

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<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	Фатеев Андрей Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

Нормоконтроль

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Руководитель ООП</b>	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		
<b>Руководитель ОАР</b>	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в международной 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»**

---

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 (осенний/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:	05.06.2019 г.
------------------------------------------	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	
17.05.2019 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
20.05.2019 г.	Социальная ответственность	

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Худоногова Людмила Игоревна	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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



<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Описание технологического процесса</li> <li>2 Выбор архитектуры АС</li> <li>3 Разработка структурной схемы АС</li> <li>4 Функциональная схема автоматизации</li> <li>5 Разработка схемы информационных потоков АС</li> <li>6 Выбор средств реализации АС</li> <li>7 Разработка схемы соединения внешних проводок</li> <li>8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС</li> <li>9 Разработка экранных форм АС</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Трехуровневая структурная схема</li> <li>2 Обобщенная структурная схема</li> <li>3 Функциональная схема автоматизации технологическим процессом</li> <li>4 Схема информационных потоков</li> <li>5 Схема сигнализации</li> <li>6 Схема внешних проводок</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Доцент к.э.н. (ОСГН, ШБИП) Конотопский Владимир Юрьевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ассистент ООТД Мезенцева Ирина Леонидовна</p>

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Худоногова Людмила Игоревна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т41	Фатеев Андрей Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОС-  
БЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т41	Фатеев Андрей Владимирович

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Автоматизации и робототехники</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	<i>Оклады участников проекта, районный коэффициент по г. Томску, ставка НДС – 20%, ставка социального налога – 30%.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов.</i>	
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</i>	

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>	
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований.</i>	<i>Определение структуры и трудоёмкости работ, разработка графика проведения, планирование бюджета.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.</i>	<i>Выполнить</i>

**Перечень графического материала:**

<i>1. Линейный график работ</i>
---------------------------------

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т41	Фатеев Андрей Владимирович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т41	Фатеев Андрей Владимирович

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Автоматизации и робототехники</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

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

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. <i>Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</i>	<i>Рабочей зоной является низкотемпературный сепаратор на установке комплексной подготовки газа. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров низкотемпературного сепаратора на УКПГ.</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. 2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 3. СП 51.13330.2011 4. ГОСТ 31192.2-2005 5. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09 6. Гост Р 12.1.019-2009 7. СНиП 2.11.03-93. 8. ГОСТ 12.1.010-76
2. <b>Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия.	<i>Вредные факторы:</i> а. Повышенный уровень шумов на рабочем месте. б. Повышенный уровень вибрации. с. Электромагнитные излучения. <i>Опасные факторы:</i> а. Электрический ток. б. Пожар. с. Взрыв.
3. <b>Экологическая безопасность:</b>	<i>Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.</i> <i>Гидросферу незначительное.</i> <i>Воздействием на литосферу происходит в результате производства, обслуживания и утилизации оборудования.</i>
4. <b>Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<i>Возможные ЧС на объекте: утечка газа, возгорание, взрыв. Наиболее распространенным типом ЧС является пожар, взрыв.</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ООТД	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т41	Фатеев Андрей Владимирович		

## Реферат

Пояснительная записка содержит 93 страниц машинописного текста, 23 таблиц, 23 рисунка, 1 список использованной литературы из 20 наименований, 6 приложений.

Объектом исследования является блок низкотемпературной сепарации УКПГ.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров фирмы ЭлеСи, с применением SCADA-системы Wondeware InTouch.

Полученная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

СЕПАРАТОР, ПИД-РЕГУЛЯТОР, МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ДАТЧИК, КОНТРОЛЛЕР, МНЕМОСХЕМА, SCADA-СИСТЕМА, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО.

## Содержание

Введение.....	15
1 Техническое задание.....	16
1.1 Назначение и цели создания системы.....	16
1.2 Характеристика объекта автоматизации.....	17
1.3 Требования к автоматике УКПП.....	18
1.4 Требования к функциям и задачам.....	19
1.5 Требования к техническому обеспечению.....	21
1.6 Требования к программному обеспечению.....	22
1.7 Требования к математическому обеспечению.....	23
1.8 Требования к информационному обеспечению.....	23
2. Основная часть.....	23
2.1 Описание технологического процесса.....	23
2.2 Выбор архитектуры АС.....	26
2.3 Разработка структурной схемы АС.....	29
2.4 Разработка функциональной схемы АС.....	30
2.5 Разработка схемы информационных потоков АС.....	30
2.6 Выбор средств реализации проектируемой АС.....	32
2.6.1 Выбор контроллера.....	32
2.6.2 Выбор датчиков.....	40
2.6.2.1 Манометр ТМ-521.....	40
2.6.2.2 Датчик температуры Rosemount 644.....	41
2.6.2.3 Датчик избыточного давления Метран-75G.....	42
2.6.2.4 Расходомер Метран - 350.....	43
2.6.2.5 Волноводный радарный уровнемер Rosemount 5301.....	44
2.6.2.6 Байпасный указатель-индикатор уровня RIZUR-NBK.....	46
2.6.2.7 Нормирование погрешности канала измерения.....	48
2.6.3 Выбор исполнительных механизмов.....	49
2.6.4 Выбор системы сигнализации.....	51
2.7 Разработка схемы внешних проводок.....	52

2.8	Выбор алгоритмов управления АС УКППГ.....	53
2.9	Алгоритм сбора измеренных данных .....	54
2.9.1	Алгоритм пуска и останова технологического оборудования.....	55
2.9.2	Алгоритм автоматического регулирования ТП .....	60
2.10	Разработка программного обеспечения для ПЛК .....	62
2.11	Экранная форма автоматизированной системы .....	64
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбереже- ние.....	65
3.1	Организация и планирование работ.....	65
3.1.1	Продолжительность этапов работ.....	67
3.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	70
3.2.1	Расчет материальных затрат.....	70
3.2.2	Расчет заработной платы.....	71
3.2.3	Расчет затрат на социальный налог.....	72
3.2.4	Расчет затрат на электроэнергию.....	72
3.2.5	Расчет амортизационных расходов.....	73
3.2.6	Расчет прочих расходов.....	75
3.2.7	Расчет общей себестоимости разработки.....	75
3.2.8	Расчет прибыли.....	75
3.2.9	Расчет НДС.....	76
3.2.10	Цена разработки НИР.....	76
	Вывод по разделу.....	76
4	Социальная ответственность.....	77
	Введение .....	77
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасно- сти.....	78
4.2	Производственная безопасность.....	79
4.3	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	80
4.3.1	Повышенный уровень шума.....	80
4.3.2	Повышенный уровень вибрации.....	81

4.3.3 Электромагнитное излучение.....	82
4.3.4 Электробезопасность.....	83
4.4 Экологическая безопасность.....	86
4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
4.5.1 Пожарная безопасность.....	87
4.5.2 Взрывобезопасность.....	88
Вывод по разделу.....	89
Заключение.....	91
Список использованных источников.....	92
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	
Приложение Д	
Приложение Е	
Приложение Ж	

## Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированная система (АС):** Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

**интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN):** Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

**видеокадр:** Область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п. **мнемосхема:** представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

**мнемосхема:** Представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.

**интерфейс оператора:** Совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

**профиль АС:** Подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС.

**протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART и др.):** Набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами.

**технологический процесс (ТП):** Последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

**архитектура автоматизированной системы:** Набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС.

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

**тег:** Метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

**modbus:** Коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер».

В работе используются следующие обозначения и сокращения:

**OSI** (Open Systems Interconnection) – эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем;

**PLC** (Programmable Logic Controllers) – программируемые логические контроллеры (ПЛК);

**HMI** (Human Machine Interface) – человеко-машинный интерфейс;

**OPC** (Object Protocol Control) – протокол для управления процессами;

**IP** (International Protection) – степень защиты;

**АЦП** – аналого-цифровой преобразователь;

**ЦАП** – цифро-аналоговый преобразователь;

**КИПиА**– контрольно-измерительные приборы и автоматика;

**УКПГ** – установка комплексной подготовки газа;

## **Введение**

Целью данной бакалаврской работы является проектирование автоматизированной системы блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа, а так же разработка функциональной схемы автоматизации и ее реализация на подобранной базе полевого и контроллерного оборудования с соответствующим программным обеспечением.

Так как одним из решающих факторов повышения производительности и улучшения условий труда является автоматизация технологических процессов, то по этой причине происходит постоянное внедрение средств автоматизации во все существующие и строящиеся промышленные объекты. Но создать эффективную автоматизированную систему технологического процесса является очень сложной задачей.

В связи с опасными и вредными факторами присущими в нефтегазовой отрасли. Автоматизация в данной отрасли, развита на высоком уровне, и присутствует абсолютно на всех этапах. А также автоматизация технологического процесса необходима для повышения эффективности производства и безопасности труда рабочего персонала.

На установке комплексной подготовки газа (УКПГ) происходит получение нестабильного конденсата и сухого газа. В состав УКПГ входят различные блоки и узлы технологических процессов, одним из которых является блок низкотемпературной сепарации.

В данной работе используются современные программные пакеты, такие как VISIO, Wonderware InTouch-SCADA.

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Назначение и цели создания системы**

Нашу проектируемую автоматизированную систему назовем следующим образом – автоматизированная система управления блоком низкотемпературной сепарации установкой комплексной подготовки газа или в сокращенном виде (АСУ блоком НТС).

Целью создания системы АСУ ТП является [1]:

- наиболее полное извлечение газа, из насыщенного газа поступающего из продуктивных пластов и доставку его потребителю с установленными технико-экономическими показателями;
- повышение производительности газа отделяющего оборудования;
- сокращение обслуживаемого персонала;
- сокращение потерь газа;
- улучшение качества подготовки газа;
- повысить качество технологического процесса извлечения газа;
- повысить оперативные действия технологического персонала на основе повышения уровня информативности и достоверности данных;
- повысить уровень организации управлением технологическим процессом.

Целесообразность внедрения проектируемой автоматизированной системы проявляется посредством изменения следующих показателей:

- высокий годовой экономический эффект;
- увеличение прирост прибыли;
- не долгосрочная окупаемость капитальных вложений.

Проектирование данной АСУ предназначено для:

- сбора данных, информирующих о функционировании основного и вспомогательного оборудования блока низкотемпературной сепарации;

- обеспечения контроля со стороны оператора за исполнением технологического процесса и состоянием технологических режимов оборудования;
- дистанционного управления технологическим процессом с рабочего места оператора;
- отображения информации о ходе технологического процесса иными системами и передачи в архив.

Данная система необходима для создания автоматизированной системы оперативно-диспетчерского и централизованного управления блоком низкотемпературной сепарации и информационной базы о состоянии технологического процесса.

## **1.2 Характеристика объектов автоматизации**

Приводя характеристику объекта автоматизации, следует отметить тот факт, что данный объект является одним из основных объектов назначения УКПГ. Говоря в общем, об установке комплексной подготовки газа, можно выделить следующие объекты основного и вспомогательного назначения.

В состав объектов основного назначения входят:

- блок низкотемпературной сепарации;
- блок подготовки газа;
- блок подготовки метанола.

А в составе объектов вспомогательного назначения могут быть:

- установка регенерации ДЭГа;
- факельная система;
- установка водоснабжения;
- установка пожаротушения;
- котельная с системой теплоснабжения;
- агрегаты воздушного охлаждения;
- электроподстанции.

### 1.3 Требования к автоматике УКПГ

Данная система автоматики при работе в технологическом процессе блока низкотемпературной сепарации должна обеспечивать следующее:

- измерение:
  - давление и температуру газа после регулятора;
  - давление, температуру и уровень в сепараторе;
  - расход и температуру газа на выходе из сепаратора;
  - расход и температуру конденсата на выходе из сепаратора.
- контроль:
  - давления после регулятора;
  - температуры и давления в сепараторе;
  - уровень конденсата в сепараторе.
- управление:
  - регулятором на входе в сепаратор;
  - регулятором для слива конденсата на выходе из сепаратора;
  - отсечным клапаном при сливе конденсата из сепаратора.
- индикацию:
  - измеряемых параметров;
  - аварийных ситуаций на мнемосхеме с выдачей звукового сигнала аварии;
- сигнализацию:
  - высокого и низкого давления после регулятора;
  - высокого и низкого давления в сепараторе;
  - высокой и низкой температуры в сепараторе;
  - высокого и низкого уровня конденсата в сепараторе;
  - аварийно высокого и низкого уровня конденсата в сепараторе;
  - процент открытия и закрытия регуляторов;
  - открыт или закрыт отсекающий клапан.

В операторной должна выдаваться вся информации о работе блока низкотемпературной сепарации УКПГ.

#### **1.4 Требования к функциям и задачам**

Данная проектируемая система выполняет следующие функции:

- отображение информации;
- отображение мнемосхем.

Технологический процесс и оборудование блока низкотемпературной сепарации должно отображаться на экране монитора в виде объектно-ориентированных динамических, графических и технологических мнемосхем. По запросу оператора к системе она должна выполнять отображение технологических мнемосхем. Для каждого диспетчерского пункта определяется свой отображаемый список мнемосхем. В мнемосхемах должны отображаться типовые унифицированные графические элементы, а ток же системой должна быть предусмотрена возможность одновременного отображения нескольких технологических схем на одном экране монитора.

Навигация между мнемосхемами должна осуществляться быстро и по иерархической организации.

При рассмотрении отдельного технологического объекта на общей схеме должны использоваться всплывающие окна, отображающие детальное состояние объекта.

