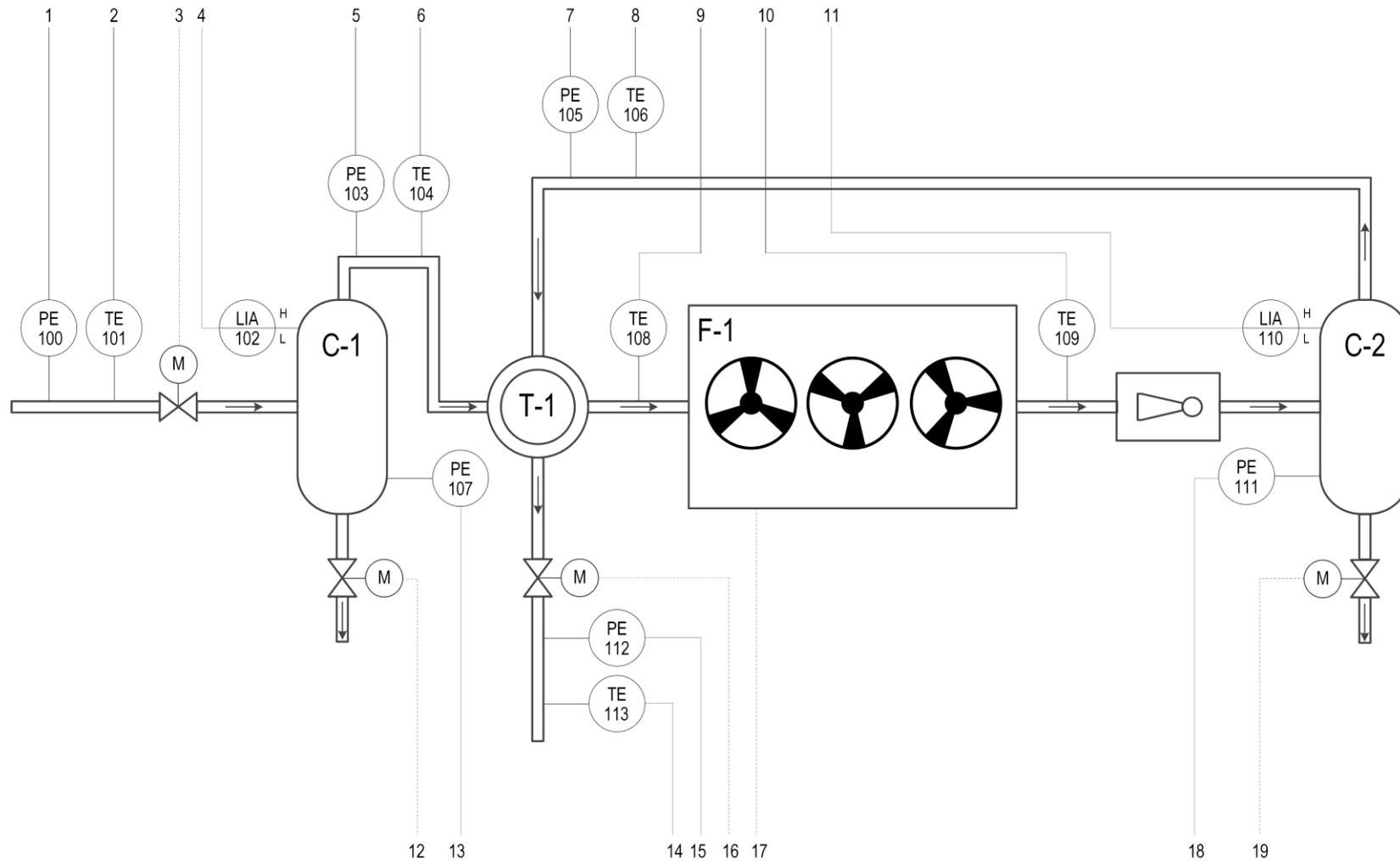
В итоге, спроектированная САУ НТС удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, а также имеет высокую гибкость. SCADA-пакет, используемый на всех уровнях автоматизации, предоставляет возможность заказчикам сокращать затраты на эксплуатацию систем и обучение персонала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