При изменении, какого либо параметра на экране должна поддерживаться функция мигания данного параметра. Порог изменения и время мигания должны устанавливаться при конфигурировании системы.

Так же при работе системы должна осуществляться звуковая (голосовая) сигнализация аварийных событий.

Информация от вспомогательных систем должна выводиться на технологических мнемосхемах. При передаче и отображении информации по всем диспетчерским пунктам должны быть использованы единые механизмы.

Отображаемая информация, должна иметь несколько уровней детализации.

Мнемосхемы должны поддерживать функцию скроллинга, а также функцию увеличения/уменьшения масштаба с помощью манипулятора “мышь” и минимальным количеством переключений.

Графический экран имеет несколько “слоев” детализации и дополнительной информации с возможностью включения/отключения оператором.

Данная система должна обеспечивать вывод трендов реального времени и исторических (архивных). Тренды должны иметь возможность масштабирования и отражение нескольких параметров в одном окне. Так же должна осуществляться возможность вывода нескольких окон с трендами.

При отображении состояние тревоги (далее – аларм) должно отображаться:

- время возникновения аларма;
- тип аварии;
- содержание аварии.

Время, отображаемое в списке событий и используемое для хранения и отображения трендов, должно быть привязано к метке времени OPC ODA.

Отображение алармов должны быть в хронологическом порядке.

При просмотре трендов должно быть отображение алармов, имевших место за просматриваемый период времени.

При прохождении технологического процесса происходят следующие функции контроля:

- плановый опрос контроллеров и систем локальной автоматики;
- формирование и представление оператору информации о состоянии технологического процесса, оборудовании, а так же об отклонениях в ходе технологического процесса;
- фиксация событий и действия оператора;
- контроль над работой системы противоаварийной защиты.

Функция дистанционного управления предоставляет возможность управления объектом.

Функция хранения создает базы данных в хронологическом порядке о работе и состоянии объекта. Оперативная часть базы данных должна непрерывно обновляться в режиме реального времени. Осуществлять поиск и предоставлять информацию, а так же вести архивы.

Система должна обеспечить хранение изменений технологических параметров для сигналов с меткой «сохранять в журнал» со следующими критериями: точные данные за 3 месяца и средние за 6 месяцев.

### **1.5 Требования к техническому обеспечению**

Используемое в проекте оборудование, должно удовлетворять следующим параметрам:

- по диапазону рабочих температур от минус 40 до плюс 40 °С;
- по влажности не менее 80 % при температуре 35 °С;
- по степени защищенности от воздействий не менее IP56.

Выбор датчиков, должен осуществляться во взрывобезопасном исполнении. А так же предусмотреть оборудование с искробезопасными цепями. Все оборудование должно быть выполнено из коррозионностойких материалов. В более агрессивных средах применить разделители сред.

Применяемое отечественное оборудование должно соответствовать общепринятым показателям надежности:

- по времени наработки на отказ не менее 70 тыс. час;
- по сроку службы не менее 10 лет.

Для безопасного использования сепаратора обеспечить трех кратный контроль уровня с двойной сигнализацией об критических отметках.

В качестве оборудования для сбора, обработки информации и выдачи управляющих сигналов применить оборудование на базе модульной архитек-

туры, с возможностью увеличения модулей ввода/вывода для расширения ТП.

Для возможности дальнейшего увеличения мощности проекта система должна иметь резерв не менее 25%.

## **1.6 Требования к программному обеспечению**

При разработке АС для программного обеспечения предусмотреть следующие системы:

- систему разработки;
- систему исполнения.

Система разработки должна функционировать на компьютере и представлять собой инструмент для проектирования, конфигурирования системы и создания кода управляющей программы для программируемого логического контроллера.

Система исполнения должна функционировать в контроллере и обеспечивать загрузку кода прикладной программы в контроллер, исполнение управляющей программы и выполнение отладочных функций

Программное обеспечение модулей должно реализовывать следующее:

- проверку работоспособности модулей в фоновом режиме;
- индикацию состояния модулей;
- в модулях аналогового ввода – усреднение и интегрирование входных сигналов, проверку и калибровку каналов для исключения временных и температурных дрейфов;
- в модулях дискретного ввода – проверку каналов, последовательный опрос каналов, цифровую фильтрацию входных сигналов;
- в интерфейсных модулях – протокол обмена.

## **1.7 Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических моделей, методов, алгоритмов решения различных задач, используемых на этапе проектирования и в процессе эксплуатации АС.

## **1.8 Требования к информационному обеспечению**

При разработке данного проекта АС должен быть определен способ сбора, обработки и передачи данных, а так же способ организации данных их структура и состав. Определен порядок обмена данными между компонентами и составными частями АС. Вывод информации данных в виде визуального представления.

В составе предоставленной информации должно быть:

- стандартизованная система электронных документов;
- распределенная структурированная база данных;
- средства ведения и управления базами данных.

## **2 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 Описание технологического процесса**

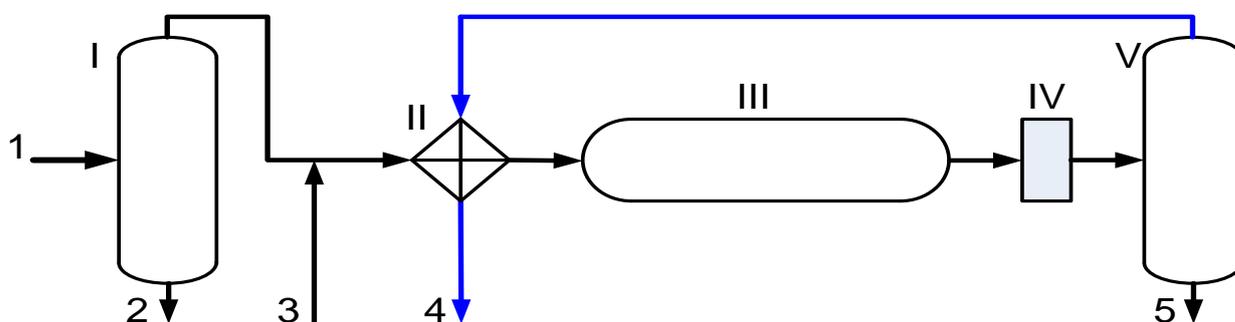
Одним из наиболее эффективным процессом для выделения и отделения из сырого газа воды и всех высококипящих компонентов является низкотемпературная сепарация. Так как при сепарации на низкой температуре происходит хорошая дегидратация. То есть содержащиеся в сыром газе пары воды и высококипящих компонентов конденсируются и выпадают в виде капель в конденсатосборник.

Таким образом, можно утверждать, что низкотемпературная сепарация является высокоэффективным процессом переработки сырого газа, с целью извлечения из него газового конденсата и удаления влаги. Эта высокая эффективность и универсальность низкотемпературной сепарации газа, по-

лучаемая в результате использования энергии, заключенной в самих газовых потоках высокого (от 10 до 20 МПа) давления идущих из скважин, делает этот процесс незаменимым почти на всех газодобывающих промыслах, где требуется осушка и обезжиривание газа. Низкотемпературная сепарация осуществляется при температурах от 0 до минус 30°С.

Первая промышленная установка низкотемпературной сепарации (НТС) введена в эксплуатацию в США в 1950г., в СССР в 1959г..

Низкотемпературная сепарация осуществляется следующим образом (Рис. 1).



I – сепаратор первой ступени; II – газовый теплообменник; III – испаритель-холодильник; IV – штуцер; V – низкотемпературный сепаратор; 1 – необработанный газ; 2 – смесь углеводородного конденсата и воды; 3 – ингибитор гидратообразования; 4 – обработанный газ; 5 – смесь углеводородного конденсата и насыщенного водой ингибитора гидратообразования.

Рисунок 1 – Технологическая схема установки низкотемпературной сепарации газа

Добываемый газ из скважин поступает по шлейфу на сепаратор первой ступени для предварительного отделения жидкости, выделившейся в результате подъёма по трубам из скважины и шлейфу. Затем газ проходит через газовый теплообменник, где предварительно охлаждается встречным потоком отсепарированного холодного газа. После теплообменника газ, редуцируется за счет прохождения через штуцер (эжектор), до определенного давления при котором возможна конденсация (или близкого к нему), за счёт

дроссель-эффекта происходит снижение температура газа. В низкотемпературном сепараторе вследствие изменения термодинамических условий и снижения скорости газового потока выпадает конденсат и влага, которые, накапливаются в конденсатосборнике до определенного уровня. После чего происходит слив через промысловый сборный коллектор (конденсатопровод) на узел стабилизации конденсата. Для более рационального использования энергии пласта вместо штуцера устанавливают турбодетандер. В процессе эксплуатации месторождения происходит снижение энергии пласта до значения, при котором не представляется возможным обеспечить заданную температуру сепарации, тогда в схему добавляют источник искусственного холода – холодильный агрегат. За счет термодинамических характеристик пласта, состава газа, а также требованиям, предъявляемым к продукции промысла определяется технологический режим установки НТС. Для предупреждения образования гидратов в схемах НТС предусматривается ввод в газовый поток ингибитора гидратообразования. Давление газа при поступлении в сепаратор НТС определяется давлением газа поступающего из скважин, а температура — из условия глубины выделения влаги и тяжёлых углеводородов. Технология НТС применяется в любой климатической зоне, допускает наличие в газе не углеводородных компонентов, обеспечивает степень извлечения конденсата (C5+B) до 97 %, а также температуру точки росы, при которой исключается выпадение влаги и тяжёлых углеводородов при транспортировании природного газа. При наличии свободного перепада давления достоинством установки НТС являются низкие капитальные и эксплуатационные затраты. Недостатком — низкая степень извлечения конденсатообразующих компонентов из тощих газов, непрерывное снижение эффективности в процессе эксплуатации за счёт падения пластового давления, которое приводит к масштабной реконструкции после исчерпания дроссель-эффекта.

## 2.2 Выбор архитектуры АС

Архитектура АС – это взаимосвязь составляющих её компонентов между собой по определенной структуре разработанной архитектором для достижения целей поставленных для автоматизированной системы. Также необходимо описать ее ИТ – профиль. Профиль – подразумевает под собой определенный набор стандартов, которыми пользуются разработчики для достижения конкретных целей. Для разработки профиля воспользуемся моделью OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), которая способна определить концептуальный базис и имеет системный подход к классификации интерфейсов и сервисов. Применение профилей помогает уменьшить время разработки проекта, повысить качество оборудования, позволяет производить увеличение необходимых функций.

Для выполнения данной работы воспользуемся следующими профилями:

- профиль прикладного программного обеспечения – SCADA – система InTouch (с интегрированным HMI);
- профиль среды автоматизированной системы – операционная система Windows XP;
- профиль защиты информации – который включает в себя стандартные средства защиты Windows XP;
- профиль инструментальных средств – основан на использовании среды OpenPCS.

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM предусматривает разбиение ПО на три уровня:

- внешняя среда (полевой уровень);
- платформа сервисов;
- прикладное программное обеспечение (верхний уровень).

Уровни взаимодействуют между собой посредством интерфейсов.

Наиболее актуальными прикладными программными системами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой «клиент-сервер». Для решения задач взаимодействия клиента с сервером используются стандарты OPC. OPC стандарт является универсальным интерфейсом для взаимодействия SCADA-системы и большинства промышленных контроллеров.

OPC имеет следующие стандарты:

- OPC DA (Data Access) описывает набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК и другими устройствами;
- OPC AE (Alarms & Events) предоставляет функции уведомления по требованию о различных событиях: аварийная ситуация, действие оператора, информационные сообщения и др.;
- OPC DX (Data eXchange) предоставляет функции организации обмена данными между OPC-серверами через сеть Ethernet. Основное назначение – создание шлюзов для обмена данными между устройствами и программами разных производителей;
- OPC HDA (Historical Data Access) представляет доступ к уже сохраненным данным;
- OPC XML-DA (XML-Data Access), предоставляющий гибкий управляемый правилами формат обмена данными через Intranet-среду.

Профиль среды АС должен включать в себя стандарт протокола транспортного уровня Modbus, стандарты локальных сетей (стандарт Ethernet IEEE 802.3 или стандарт Fast Ethernet IEEE 802.3 u), а также стандарты средств сопряжения проектируемой АС с сетями передачи данных общего назначения (в частности, RS-485, сети CAN, ProfiBus и др.).

Используемые информационные протоколы в рамках модели OSI:

- физический уровень (RS-232, RS-485);
- канальный уровень (Ethernet (семейство IEEE 802.3), ModBus);
- сетевой уровень (IPv4);
- транспортный уровень (HDCL, TCP).

Профиль защиты информации должен обеспечивать реализацию политики информационной безопасности. Функциональная область защиты информации включает в себя функции защиты, реализуемые разными компонентами АС [1]:

- функции защиты, реализуемые операционной системой;
- функции защиты от несанкционированного доступа, реализуемые на уровне программного обеспечения промежуточного слоя;
- функции управления данными, реализуемые СУБД;
- функции защиты программных средств, включая средства защиты от вирусов;
- функции защиты информации при обмене данными в распределенных системах;
- функции администрирования средств безопасности.

Основополагающим документом в области защиты информации в распределенных системах являются рекомендации X.800, принятые МККТТ (сейчас ITU-T) в 1991 г.

Профиль инструментальных средств, встроенных в АС, должен отражать решения по выбору методологии и технологии создания, сопровождения и развития конкретной АС. Функциональная область профиля инструментальных средств, встроенных в АС, охватывает функции централизованного управления и администрирования, связанные [1]:

- с контролем производительности и корректности функционирования системы в целом;
- управлением конфигурацией прикладного программного обеспечения, тиражированием версий;
- управлением доступом пользователей к ресурсам системы и конфигурацией ресурсов;
- перенастройкой приложений в связи с изменениями прикладных функций АС

- настройка пользовательского интерфейса (генерация экранных форм и отчетов);
- ведением БД системы;
- восстановлением работоспособности системы после сбоев и аварий.

### **2.3 Разработка структурной схемы АС**

При разработке структурной схемы АС были использованы измерительные устройства аналогового и дискретного типа реализуемые на нижнем полевом уровне, а также вторичные преобразователи (трансммиттеры). Для передачи данных о ходе технологического процесса от измерительных устройств и управления исполнительными устройствами используются аналоговые унифицированные токовые сигналы 4–20 мА. Для отсечного клапана используются дискретный сигнал 24В.

Для среднего уровня автоматизации воспользуемся контролером ЭЛСИ-ТМК. Связь контролера с АРМ будет осуществляться по протоколу Ethernet при помощи OPC стандарта.

На верхнем уровне расположим сервер БД, а также АРМ оператора и диспетчера на основе ОС Windows XP и ПО Wonderware InTouch SCADA.

Данная трехуровневая структурная схема АС приведена в Приложении А.

Первичная информация от датчиков поступает на контроллер. Контроллер обрабатывает эту информацию, анализируя на её основе как проходит технологический процесс, нет ли необходимости формировать управляющие сигналы для поддержания технологического процесса в заданном уровне. А так же выдает информацию и формирует управляющие сигналы запрашиваемую и поступаемые с диспетчерского пункта управления. На диспетчерском пункте управления поступаемая информация обрабатывается и масштабируется, необходимые параметры выводятся на дисплеях для на-

блюдения за технологическим процессом, а так же происходит их сбор для создания и хранения архивов в БД

Обобщенная структура управления представлена в Приложении Б.

## **2.4 Разработка функциональной схемы АС**

Что собой представляет функциональная схема АС это условное отображение технологического оборудования и его органов управления, приборов и средств автоматизации, с помощью которых происходит автоматизированный процесс управления объектом, а так же здесь указываются взаимосвязь между оборудованием и средствами автоматизации, приводятся таблицы условных обозначений и прописываются не которые пояснения к схеме.

Для создания функциональной схемы ответим на следующие вопросы:

- какое оборудование и как проходит ТП;
- как управлять и что стабилизировать в ТП;
- за какими параметрами следить, а какие регистрировать.

В соответствии с техническим заданием по ГОСТ 21.408-2013 [4] разработаем функциональную схему автоматизации, которая представлена в Приложении В.

## **2.5 Разработка схемы информационных потоков АС**

Для грамотного управления информационными потоками необходимы следующие условия:

- на нижнем уровне должен происходить сбор и обработка информации идущей от измеряемого оборудования;
- на среднем уровне должно производиться текущее хранение об информации. Данный уровень считается буферной зоной, так как он может принимать и запрашивать данные, а так же выступать в качестве источника. Он является маршрутизатором информации от первичного оборудования к

АРМ оператора и диспетчера, а так же БД. При передаче данных между средним уровнем и верхним создаются пакетные потоки, которые передаются по протоколу Ethernet;

- а на верхнем уровне происходит архивное и КИС хранение.

Данная схема приведена в Приложении Г.

Все оборудование контроля и управления имеет свой уникальную метку так называемый (ТЕГ), который состоит из символьной строки имеющий следующий вид:

AAA\_BBBB\_CCC\_DDD, где

AAA – параметр, который может применять следующие значения:

DAV – давление, LEV – уровень.

BBBB – код технологического аппарата, но не должен превышать 4-х символов: SEP – сепаратор.

CCC – уточняющий параметр, не более 3-х символов: IN – входное значение, OUT – выходное значение.

DDD – примечание: REG – регулирование, ALR – сигнализация.

В таблице 1 приведены примеры некоторых кодировок.

Таблица 1

<b>Код</b>	<b>Обозначение</b>
LEV_SEP_IN_REG	Уровень в сепараторе
DAV_SEP_IN_REG	Давление на входе в сепаратор
LEV_SEP_IN_ALR	Аварийно – высокий уровень в сепаратор
DAV_SEP_IN_ALR	Аварийно – высокое давление на входе в сепаратор

Для восприятия человеком информации идущей от первичного оборудования в аналоговых сигналах необходимо следующее:

- масштабные коэффициенты;
- единица измерения;
- минимальные или максимальные значения.

Для просмотра интересующей информации, находящейся в БД, необходимо произвести соответствующий запрос. В ряде своей аналогичности такие запросы называются протоколами. Такими запросами могут быть аварийные, которые отражаются с указанием времени возникновения.

## **2.6 Выбор средств реализации проектируемой АС**

Согласно технического задания оборудование для получения информации и управления ТП будем стараться выбрать из российских разработок, отвечающим международным стандартом.

Для получения первичной информации о ходе технологического процесса нам необходимо различное измеряемое и в тоже время отображаемое оборудование. Так же нам необходимо исполнительное оборудование, которое будет принимать электрические сигналы управления и преобразовывать их в механические для влияния на ТП. Оборудование для выполнения задач вычисления и логических операций, то есть контроллер. Систему сигнализации и оповещение при аварийных случаях.

Для сбора информации о технологическом процессе подберем приборы с унифицированным аналоговым сигналом 4-20 мА, и отсечное оборудование для работы с дискретным сигналом.

### **2.6.1 Выбор контроллера**

Для выполнения автоматизированного управления технологическим процессом, то есть сбором информации от датчиков измерения, анализ полученных данных и решение на выдачу управляющего сигнала на исполнительные органы не обходим ПЛК. Для нашего проекта будем использовать программируемый контролер ЭЛСИ-ТМ (Рис. 2).



Рисунок 2 – Программируемый контроллер ЭЛСИ-ТМК

Программируемый логический контроллер ЭЛСИ-ТМК является эффективной модульной платформой для построения систем автоматизации малого и среднего масштаба во всех секторах промышленного производства. Его современный функционал, надежный форм-фактор, стандартные коммуникации и открытая программная среда предоставляют мощный инструментарий для решения широкого спектра задач промышленной автоматизации.

Программируемый логический контроллер ЭЛСИ-ТМК имеет модульную архитектуру и позволяет использовать в своем составе следующий набор модулей:

- процессорный ТС;
- дискретного ввода/вывода TD;
- аналогового ввода/вывода ТА;
- счетных входов;
- коммуникационный TN;
- питания ТР.

Процессорный модуль ТС предназначен для логической обработки данных и выдачи сигналов управления в соответствии с прикладной программой, а также обмена данными между модулями. Модули центрального

процессора имеют встроенную системную память, память прикладных задач и интерфейсы связи. При сбоях электропитания модули ЦП обеспечивают перезапуск контроллера и восстановление работоспособности системы. Стандартно все модули ЦП допускают кратковременное отключение электропитания длительностью до 50 мс, что позволяет значительно снизить количество, перезапуская контроллера и настроить логику аварийного отключения в соответствии с задачами проекта.

Встроенная оперативная и flash-память объемом до 512 Мб предоставляет широкие возможности для хранения программ пользователя и обработки больших объемов данных. Встроенная flash-память предназначена для размещения операционной системы, среды исполнения, конфигурации контроллера и программы пользователя. Оперативная память объемом до 512 Мб позволяет реализовать обработку больших объемов данных с высоким быстродействием, в том числе, в режиме многозадачности. Энергонезависимая память объемом до 2 Мб предоставляет пользователю мощный инструмент для необслуживаемого хранения данных при сбоях в электросети. Отсутствие буферной батареи значительно увеличивает надежность использования энергонезависимой памяти на протяжении всего срока эксплуатации ЭЛСИ-ТМК.

Поддержка SD-карт памяти объемом до 32 Гб предоставляет широкие возможности для резервного копирования пользовательских данных, ведения подробного журнала событий и хранения данных диагностики. Встроенные средства конфигурирования позволяют пользователю произвольно настраивать логику работы с SD-картой памяти в соответствии с потребностями проекта.

Процессорные модули ЭЛСИ-ТМК имеют широкие коммуникационные возможности для интеграции в комплексные системы управления и поддерживают следующие сетевые протоколы:

- МЭК 60870-5-104-20;
- Modbus TCP;

- Etherbus;
- Modbus RTU;
- NTP;
- OPC UA.

Интерфейс USB, размещенный на лицевой панели процессорных модулей, предназначен для конфигурирования ЭЛСИ-ТМК, диагностических и сервисных функций. Для установления связи с контроллером не требуется дополнительных настроек. Поддержка функции USB-хоста позволяет подключать к контроллеру широкую номенклатуру периферийных устройств: модемы GSM/GPRS, 3G и LTE, Wi-Fi точки доступа и GPS/ГЛОНАСС приемники, сканер штрих-кодов.

Wi-Fi точка доступа предоставляет пользователю расширенные возможности по диагностике контроллера с помощью обычного смартфона или планшетного ПК с использованием web-браузера. Все центральные процессоры ЭЛСИ-ТМК имеют встроенный web-сервер и позволяют просматривать диагностические сообщения, состояние переменных и текущую конфигурацию, а также оперативно вносить изменения в конфигурацию.

Интерфейс RS-232C предназначен для подключения радиомодемов, модулей синхронизации времени по GPS/ГЛОНАСС либо для опроса Modbus RTU устройств.

В таблице 2 представлены технические характеристики контроллера ЭЛСИ-ТМК.

Таблица 2

<b>Параметры</b>	<b>Характеристики</b>
Напряжение питания от источника постоянного тока, В	24±4
Напряжение питания от сети переменного тока частотой (50±1Гц), В	220±44
Потребляемая мощность, Вт, не более	
- с количеством модулей не более 6	75
- с количеством модулей не более 10	110
<b>Условия эксплуатации</b>	
Диапазон рабочих температур, °С	0...+60

Продолжение таблицы 2

<b>Параметры</b>	<b>Характеристики</b>
Относительная влажность при температуре 40°C, %	40...95
Атмосферное давление, кПа	84...106,7
Время готовности к работе, мин, не более	2
Степень защиты	IP20
Среднее время наработки на отказ, ч, не менее	80000
Среднее время восстановления работоспособного состояния агрегатным методом замены, мин, не более	30
Средний срок службы, лет, не менее	12

Технические характеристики процессорного модуля ТС приведены в таблице 3.

Таблица 3

<b>Параметры</b>	<b>Характеристики</b>
Модификация	ТС 711 А8-1000 2ETH
<b>Процессор</b>	
Тип процессора	Sitara (ARM A8)
Тактовая частота, МГц	1000
Операционная система	Адаптированная версия Linux
Набор инструментальных средств	CoDeSys v3.5
Объем оперативной памяти RAM, Мб	512
Объем энергонезависимой памяти (ЭНП), Кб	2048
<b>Интерфейс Ethernet</b>	
Количество каналов, шт.	2
Скорость обмена данными, Мбит/сек	100
Протоколы передачи данных	МЭК 60870-5-104-2004, Modbus TCP, NTP, OPC UA
<b>Интерфейс RS-232</b>	
Количество каналов, шт.	1
Скорость обмена данными, Кбит/сек	115200
Протоколы передачи данных	Modbus RTU Master
<b>Поддержка модулей ввода/вывода</b>	
Количество поддерживаемых модулей ввода/вывода	10
Количество каналов ввода/вывода:	
– дискретных	до 640
– аналоговых	до 240

Продолжение таблицы 3

Параметры	Характеристики
Поддержка коммуникационных модулей	
Интерфейс RS-232C Количество поддерживаемых модулей	10
Интерфейс RS-422/485 Количество поддерживаемых модулей	10
Электрические параметры	
Потребляемая мощность, Вт, не более	7
Эксплуатационные и конструктивные параметры	
Диапазон рабочих температур, °С	0...+60
Масса, кг, не более	0,8
Размеры ШхВхГ, мм, не более	50x193x143

Технические характеристики модуля ввода/вывода дискретных сигналов TD и модуля ввода/вывода аналоговых сигналов ТА приведены в таблице 4 и 5.