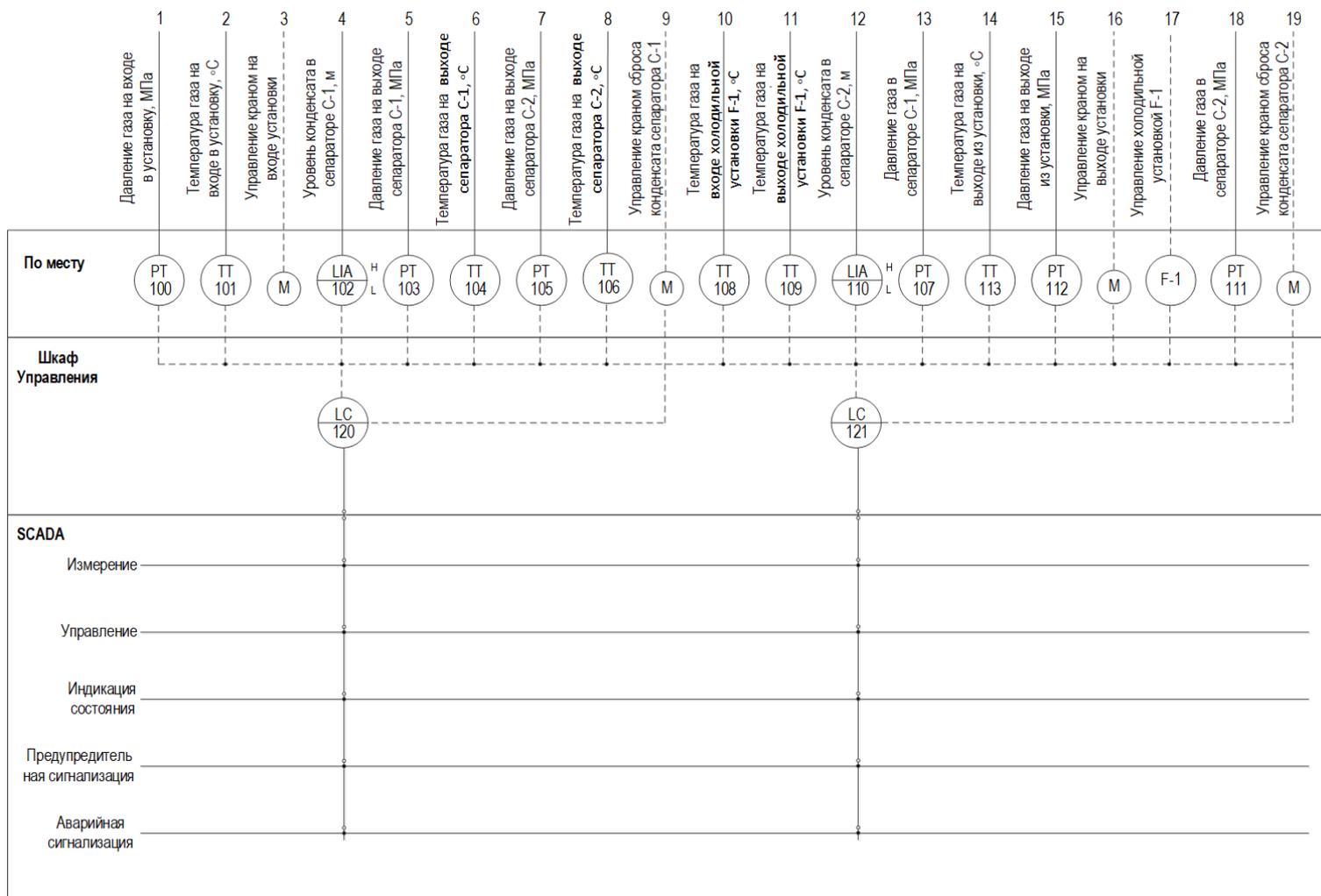
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. Томск, 2009.
2. Бекиров Т.М, Ланчаков Г.А. Технология обработки газа и конденсата: ООО "Недра-Бизнесцентр" 1999 - 596 с.
3. Джесси Рассел, Рональд Кон. Установка комплексной подготовки газа. – Москва, 2013. 166с
4. А. А. Коршак, А. М. Шаммазов. Основы нефтегазового дела. ДизайнПолиграфСервис Уфа, 2005
5. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 38 с
6. ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования. - Москва: Изд-во стандартов, 1985. 18 с.
7. ANSI/ISA-5.1-2009. Instrumentation Symbols and Identification, ISA, 2009
8. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
9. Siemens SIMATIC S7–1500. Практическое руководство. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7300.htm>
10. Элси – ТМ – Россия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elesy.ru/products/products/plc1.aspx>.
11. МСТУ Метран – 274. Практическое руководство и технические характеристики. [Электронный ресурс]. URL: [http://kostrudstroi.kz/index.php?route=product/product&product\\_id=4271](http://kostrudstroi.kz/index.php?route=product/product&product_id=4271)
12. Метран – 288 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://priborsk.ru/katalog\\_oborudovaniya/temperatura/preobrazovately\\_temperatury\\_metran/metran-288/](http://priborsk.ru/katalog_oborudovaniya/temperatura/preobrazovately_temperatury_metran/metran-288/), свободный.
13. Rossenmount 3300. Практическое руководство. [Электронный ресурс]. URL: <http://www2.emersonprocess.com/ru-ru/brands/rosemount/level/guided-wave-radar/3300-series/pages/index.aspx>
14. ОВЕН ПДУ И. [Электронный ресурс]. <http://www.indelta.ru/kip/datchiki-urovnya/oven-du/poplavkovye-datchiki-urovnya-s-analogovymvyhodnym-signalom-4-20-ma-pdu-i~mvozzu.html>
15. ОВЕН САУ М6. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.owen.ru/catalog/signalizator\\_urovnya\\_zhidkosti\\_trehkanal\\_nij\\_owen\\_sau\\_m6/opisanie](http://www.owen.ru/catalog/signalizator_urovnya_zhidkosti_trehkanal_nij_owen_sau_m6/opisanie)