Таблица 4

Параметры	Характеристики
Модификация	TD 711 32I 024DC
Дискретные выходы	
Общее количество выходов, шт.	32
Количество групп выходов, шт.	2
Максимально коммутируемое напряжение постоянного тока, В	24
Тип сигнала	«Открытый коллектор» «Сухой контакт»
Максимально коммутируемый ток, мА	10
Время опроса всех входов, мс	12
Параллельное соединение выходов	да
Схема подключения	2-х проводная
Электрические параметры	
Потребляемая мощность, Вт, не более	6
Эксплуатационные и конструктивные параметры	
Диапазон рабочих температур, °С	0...+60
Масса, кг, не более	0,8
Размеры ШхВхГ, мм, не более	25x193x143

Продолжение таблицы 4

<b>Параметры</b>	<b>Характеристики</b>
Модификация	TD 712 32O 024DC
<b>Дискретные выходы</b>	
Общее количество выходов, шт.	32
Количество групп выходов, шт.	2
Максимально коммутируемое напряжение постоянного тока, В	30
Тип сигнала	«Открытый коллектор» «Сухой контакт»
Максимально коммутируемый ток, А	0,2
Скорость срабатывания, мс	0,08
Параллельное соединение выходов	да
Схема подключения	2-х проводная
<b>Электрические параметры</b>	
Потребляемая мощность, Вт, не более	6
<b>Эксплуатационные и конструктивные параметры</b>	
Диапазон рабочих температур, °С	0...+60
Масса, кг, не более	0,8
Размеры ШхВхГ, мм, не более	25x193x143

Таблица 5

<b>Параметры</b>	<b>Характеристики</b>
Модификация	TA 713 8I 8O DC
<b>Аналоговые входы</b>	
Общее количество входов, шт.	8
Количество групп входов, шт.	2
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, В	0...10
Диапазон измерения постоянного тока, мА	0/4...20
Разрешение АЦП, бит	16
Время опроса всех измерительных каналов, мс	20...2000
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения, %	±0,05
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения в рабочих условиях эксплуатации, %	±0,05
Схема подключения датчиков	2-х проводная
<b>Аналоговые выходы</b>	
Общее количество входов, шт.	8
Количество групп входов, шт.	2

Продолжение таблицы 5

<b>Параметры</b>	<b>Характеристики</b>
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, В	0...10
Диапазон измерения постоянного тока, мА	0/4...20
Разрешение АЦП, бит	16
Время опроса всех измерительных каналов, мс	20...2000
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности измерения, %	±0,1
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения в рабочих условиях эксплуатации, %	±0,15
Схема подключения датчиков	2-х проводная
<b>Электрические параметры</b>	
Потребляемая мощность, Вт, не более	5
<b>Эксплуатационные и конструктивные параметры</b>	
Диапазон рабочих температур, °С	0...+60
Масса, кг, не более	0,8
Размеры ШхВхГ, мм, не более	50x193x143
<b>Параметры</b>	<b>Характеристики</b>
Модификация	ТА 712 16IDC
<b>Аналоговые входы</b>	
Общее количество входов, шт.	16
Типы поддерживаемых термосопротивлений	50М, 100М, 500М, 50П, 100П, 500П, 1000П, Pt50, Pt100, Pt1000, 100Н, 500Н, 1000Н
Диапазон измерения напряжения постоянного тока, В	0...10
Диапазон измерения постоянного тока, мА	0/4...20
Разрешение АЦП, бит	16
Время опроса всех измерительных каналов, мс	100
Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения в рабочих условиях эксплуатации, %	
– напряжения постоянного тока	±0,2
– постоянного тока	±0,2
Схема подключения датчиков	2-х проводная
<b>Электрические параметры</b>	
Потребляемая мощность, Вт, не более	7
<b>Эксплуатационные и конструктивные параметры</b>	
Диапазон рабочих температур, °С	0...+60
Масса, кг, не более	0,8
Размеры ШхВхГ, мм, не более	25x193x143

Данный контроллер со своими техническими характеристиками полностью удовлетворяет наши потребности в разрабатываемой АС. А так же имеет запас по каналам ввода/вывода, что немало важно при дальнейшем расширении объекта.

## 2.6.2 Выбор датчиков

### 2.6.2.1 Манометр ТМ-521

Манометры коррозионностойкие ТМ-521 (Рис. 3). Применяются для измерения давления агрессивных жидких и газообразных, не вязких и не кристаллизующихся измеряемых сред с температурой до 200°С



Рисунок 3 – Внешний вид манометра и закладных

Основные технические характеристики манометра ТМ-521 приведены в таблице 6.

Таблица 6

Технические характеристики	Значения
Диапазон измерения	0...25 МПа (1 шт.)
	0...16 МПа (2 шт.)
Температура измеряемой среды, °С	-30...+200
Корпус	Нержавеющая сталь
Номинальный диаметр	100 мм
Механизм	Нержавеющая сталь
Класс точности	1,0
Степень защиты	IP65
Виброзащита	V4
Стекло	Пластиковое
Технологическое соединение	M20x1,5
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	-60...+60°С

Монтаж манометров производится через разделительный сосуд СР-25-2-Б (Рис. 4) наполняемый жидкостью для защиты внутренне полости манометра от непосредственного контакта и воздействия агрессивной измеряемой среды.



Рисунок 4 – Внешний вид сосуда СР-25-2-Б

### 2.6.2.2 Датчик температуры Rosemount 644

Датчики температуры Rosemount 644 предназначены для измерений температуры жидких, твердых и газообразных сред. Принцип действия датчиков температуры основан на преобразовании преобразователем измерительным сигнала от первичного преобразователя (сенсора) в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА (с наложенным на него цифровым частотно-модулированным сигналом по протоколу HART), либо в цифровой выходной сигнал по протоколу FOUNDATION Fieldbus или Profibus PA.

Первичный преобразователь состоит из измерительной вставки с чувствительным элементом (ЧЭ) в виде термопреобразователя сопротивления с НСХ Pt100 по ГОСТ 6651-2009

Внешний вид датчика представлен на (Рис. 5).



Рисунок 5 – Внешний вид датчика температуры и закладных

Данная модель полностью удовлетворяет требования ТП. Основные технические характеристики модели приведены в таблице 7.

Таблица 7

Технические характеристики	Значения
Диапазон измерений, °С	-196...+600
Технологическое соединение	M20x1,5
Тип НСХ	Pt100
Выходной сигнал	4-20 мА
Индикация	Встроенный ЖКИ
Искробезопасность	0ExiaIICT5
Монтажный кронштейн	Есть, для крепления на
Предел допускаемой основной погрешности, %	±0,1

### 2.6.2.3 Датчик избыточного давления Метран-75G

Датчики Метран-75G предназначены для измерения избыточного давления рабочих сред: жидкости, пара и газа. Датчик обеспечивает непрерывное преобразование давления в аналоговый выходной сигнал постоянного тока (4-20 мА) и/или в цифровой выходной сигнал в стандарте протокола HART.

Датчик предназначен для работы с вторичной регистрирующей и показывающей аппаратурой, системами управления, воспринимающими стандартный сигнал постоянного тока 4-20мА и/или цифрового сигнала на базе HART-протокола.

Внешний вид датчика давления и закладных представлен на (Рис. 6).



Рисунок 6 – Внешний вид датчика давления и закладных

Данная модель полностью удовлетворяет требования ТП. Основные технические характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 8

<b>Технические характеристики</b>	<b>Значения</b>
Диапазон измерений (МПа)	-101,3...25
Технологическое соединение	M20x1,5
Материал: – Разделительной мембраны – Деталей, контактирующих с рабочей средой	316L SST 316L SST
Заполняющая жидкость	Силикон
Выходной сигнал	4-20 мА
Индикация	Встроенный ЖКИ
Искробезопасность	0ExiaIICT5
Клапанный блок	Есть
Монтажный кронштейн	Есть, для крепления на панели
Предел допускаемой основной погрешности, %	±0,2
Дополнительные опции: – Настройка – Маркировочная табличка	Да Да

#### **2.6.2.4 Расходомер Метран - 350**

Расходомер Метран – 350 (Рис. 7) на базе осредняющей напорной трубки Annubar предназначен для измерения расхода жидкости, газа, пара в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, а также в системах технологического и коммерческого учета.



Рисунок 7 – Внешний вид датчика и закладной

Данная модель полностью удовлетворяет требования ТП. Основные технические характеристики модели приведены в таблице 9.

Таблица 9

Технические характеристики	Значение
Избыточное давление в трубопроводе до МПа	25
Условный проход Ду	50...2400
Объемный расход, м <sup>3</sup> /ч	4,2...20853600,0
Выходной сигнал	4 – 20 мА/HART
Вид взрывозащиты	Exd IIC T5, IIC T6
Степень защиты корпуса датчика	Не менее IP65
Электрическое подключение	Namur (Exd)
Срок эксплуатации	Не менее 20 лет
Гос. поверка	Да
Межповерочный интервал	4 года

Различные схемы монтажа расходомера приведены на (Рис. 8).



Рисунок 8 – Монтажные схемы

### 2.6.2.5 Волноводный радарный уровнемер Rosemount 5301

Волноводный радарный уровнемер для измерения уровня поверхности и границы раздела жидких сред серии 5301 (Рис. 9) обеспечивают стабильное и надежное измерение уровня в различных технологических процессах.



Рисунок 9 – Внешний вид датчика с закладной

Данная модель полностью удовлетворяет требования ТП. Основные технические характеристики модели приведены в таблице 10.

Таблица 10

Технические характеристики	Значение
Выходной сигнал	4 – 20 мА/HART
Вид взрывозащиты	Exd IICТ5, IICТ6
Степень защиты корпуса датчи-	Не менее IP65
Электрическое подключение	Namur (Exd)
Технологическое соединение	Внешняя резьба G3/4. Включить в комплект поставки фланец Ду 200 с внутренней резьбой G3/4
Срок эксплуатации	Не менее 20 лет
Гос. поверка	Да
Межповерочный интервал	4 года

Различные схемы монтажа уровнемера Rosemount 5301 приведены на (Рис. 10).



Рисунок 10 – Монтажные схемы

### 2.6.2.6 Байпасный указатель-индикатор уровня RIZUR-NBK

Байпасный указатель-индикатор уровня RIZUR-NBK применяются для непрерывного измерения/отображения верхнего уровня жидкости или уровня раздела двух жидких сред в резервуарах. RIZUR-NBK предназначен для контроля уровня жидкости в открытых или закрытых, находящихся под давлением емкостях в технологических установках промышленных объектов химической, нефтехимической, медицинской, пищевой и других отраслей промышленности.

Принцип действия RIZUR-NBK основан на законе о сообщающихся сосудах – уровень в байпасной колонке равен уровню измеряемой жидкости внутри резервуара. Внутри колонки вместе с уровнем жидкости перемещается поплавков с встроенным магнитом. Посредством воздействия магнитного поля поплавков бесконтактно изменяет положение (поворачивает) одного или группы вертикально расположенных магнитных роликов или передает информацию о текущем уровне на иное контрольное устройство.

Внешний вид датчика с закладными для его крепления приведены на (Рис. 11)



Рисунок 11 – Внешний вид датчика и закладной для его крепления  
 Технические характеристики модели приведены в таблице 10.

Таблица 10

Технические характеристики	Значение
Межфланцевое расстояние, мм	2000
Максимальное давление, МПа	42
Диапазон температур измеряемой среды, °С	-196...+425
Технологическое присоединение	Низ/верх боковое фланцевое
Диаметр патрубка, мм	50
Индикация, шкала	Нержавеющая сталь 316L, «м+см», флажковый индикатор, диапазон шкалы от 0 до 2000 мм
Материал корпуса	Нержавеющая сталь
Максимальная погрешность, мм	±3
Вид взрывозащиты	0ExiaIICT6, 1ExdIICT6
Степень защиты корпуса датчика	IP65 или IP67
Электрическое подключение	Двухпроводная схема (питание от РСУ 24 В), выходной сигнал 4-20 мА+HART

Монтажная схема байпасного указателя-индикатора уровня RIZUR-NBK приведена на (Рис. 12).

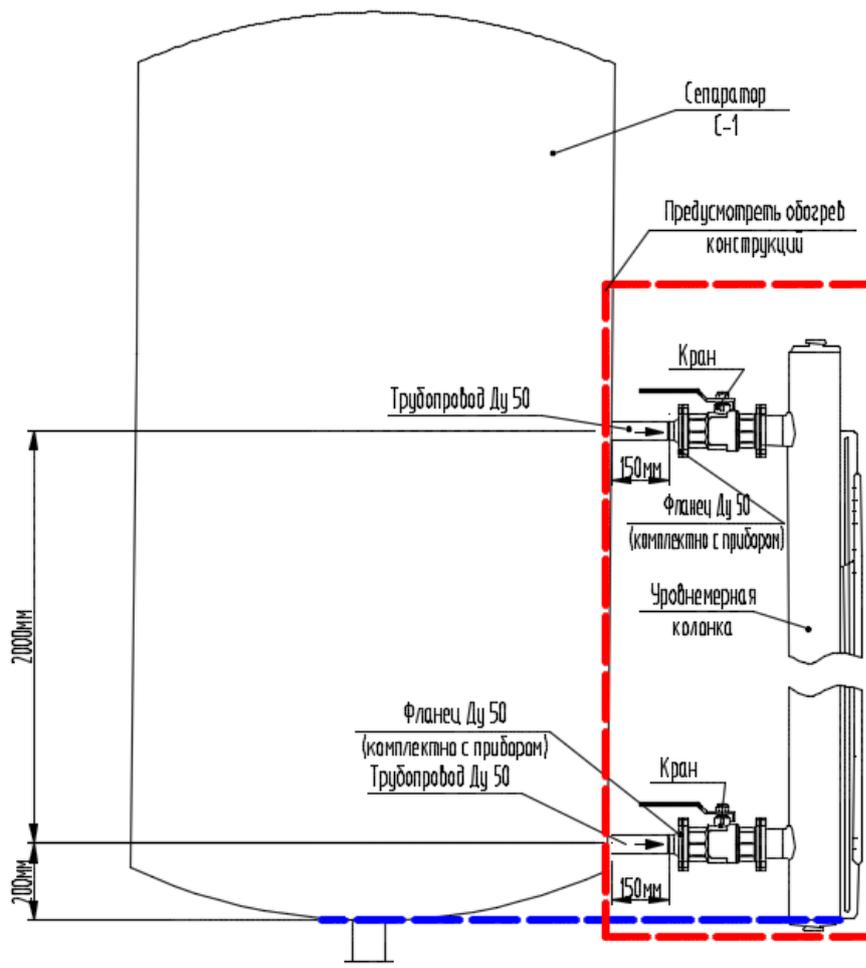


Рисунок 12 – Монтажная схема

### 2.6.2.7 Нормирование погрешности канала измерения

Для того чтобы убедиться в правильности нашего выбора с датчиком давления произведем нормирование погрешности канала измерения донного датчика согласно РМГ 62-2003[9].

В соответствии с техническим заданием на применение измеряемых датчиков давления, погрешность канала измерения не должна превышать плюс или минус 0,2%. В данном датчике давления используется двенадцати разрядный аналого-цифровой преобразователь

Погрешность канала измерения производится по следующей формуле:

$$\delta_1 \leq \sqrt{\delta^2 - (\delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2 + \delta_5^2)}, \quad (1)$$

где  $\delta=0.2\%$  – это требуемая суммарная погрешность измерения;

$\delta_2$  - погрешность передачи;

$\delta_3$  - погрешность, от АЦП;

$\delta_4, \delta_5, \delta_6$  - дополнительные погрешности, от влияния температуры окружающей среды, вибрации и сопротивления нагрузки устанавливаются следующими рекомендациями [1].

$$\delta_2 = \frac{0,2 * 13}{100} = 0,026\%. \quad (2)$$

$$\delta_3 = \frac{1 * 100}{2^{12}} = 0,024\%. \quad (3)$$

$$\delta_4 = \frac{0,2 * 34}{100} = 0,068\%. \quad (4)$$

$$\delta_5 = \frac{0,2 * 19}{100} = 0,038\%. \quad (5)$$

$$\delta_6 = \frac{0,2 * 6}{100} = 0,012\%. \quad (6)$$

Подставив полученные значения в формулах 2, 3, 4, 5, и 6 в формулу 1 для определения погрешности канала измерения датчика давления:

$$\delta_1 = \sqrt{0,2^2 - (0,026^2 + 0,024^2 + 0,068^2 + 0,038^2 + 0,012^2)} = 0,18\%.$$

Полученное нами значение погрешности не превышает, заявленную погрешность заводом изготовителем тем самым подтверждая, что мы правильно определились с выбором датчика давления

### **2.6.3 Выбор исполнительных механизмов**

Для выполнения необходимых функций по открытию, закрытию и регулировке проходного сечения запорной арматуры с точной остановкой по задающему управляющему сигналу. Будем использовать следующее исполнительное оборудование

Электропривод взрывозащищенный полуповоротный ELESYB VT (Рис. 13) с блоком управления ESD-VCX предназначен для управления запорно-регулирующей арматурой.



Рисунок 13 – Электропривод ELESYB VT с блоком управления ESD-VCX

Основные технические характеристики электропривода ELESYB VT с блоком управления ESD-VCX приведены в таблице 11.

Таблица 11

<b>Технические характеристики</b>	<b>Значение</b>
Модификация электропривода	ELESYB V-01-T-1,8-900-ESD-VCX
<b>Тип блока управления</b>	<b>ESD-VCX</b>
Мощность подключаемого электродвигателя, кВт	0,09-0,55
Диапазон напряжений цепей питания блока: <ul style="list-style-type: none"> <li>– для силовых цепей, В</li> <li>– для цепей управления и сигнализации, В</li> <li>– для цепей резервного питания, В</li> </ul>	380 (+30...-40%) 24 (+10...-15%) 24 (+10...-15%)
Диапазон регулирования частоты вращения электродвигателя, %	0...200
Количество событий, фиксируемое в энергонезависимой памяти, шт.	300
Дискретных входов (24В), шт.	3
Дискретных выходов, шт.	9
Аналоговый вход (4-20мА), шт.	1
Аналоговый выход (4-20 мА), шт.	1
Последовательный интерфейс RS-485 (Modbus RTU)	стандартно
Инфракрасный канал связи	стандартно
Диапазон рабочих температур, °С	-60...+50
Степень защиты	IP68
Маркировка взрывозащиты	1ExdIIBT4
Срок службы, лет, не менее	30

А так же будем использовать клапан электромагнитный фланцевый двухходовой, нормально-открытый KV304 (Рис. 14).



Рисунок 14 – Клапан электромагнитный KV304

Основные технические характеристики клапана электромагнитного KV304 приведены в таблице 12.

Таблица 12

Параметр	Характеристики
Корпус	Чугун
Уплотнение	Фторкаучук-ФКМ
Давление, МПа	1,2
Гермитичность	Класс «А» по ГОСТ Р 54808-2011
Рабочая среда	Жидкая и газообразная, вязкость до 20 сСт
Температура рабочей среды	От -10 до +90 °С для ФКМ
Управление	Постоянный ток: DC12V; DC24V Переменный ток: AC24V; AC220V Отклонение напряжение в сети: ±10%, IP 65

#### 2.6.4 Выбор системы сигнализации

Сигнализация – это одна из основных функций АС. Для этого используются звуковые и световые индикаторы, специальные экранные формы [1].

В соответствии с условиями, поставленными в ТЗ необходимо реализовать сигнализацию следующих показателей ТП в блоке низкотемпературной сепарации УКПГ:

- аварийно – высокое давления на вводе в сепаратор (KM1, KM1.1, HL1, KM1.2, HA);

- аварийно – низкое давления на вводе в сепаратор (KM2, KM2.1, HL2, KM2.2, HA);
- аварийно – высокое давление в сепараторе (KM3, KM3.1, HL3, KM3.2, HA);
- аварийно – низкое давление в сепараторе (KM4, KM4.1, HL4, KM4.2, HA);
- аварийно – высокий уровень в сепараторе (KM5, KM5.1, HL5, KM5.2, HA);
- аварийно – низкий уровень в сепараторе (KM6, KM6.1, HL6, KM6.2, HA);
- аварийно – высокая температура в сепараторе (KM7, KM7.1, HL7, KM7.2, HA);
- аварийно – низкая температура в сепараторе (KM8, KM8.1, HL8, KM8.2, HA);

В операторной будет установлена, светозвуковая сигнализации с возможностью вызова оператора на рабочее место. Схема сигнализации приведена в (приложении Д) и функционирует следующим образом.

При возникновении одного из аварийно-высоких показателей в УКПГ на систему сигнализации подается питание, на соответствующую обмотку реле. При этом замыкается, соответствующие контакты и загорается соответствующая лампочка, а так же срабатывает звуковая сигнализация HA. Нажатие кнопки SB1 производит отключение всей сигнализации в целом.

## **2.7 Разработка схемы внешних проводок**

Схема внешних проводок приведена в Приложении Ж. Первичными приборами измерения являются:

- датчик температуры Rosemount 644
- датчик избыточного давления Метран-75G:
- расходомер Метран – 350;

- волноводный радарный уровнемер Rosemount 5301;
- байпасный указатель-индикатор уровня RIZUR-NBK.

Все датчики имеют унифицированный токовый выходной сигнал 4-20 мА.

Для передачи сигналов от датчиков на щит КИПиА используется два провода.

В качестве кабеля выбран КВВГЭнг-LS – контрольный кабель, с медными жилами, экранированный, в ПВХ изоляции пониженной сти, с пониженным газо- и дымовыделением. Не распространяет горение при прокладке в пучках (нормы ГОСТ Р МЭК 332-3-96 категории А). Кабель предназначен для передачи и распределения электрической энергии в установках с номинальным переменным напряжением до 660 В и частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от минус 50°С до плюс 50°С. Кабелей КВВГЭнг-LS выполнены из цельных медных жил покрытых изоляцией и скрученных между собой. В основном кабель прокладывается по эстакаде, а при спуске и подводки к оборудованию проложить в трубе или металлорукаве диаметром 20 мм.

## **2.8 Выбор алгоритмов управления АС УКПГ**

Для управления объектом с различных уровней автоматизированной системы применяют различные алгоритмы управления.

Так на среднем уровне ПЛК реализуются следующие алгоритмы;

- сбора информации от датчиков измерения;
- обработки полученной информации;
- загрузки информации в ППЗУ;
- принятие, каких либо действий согласно полученной информации;
- создания управляющих сигналов;
- создания аварийных сигналов оповещения и управления.

А на верхнем уровне в SCADA-системе могут быть реализованы следующие алгоритмы:

- вывода полученной информации о ходе технологического процесса на мнемосхеме;
- сбора, хранения и выдаче по запросу информации в БД;
- вывода аварийных сигналов на мнемосхеме;
- управляющих команд «Открыть», «Закрыть» и «Стоп» технологическим процессом.

## 2.9 Алгоритм сбора измеренных данных

Предоставление информации о ходе технологического процесса происходит по следующему алгоритму, приведенному на (Рис. 15).

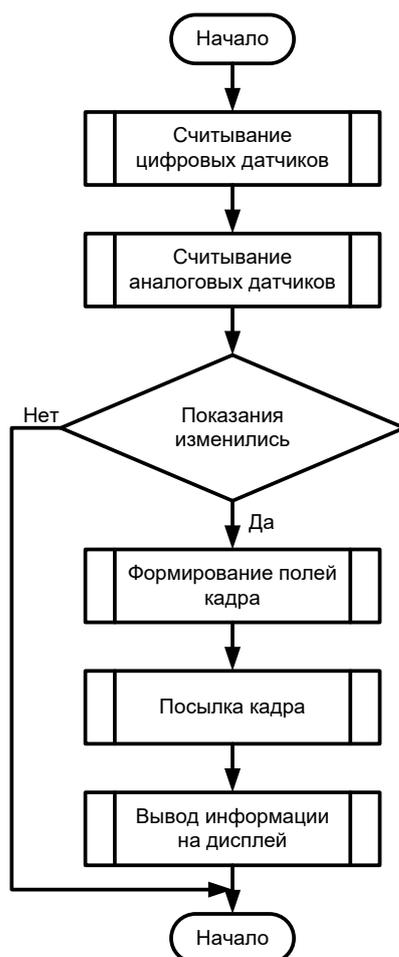


Рисунок 15 – Алгоритм сбора информации от измеряемого оборудования

### **2.9.1 Алгоритм пуска и останова технологического оборудования**

По входным каналам на контроллер поступают следующая информация о состоянии оборудования «Открыта», «Закрыта», «Отказ». А от контроллера по выходным каналам к оборудованию поступает информация о выполнении следующих действий «Открыть», «Закрыть», «Стоп», перейти на «Местное управление» или «Дистанционное управление».

Если на контроллер от оборудования одновременно приходит информация о том, что оно «Открыто» или «Закрыто», то контроллер формирует сигнализирующей сигнал об «Ошибке состояния оборудования».

Также если на контроллер от оборудования поступила информация в виде «Отказ», то контроллер формирует сигнализирующей сигнал об «Отказе привода оборудования».

Если на контроллер не поступает ни какая информация о состоянии оборудования «Открыто» или «Закрыто», то оно находится в промежуточном положении.

Если необходимо открыть оборудование, то на выходном канале контроллера формируется активный сигнал на открытие оборудования с определенным временем действия при поступлении данного сигнала оборудование начинает открываться. Данная команда будет выполнена только после того как от оборудования на контроллер поступит активный сигнал об том что оборудование открыто. Если за определенное время действия сигнала на открытие оборудования от оборудования на контроллер не поступил сигнал открыто, то контроллер формирует сигнализирующий сигнал об отказе открытия оборудования. А также данная команда может быть выполнена, если управление оборудованием осуществляется в дистанционном режиме, не активны сигналы на закрытие оборудования, отказ привода оборудования или ошибка состояния оборудования.

Если необходимо закрыть оборудование, то на выходном канале контроллера формируется активный сигнал на закрытие оборудования с определенным временем действия при поступлении данного сигнала оборудование

начинает закрываться. Данная команда будет выполнена только после того как от оборудования на контроллер поступит активный сигнал об том что оборудование закрыто. Если за определенное время действия сигнала на закрытие оборудования от оборудования на контроллер не поступил сигнал закрыто, то контроллер формирует сигнализирующий сигнал об отказе закрытия оборудования. А также данная команда может быть выполнена, если управление оборудованием осуществляется в дистанционном режиме, не активны сигналы на открытие оборудования, отказ привода оборудования или ошибка состояния оборудования.

При поступление команды «Стоп» на выходном канале контроллера формируется активный сигнал «Стоп» с определенным временем действия которое необходимо для разрыва цепи управления объектом. Данная команда выполняется при работе в дистанционном режиме.

Так как нами применяется оборудование, которое способно работать как в дистанционном, так и в ручном режиме управления. То в алгоритме управления оборудованием необходимо предусмотреть переключение с блокировкой режимов управление с дистанционного в местное управление или на оборот. То есть работой оборудования при активном сигнале дистанционного режима им может управлять контроллер или оператор с АРМ, в этот момент сигнал местный режим не активен. А при активном сигнале местного режима им можно управлять только по месту его установки с помощью кнопок расположенных на его панели управления, в этот момент сигнал дистанционный режим не активен.

Входами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 13.