16. СДВ–SMART. [Электронный ресурс].  
[http://www.zaovip.ru/products/smart\\_exd?utm\\_source=yandex\\_direct&utm\\_campaign=svd\\_smart&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=5744411707&utm\\_term=%D0%A1%D0%94%D0%92%20Smart](http://www.zaovip.ru/products/smart_exd?utm_source=yandex_direct&utm_campaign=svd_smart&utm_medium=cpc&utm_content=5744411707&utm_term=%D0%A1%D0%94%D0%92%20Smart)
17. Rosemount 3051 [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
<http://www2.emersonprocess.com/ruru/brands/rosemount/pressure/pressuretransmitters/3051-pressuretransmitters/pages/index.aspx>, свободный.
18. Клапан VFM2 [Электронный ресурс]. <http://docplayer.ru/36518069Klapan-reguliruyushchiy-sedelnyu-prohodnoy-vfm2.html>, свободный.
19. Электропривод AMV 655 [Электронный ресурс]. <http://www.uwp.ru/equipment/reguliruyushchie-klapany-i-elektroprivody/112/>
20. Насосы нефтяные консольные типа ХМ [Электронный ресурс].  
[http://www.pumps-seals.ru/main/pumps\\_marks/view/PMID\\_42](http://www.pumps-seals.ru/main/pumps_marks/view/PMID_42)
21. Насосы нефтяные консольные типа КМ [Электронный ресурс].  
<http://www.uugm.ru/node/106#03>, свободный.
22. Асинхронные двигатели серии АИР [Электронный ресурс].  
<http://electronpo.ru/production>