Таблица 13

<b>Обозначения</b>	<b>Тип данных</b>	<b>Описание</b>
vlv_on	bool	Состояние электрозадвижки «Открыта»
vlv_off	bool	Состояние электрозадвижки «Закрыта»
vlv_fail	bool	Состояние электрозадвижки «Отказ»
vlv_rem_cmd	bool	Нажата кнопка «Дистанционный» с АРМ оператора

Продолжение таблицы 13

<b>Обозначения</b>	<b>Тип данных</b>	<b>Описание</b>
vlv_loc_cmd	bool	Нажата кнопка «Местный» с АРМ оператора
vlv_open_cmd	bool	Нажата кнопка «ОТКРЫТЬ» с АРМ оператора
vlv_close_cmd	bool	Нажата кнопка «ЗАКРЫТЬ» с АРМ оператора
vlv_stop_cmd	bool	Нажата кнопка «СТОП» с АРМ оператора
vlv_mask	bool	Режим электрозадвижки «Маскирование» включен
t_o_pusk	bool	Пуск сторожевого таймера на открытие электрозадвижки
t_o_reach	bool	Срабатывание таймера на открытие электрозадвижки
t_o_reset	bool	Сброс сторожевого таймера на открытие электрозадвижки
t_o_pusk	bool	Пуск сторожевого таймера на закрытие электрозадвижки
t_o_reach	bool	Срабатывание таймера на закрытие электрозадвижки
t_o_reset	bool	Сброс сторожевого таймера на закрытие электрозадвижки

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 14, а также сигнализации и сообщения оператору.

Таблица 14

<b>Обозначения</b>	<b>Тип данных</b>	<b>Описание</b>
vlv_open	bool	Управляющий сигнал задвижки «Открыть»
vlv_close	bool	Управляющий сигнал задвижки «Закрыть»
vlv_stop	bool	Управляющий сигнал задвижки «Стоп»
vlv_loc	bool	Управляющий сигнал задвижки «Местное управление»
vlv_rem	bool	Управляющий сигнал задвижки «Дистанционное управление»

На (Рис. 16) представлена блок-схема алгоритма обработки состояния электрозадвижки.

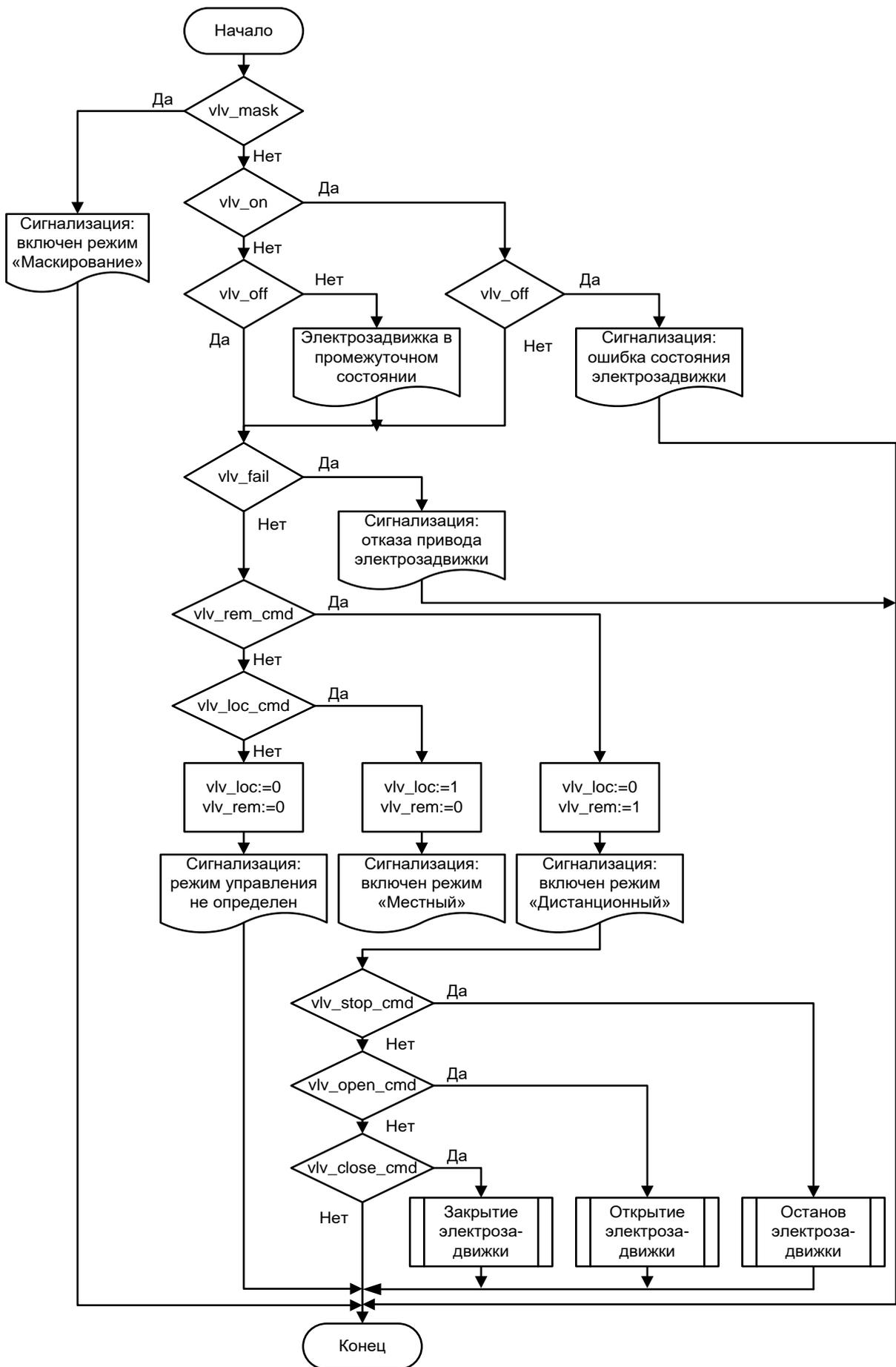


Рисунок 16 – Блок-схема алгоритма обработки состояния электрозадвижки

На (Рис. 17) представлена блок-схема алгоритма останова электрозадвижки (подпрограмма «Останов электрозадвижки»).

На (Рис. 18) представлена блок-схема алгоритма открытия электрозадвижки и закрытия электрозадвижки.

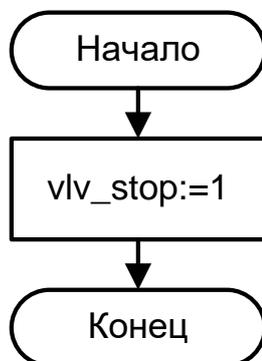


Рисунок 17 – Блок-схема алгоритма останова электрозадвижки

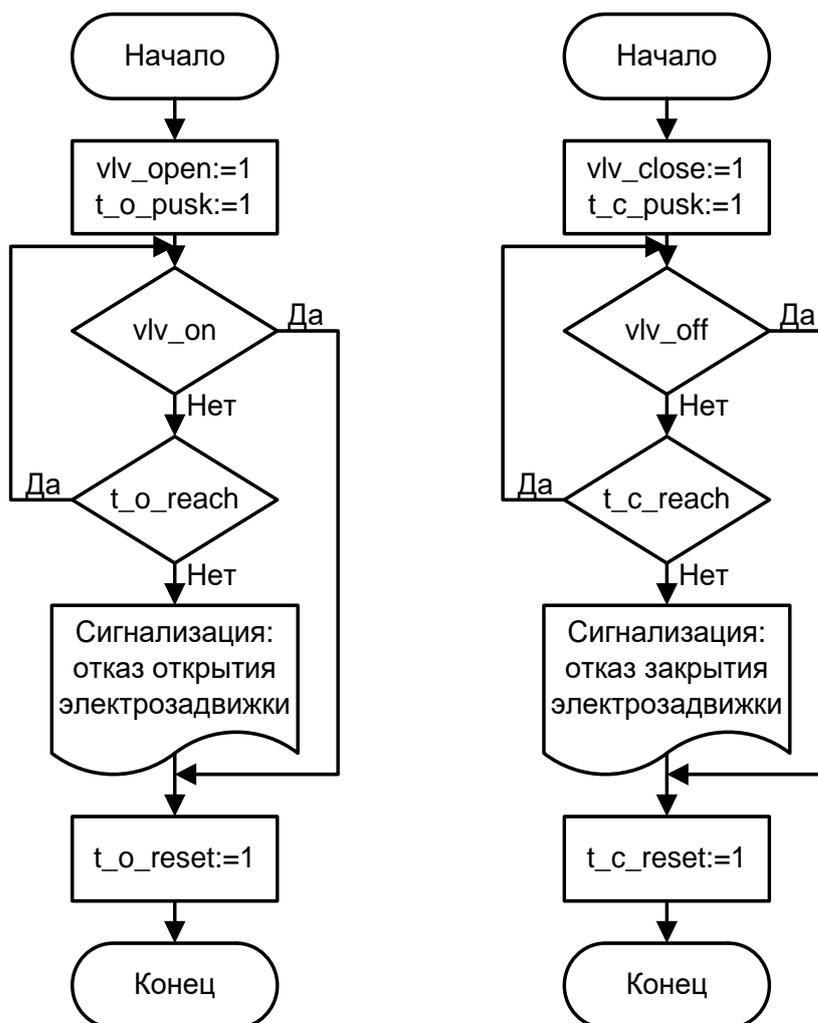


Рисунок 18 – Блок-схема алгоритма открытия и закрытия электрозадвижки

## 2.9.2 Алгоритм автоматического регулирования ТП

В качестве регулируемого параметра технологического процесса выступает давление на вводе в блок низкотемпературной сепарации. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования.

Для формирования необходимого управляющего сигнала обеспечивающего необходимый результат на выходе в цепь обратной связи поместим пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор.

Тогда структурная схема процесса регулирования примет следующий вид (Рис. 19).

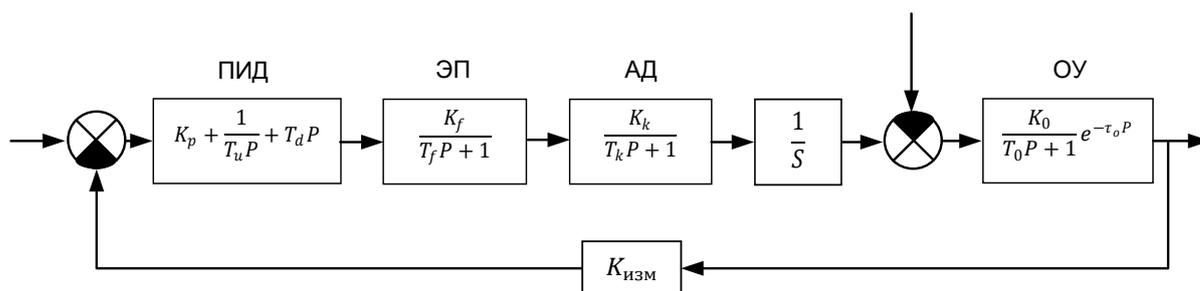


Рисунок 19 – Структурная схема процесса регулирования

Заданное нами значение давления на входе сравнивается с текущим значением на выходе. Если они разнятся, то регулятор уровня формирует сигнал для перемещения регулирующего органа в ту или иную сторону. Для достижения необходимого значения давления.

Частотный преобразователь:

$$T_1 \frac{df}{dt} + f = k_1 * I,$$

Электропривод:

$$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 * f,$$

Задвижка:

$$\frac{dx}{dt} = \omega,$$

Преобразование в жидкость:

$$k * Q = x,$$

Трубопровод:

$$T_3 \frac{dP}{dt} + P = k_3 * Q.$$

Так как при ПИД-регулировании используется ток до 20 мА, а частотный преобразователь изменяет частоту от 0 Гц до 100 кГц, то передаточный коэффициент равен 5. Постоянная времени была определена из документации частотного преобразователя и равная 0.2 сек. Коэффициент передачи электропривода равен 0,000018, т.к. максимальная скорость 1,8 об/мин при максимальной частоте 100 кГц. Постоянная времени электропривода подобрана из технической документации, которая равна 0,08 сек.

Объектом управления является трубопровод:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,2^2}{4} = 0,0314 \text{ м}^2,$$

$$c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}} = \frac{480}{0,0314} * \sqrt{\frac{838}{2 * 0,098 * 0,5 * 10^6}} = 0,3827 \text{ с},$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{2 * 5 * 0,0314 * 0,3827^2}{\frac{480}{3600}} = 0,354 \text{ с},$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{5 * 0,0314}{\frac{480}{3600}} = 1,2 \text{ с},$$

$$W(s) = \frac{1}{Ts + 1} * e^{-\tau_0 s} = \frac{1}{0,354s + 1} * e^{-1,2s}.$$

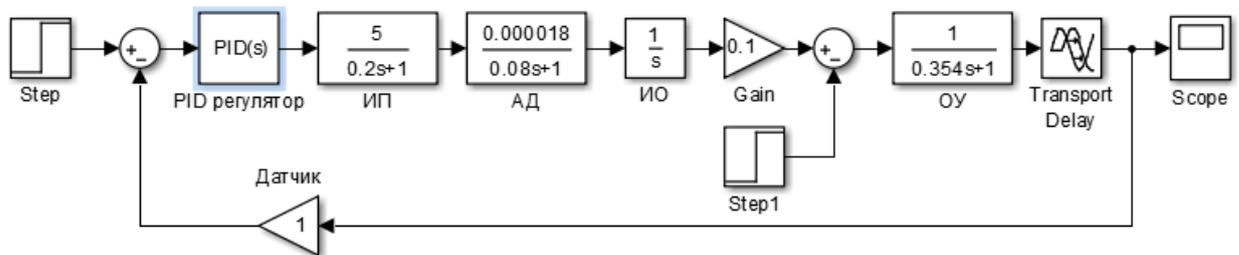


Рисунок 20 – Модель процесса регулирования

Модель регулирования включает в себя описанные выше звенья. На ПИД – регулятор подается сумма параметров, состоящая из значений с датчика давления, выходного значение ОУ (выходное давление газа) и значения, приходящего с исполнительного механизма (для уменьшения колебательно-

сти системы). Коэффициенты  $K_p=43733$ ,  $K_i=0,003$ ,  $K_d=0,6$  получены опытным путем в пакете Simulink.

График переходного процесса САР изображен на (Рис. 21).

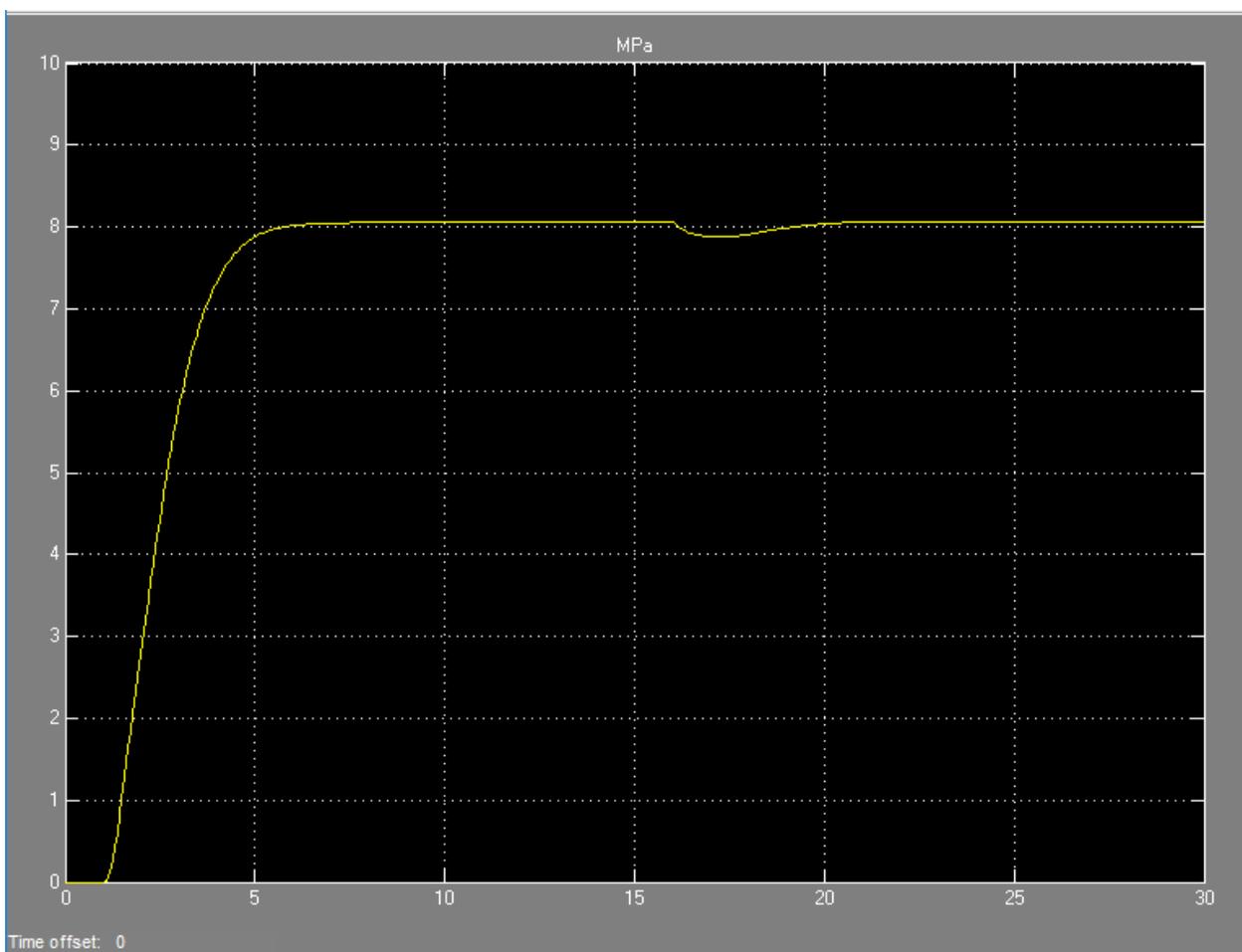


Рисунок 21 – График переходного процесса

По графику переходного процесса полученного путем моделирования в пакете Simulink мы видим, что время переходного процесса составляет 5,5 секунд, а перерегулирование около 1%. А также мы видим влияние от незначительного введенного нами искусственного возмущения и что система без проблем справляется с ним устанавливаясь в равновесное состояние.

## 2.10 Разработка программного обеспечения для ПЛК

Для программирования логического контроллера предполагается использование программной среды CoDeSys. В данном программном пакете

возможна реализация программирования достаточно широкого круга ПЛК, в том числе и выбранного нами ПЛК.

Программа, реализующая пуск/останов электроприводов запорной арматуры, выполнена на языке программирования LD стандарта IEC 61131-3 и приведена на (Рис. 22).

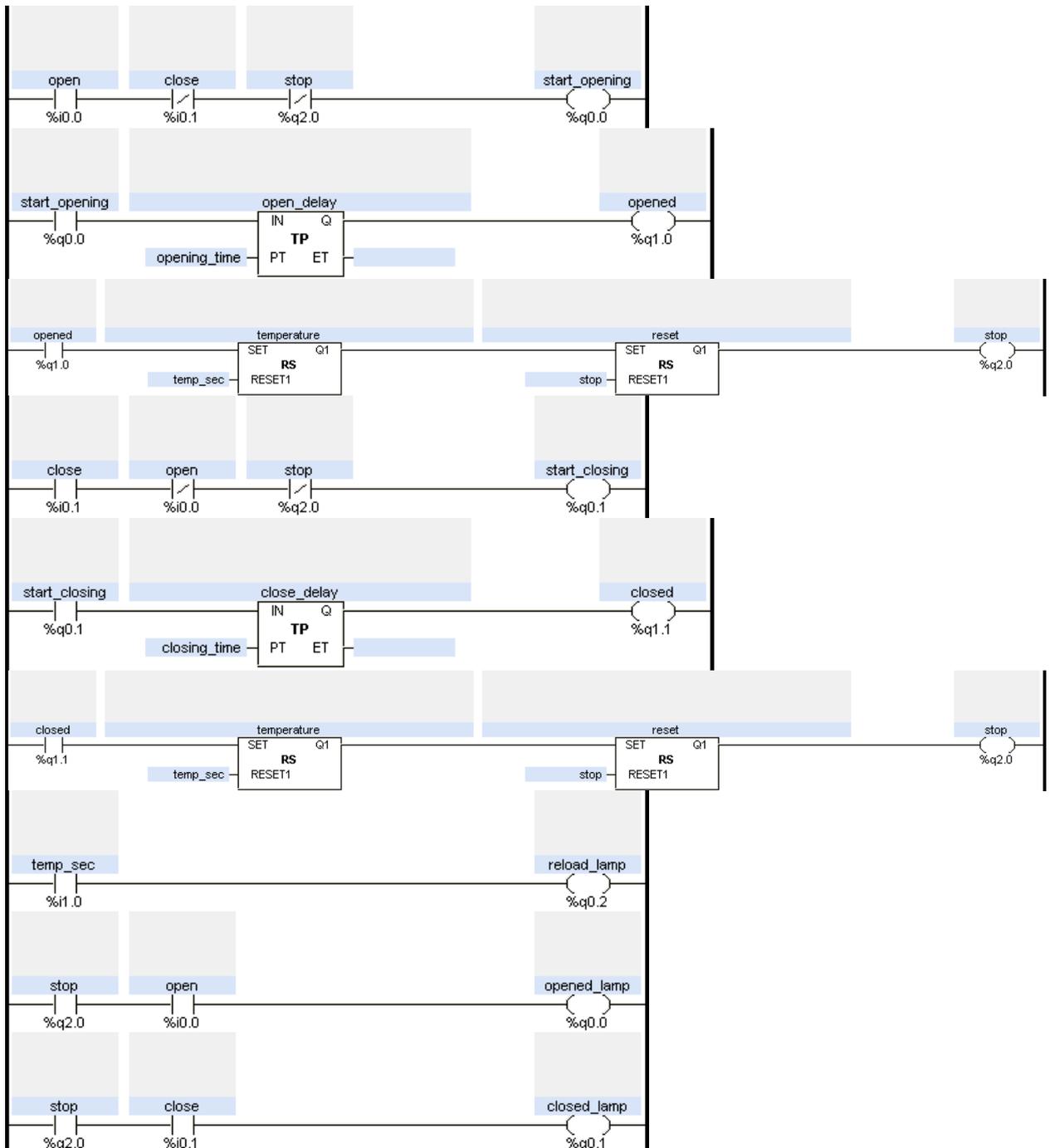


Рисунок 22 – диаграмма программирования работой задвижки

## 2.11 Экранная форма автоматизированной системы

SCADA-систем это определенный программный пакет, который предоставляет возможность производить сбор, обработку и отображения информации о состоянии технологического процесса в реальном времени, а также позволяет создавать архивы из полученных данных для хранения информации об объекте.

Отображение полученной информации производится с помощью визуализации в легко читаемом и воспринимаемом графическом виде на мониторе оператора.

Данный программный пакет после установки на персональном компьютере пользуется драйверами ввода/вывода или OPC/DDE серверами для связи с контролерами.

Использование OPC технологии в SCADA-системах позволяет легко объединять различное контроллерное оборудования в одну общую систему. Что благоприятно отражается на проектирование АС с использованием различных контролеров.

Для реализации SCADA-системы УКПГ воспользуемся InTouch.

InTouch – является известной и зарекомендовавшей себя SCADA-системой. С помощью её графических форм можно наблюдать и управлять технологическим процессом. Данные формы способны отражать как текущие показания, так и исторические, а также на них отображаются аварийные ситуации. Графические формы могут быть из различной цветовой гаммы, различной визуализации для лучшего восприятия. InTouch имеет возможность для взаимодействия с другими приложениями с помощью OPC (OPC - OLE for Process Control) или DDE (DDE - Dynamic Data Exchange) серверов. А также она в состоянии интегрировать с другими компонентами FactorySuite.

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

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

#### **3.1 Организация и планирование работ**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 15.

Таблица 15

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Исполнитель	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	НР	НР – 100%
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	НР – 30% И – 100%
	3	Проведение патентных исследований	НР, И	НР – 30% И – 100%
	4	Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Проектирование автоматизированной системы	5	Описание технологического процесса	НР, И	НР – 30% И – 100%
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	И	И – 100%
	7	Выбор архитектуры АС	НР, И	НР – 30% И – 100%
	8	Разработка структурной схемы АС	НР, И	НР – 30% И – 100%
	9	Разработка схемы информационных потоков АС	И	И – 100%
	10	Выбор средств реализации АС	И	И – 100%
	11	Разработка схемы соединения внешних проводок	И	И – 100%
	12	Выбор алгоритма управления АС	НР, И	НР – 30% И – 100%
	13	Разработка экранных форм АС	НР, И	НР – 30% И – 100%

## Продолжение таблицы 15

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Исполнитель	Загрузка исполнителей
Оформление отчета, по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%

### 3.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может, осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

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

- аналоговый;
- экспертный.

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

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных

(ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ож} = \frac{3 * t_{min} + 2 * t_{max}}{5}, \quad t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 * t_{prob} + t_{max}}{6},$$

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

$t_{max}$  - максимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{prob}$  - наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

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

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} * K_{д},$$

где  $K_{вн}$  - 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 ( $K_{д} = 1-1,2$ ).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{кД} = T_{рД} * k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вД} - T_{пД}},$$

где  $T_{кал}$  - календарные дни ( $T_{кал} = 365$ );

$T_{ВД}$  - выходные дни ( $T_{ВД} = 52$ );

$T_{ПД}$  - праздничные дни ( $T_{ПД} = 14$ ).