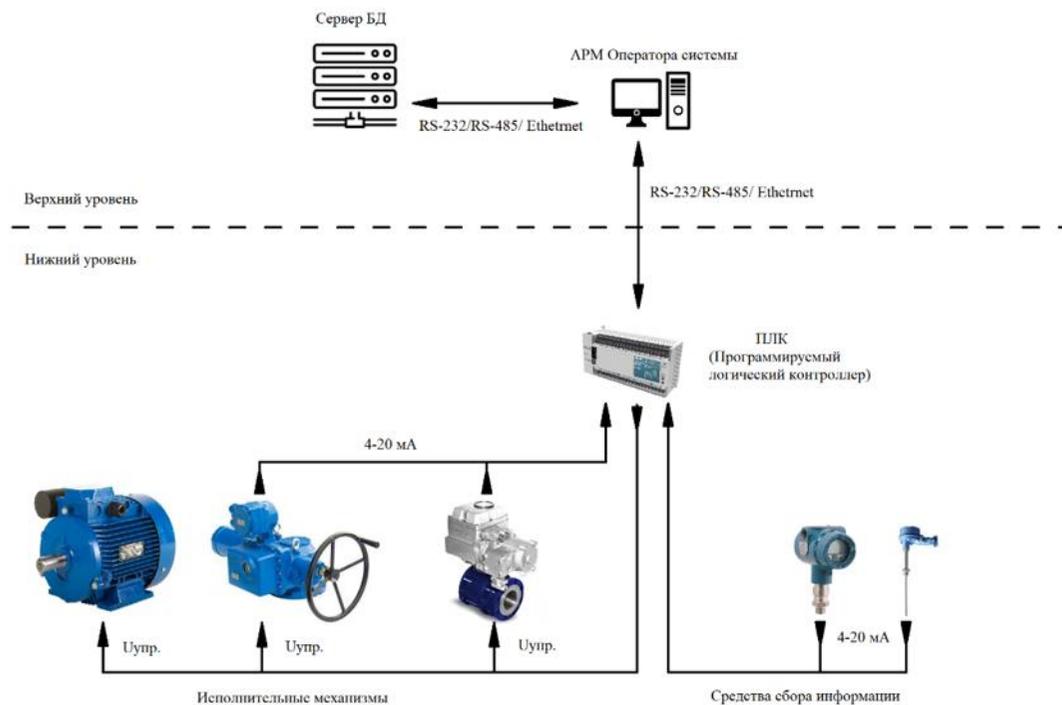
# ПРИЛОЖЕНИЕ А (ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ)



## ПРИЛОЖЕНИЕ А (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

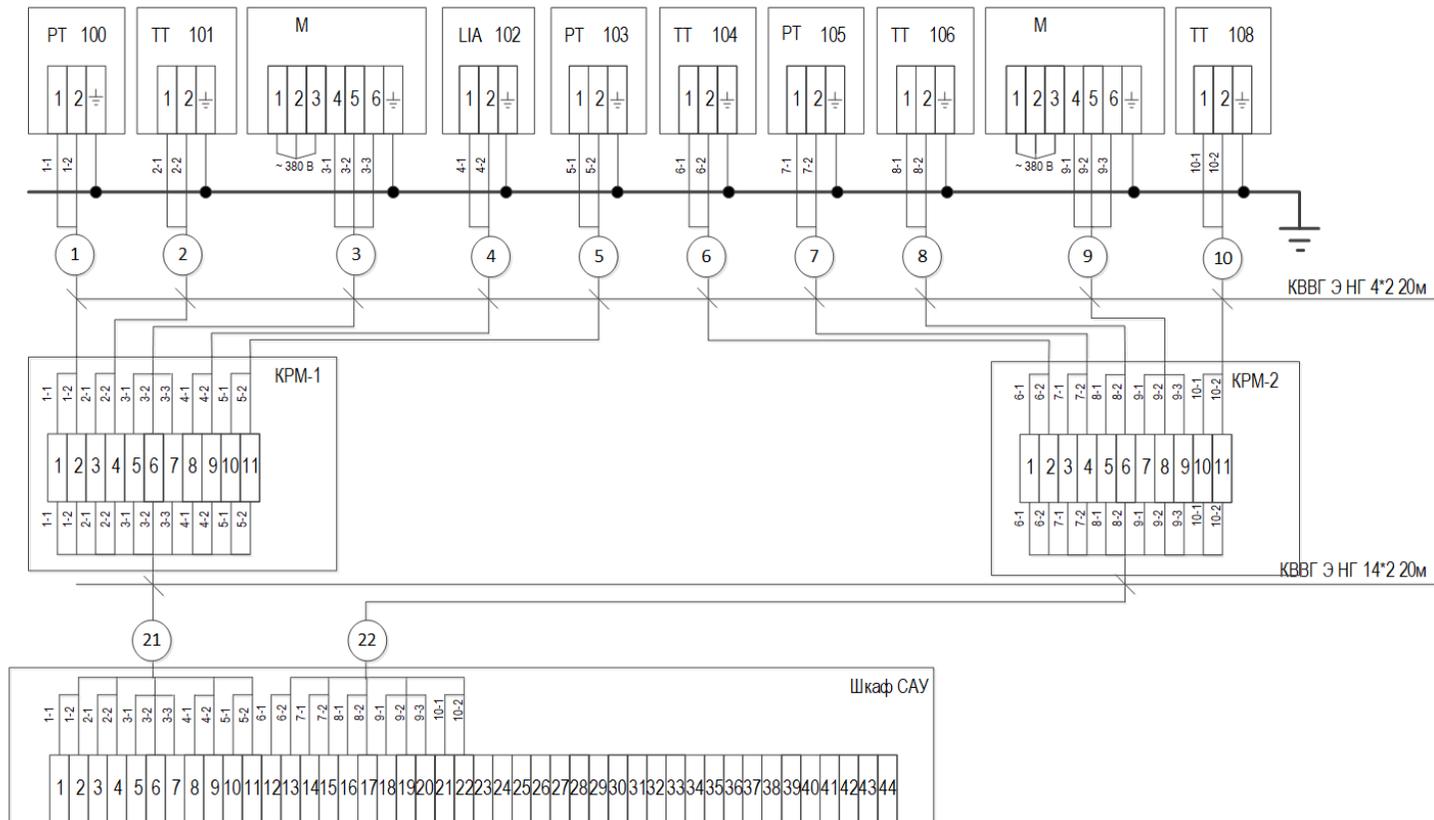


## ПРИЛОЖЕНИЕ Б (СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ)



## ПРИЛОЖЕНИЕ В (СХЕМА ВНЕШНИХ ПРОВОДОВ)

Наименование параметра										
Наименование и место отбора информации	Давление газа на входе в установку, МПа	Температура газа на входе в установку, °С	Управление краном на входе установки	Уровень конденсата в сепараторе С-1, м	Давление газа на выходе сепаратора С-1, МПа	Температура газа на выходе сепаратора С-1, °С	Давление газа на выходе сепаратора С-2, МПа	Температура газа на выходе сепаратора С-2, °С	Управление краном сброса конденсата сепаратора С-1	Температура газа на входе холодильной установки F-1, °С
Позиция	РТ 100	ТТ 101	М	LIA 102	РТ 103	ТТ 104	РТ 105	ТТ 106	М	ТТ 108



## ПРИЛОЖЕНИЕ В (СХЕМА ВНЕШНИХ ПРОВОДОК)

Наименование параметра										
Наименование и место отбора информации	Температура газа на выходе холодильной установки F-1, °С	Уровень конденсата в сепараторе С-2, м	Давление газа в сепараторе С-1, МПа	Температура газа на выходе из установки, °С	Давление газа на выходе из установки, МПа	Управление краном на выходе установки	Управление холодильной установкой F-1	Давление газа в сепараторе С-2, МПа	Управление краном сброса конденсата сепаратора С-2	Резерв
Позиция	ТТ 109	LIA 110	РТ 107	ТТ 113	РТ 112	М	F-1	РТ 111	М	Резерв