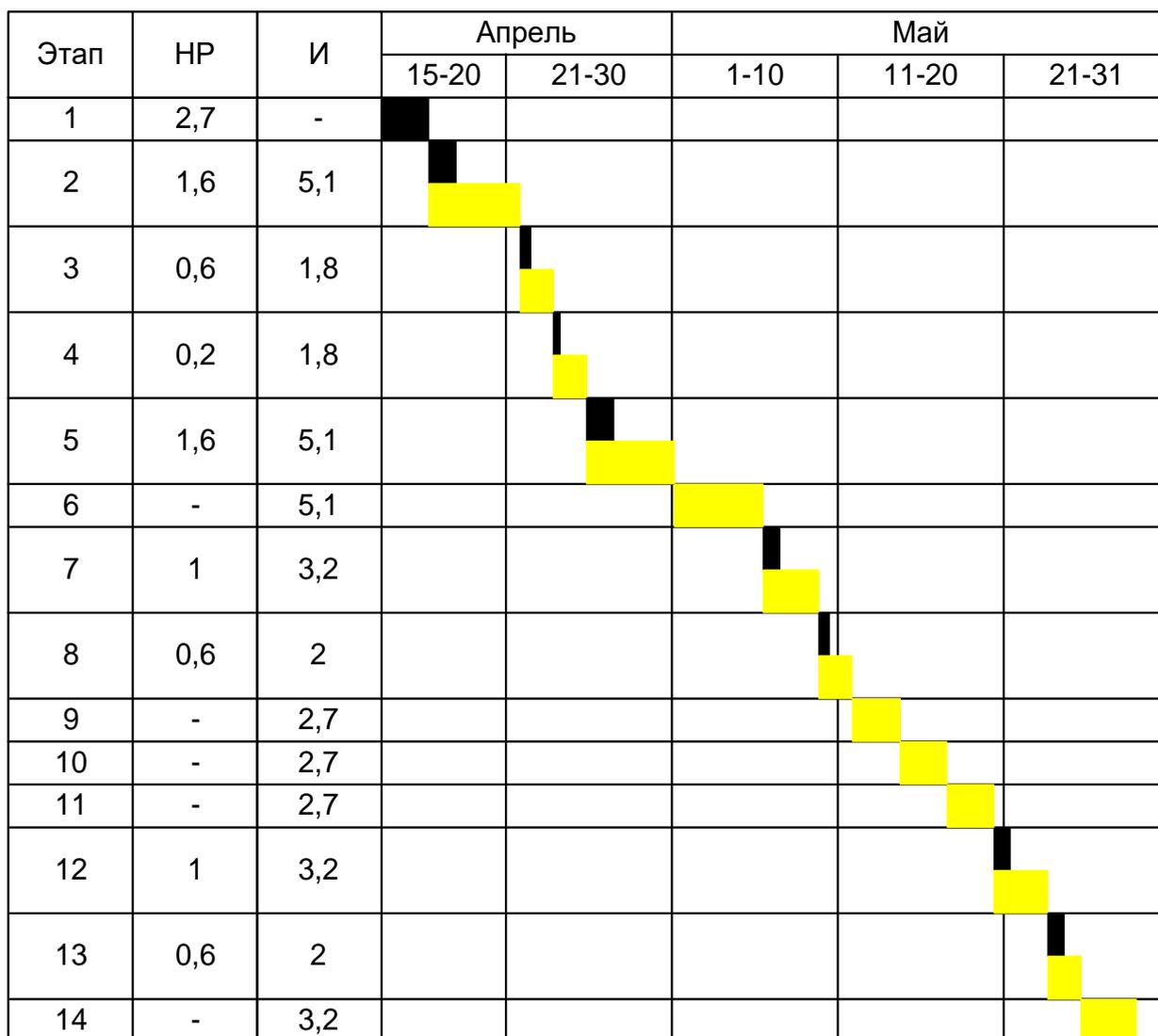
$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 16

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ чел/дн			
		$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
					НР	И	НР	И
Составление и утверждение технического задания	НР	1	3	1,8	2,2	-	2,7	-
Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	3	5	3,8	1,3	4,2	1,6	5,1
Проведение патентных исследований	НР, И	1	2	1,4	0,5	1,5	0,6	1,8
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	0,2	1,5	0,2	1,8
Описание технологического процесса	НР, И	3	5	3,8	1,3	4,2	1,6	5,1
Разработка функциональной схемы автоматизации	И	3	5	3,8	-	4,2	-	5,1
Выбор архитектуры АС	НР, И	2	3	2,4	0,8	2,6	1	3,2
Разработка структурной схемы АС	НР, И	1	2	1,4	0,5	1,5	0,6	2
Разработка схемы информационных потоков АС	И	1	3	1,8	-	2,2	-	2,7
Выбор средств реализации АС	И	1	3	1,8	-	2,2	-	2,7
Разработка схемы соединения внешних проводок	И	1	3	1,8	-	2,2	-	2,7
Выбор алгоритма управления АС	НР, И	2	3	2,4	0,8	2,6	1	3,2
Разработка экранных форм АС	НР, И	1	2	1,4	0,5	1,5	0,6	2
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	2	3	2,4	-	2,6	-	3,2
<b>Итого:</b>				<b>31,4</b>	<b>8,1</b>	<b>33</b>	<b>9,9</b>	<b>39,6</b>

На основе данных из таблицы 16 построим линейный график работ. График строится для максимального по длительности исполнения работ в

рамках научно-исследовательского проекта. На (Рис. 23) приведен линейный график работ за период времени дипломирования.



■ - НР      ■ - И

Рисунок 23 – Линейный график работ

### 3.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

#### 3.2.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 17 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах от 5 до 20 % от стоимости материалов.

Таблица 17

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А3	650	1 уп.	650
Бумага для принтера формата А4	230	1 уп.	230
Светостойкие чернила для печати	1196	1 шт.	1196
Ручка	30	2 шт.	60
Карандаш	20	2 шт.	40
Резинка	40	2 шт.	80
Лицензия ПП Scada InTouch	27000	1 шт.	27000
<b>Итого:</b>			<b>29259</b>

Допустим, что транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:  $C_{\text{мат}} = 29259 * 1,05 = 30718,8$  рублей

### 3.2.2 Расчет заработной платы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере от 20 до 30 % от тарифа или оклада. Оклад берется согласно действующей тарифной сетке работодателя. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Дневная з/плата = Месячный оклад/24,9 дней.

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 18. При расчете учитывалось, что в году 299 рабочих дня и, следовательно, в месяце 24,9 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе). Так-

же был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям  $K_{ПР} = 0,3$  и районный коэффициент  $K_{РК} = 0,3$  ( $K = 1,3 \cdot 1,3 = 1,69$ ).

Таблица 18

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	24960,00	1002,41	8,1	1,699	13624,76
И	9489,00	381,08	33	1,62	20372,54
<b>Итого:</b>					<b>33997,30</b>

### 3.2.3 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 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$ .  
Итак, в нашем случае  $C_{соц.} = 33997,30 * 0,3 = 10199,19$  рублей.

### 3.2.4 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:

$$C_{эл.об.} = P_{об} * t_{об} * Ц_{э}$$

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

$Ц_{э}$  – тариф на 1 кВт·час;

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

Для ТПУ  $Ц_{э} = 5,748$  руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 16 для инженера ( $T_{РД}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} * K_t,$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{рд}$ , определим, что  $K_t = 0,8$  для ПК и  $K_t = 0,1$  для принтера.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} * K_c,$$

где  $P_{ном.}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_c = 1$ .

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 19.

Таблица 19

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты $C_{эл.об.}$ , руб
Персональный компьютер	211,2	0,655	795,16
Струйный принтер	3,3	0,350	6,64
<b>Итого:</b>			<b>801,80</b>

### 3.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. При этом используется следующая формула:

$$C_{ам} = \frac{N_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_d},$$

где  $N_A$  - годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$  - балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_d$  - действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году;

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

$n$  - число задействованных однотипных единиц оборудования.

Определим  $N_A$  для ПК, воспользуемся для этого постановлением правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы» из него мы получим рамочное значение сроков амортизации (полезного использования) оборудования для ПК оно составляет от 2 до 3 лет. В нашей работе мы зададим, что срок амортизации для ПК 2 года. Тогда  $N_A = \frac{1}{2} = 0,5$  так как является обратной величиной от срока амортизации.

Определим  $C_{ОБ}$ . Стоимость ПК составляет 53988 рублей, ТЗР составляет 5% тогда  $C_{ОБ} = 56687,4$  рубля.

Определим  $F_D$  для ПК в 2019 г. Так как количество рабочих дней при шестидневной рабочей неделе составляет 299 то  $F_D = 299 * 8 = 2392$  часа.

Фактическое время работы оборудования возьмем из таблицы 16 для ПК оно равно 211,2 часа.

В данной работе применяется один ПК поэтому  $n = 1$ .

Тогда  $C_{АМ}$  для ПК равно:

$$C_{АМ} = \frac{0,5 * 56687,4 * 211,2 * 1}{2392} = 2502,59.$$

Теперь определим  $C_{АМ}$  для принтера  $N_A = 0,5$ ,  $C_{ОБ} = 16370,55$  рублей,  $F_D = 2392$  час,  $t_{рф} = 26,4$  час,  $n = 1$ , тогда:

$$C_{АМ} = \frac{0,5 * 16370,55 * 26,4 * 1}{2392} = 90,34.$$

Итого начислено амортизации 2592,93 рубля.

### 3.2.6 Расчет прочих расходов

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

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

Тогда для нашего проекта  $C_{\text{проч.}} = (30718,8 + 33997,30 + 10199,19 + 801,80 + 2592,93) * 0,1 = 7831$  рублей.

### 3.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

В таблице 6 после проведения расчетов по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость нашего проекта.

Таблица 20

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	30718,8
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	33997,30
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	10199,19
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	801,80
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам.}}$	2592,93
Прочие расходы	$C_{\text{проч.}}$	7831
<b>Итого:</b>		<b>86141,02</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 86141,02$  рублей.

### 3.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными

для применения «сложных» методов, то прибыль примем в размере от 5 до 20 % от полной себестоимости проекта. В нашем проекте она составляет 17228,20 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

### **3.2.9 Расчет НДС**

Так как НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыль. То в нашем случае НДС  $= (86141,02 + 17228,20) * 0,2 = 20673,84$  рублей.

### **3.2.10 Цена разработки НИР**

Цена разработки НИР равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, тогда  $C_{\text{НИР}} = 86141,02 + 17228,20 + 20673,84 = 124043,06$  рублей.

### **Вывод по разделу**

Источником эффективности данного проекта является уменьшение затрат заказчика на приобретение отечественных аналогов оборудования взамен импортных, примерно на 30%. А так же дальнейшие затраты в процессе эксплуатации. Конкурентная количественная оценка экономического эффекта не может быть дана ввиду отсутствия точных данных об объекте управления.

## **4 Социальная ответственность**

### **Введение**

В ВКР рассматривается разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа (УКПГ). В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также разработан комплекс мероприятий, снижающий негативное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду.

В ВКР рассматривается разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом, а именно блоком низкотемпературной сепарации УКПГ. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является низкотемпературный сепаратор, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

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

Круглосуточным управлением технологическим процессом блока низкотемпературной сепарации установки комплексной подготовки газа (УКПГ) занимаются операторы технологического оборудования. Данное оборудование будет установлено на месторождение. При доставке персонала к месту работы и обратно, компания уделяет большое внимание вопросам комфортной доставки вахтовиков. Часть пути работники добираются на служебных автобусах, далее – на вертолетах. В общей сложности путь до места работы занимает около 7 часов. Проживание работников осуществляется в комфортабельном жилом комплексе (ВЖК) работники промысла размещаются в 2-х и 3-х местных отдельных комнатах с санузлами. В каждой комнате установлены телевизоры и DVD-проигрыватели. Также в ВЖК есть столовая обеспечивающая 3-х разовым горячим питанием. Питание полностью оплачивает компания и осуществляет регулярный контроль качества приготовляемых блюд. Также в ВЖК предусмотрены оборудованные спортивные залы, медпункты, зимние сады. Режим рабочей смены составляет 12 часов (с 8:00 до 20:00), из них 40 минут дается на обед. В кампании применяется повременно-премиальная оплата труда, а так же дополнительные дни к отпуску за работу вахтовым методом. Так же в кампании применяется обязательное социальное страхования каждого работника.

Оборудование УКПГ расположено на открытой площадке таким образом, чтобы было легко управлять и следить за технологическим процессом в натуре. В основном управление технологическим процессом производится в автоматическом режиме с АРМ в операторной. Визуальный осмотр производится при обходе по графику или аварийных ситуациях.

## 4.2 Производственная безопасность.

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

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 21.

Таблица 21

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изго- товле-	Экс- плуата-	
1. Повышенный уровень шума		+	+	1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.[11] 2. СП 51.13330.2011. «Защита от шума». [12] 3. ГОСТ 31192.2-2005. «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека». [13] 4. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. «Электромагнитные поля в производственных условиях». [14] 5. ГОСТ Р 12.1.019-2009. «Электробезопасность». [15] 6. СНиП 2.11.03-93. «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы». [16] 7. ГОСТ 12.1.010-76. «Взрывобезопасность». [17]
2. Повышенный уровень вибрации		+	+	
3. Электромагнитные излучения	+	+	+	
4. Электрический ток	+	+	+	
5. Пожар		+	+	
6. Взрыв		+	+	

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

### **4.3.1 Повышенный уровень шума**

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ (А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере.

При выполнении работ на рабочих местах в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещениях предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА.

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011 [12].

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 8000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 22.

Таблица 22

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октановых полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещение управления, рабочие комнаты	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

После внедрения автоматизированной системы управления увеличилось число оборудования, которое является источником шума. В состав источников шума в проектируемой системе являются электроприводы и клапана, пожарные сигнализации, компрессора.

До разработки системы автоматизированного управления шум на площадке составлял 65 дБ, после внедрения автоматизированной установки уровень шума увеличился незначительно и составляет 70 дБ. При этом дополнительных мер защиты, как наушники не требуется.

#### 4.3.2 Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека» [13].

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

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

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

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

Основными источниками вибрации на площадке подготовки газа являются работающие задвижки, электроприводы, компрессора относящиеся к локальной вибрации.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике её возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути её распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы.

Средства индивидуальной защиты не требуются, так как вибрация не значительная.

### **4.3.3 Электромагнитное излучение**

Электромагнитное излучение – это электромагнитные волны, возбуждаемые различными излучающими объектами, заряженными частицами, атомами, молекулами, антеннами и пр. В зависимости от длины волны различают гамма-излучение, рентгеновское, ультрафиолетовое излучение, видимый свет, инфракрасное излучение, радиоволны и низкочастотные электромагнитные колебания

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

Согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09 – электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 23 [14].

Таблица 23

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

После внедрения автоматизированного комплекса, уровень магнитного поля не превышает 400 А/м, а время пребывания обслуживающего персонала не более 2 часов в смену. Трансформаторы (активная часть) – помещены в металлических маслonaполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

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

#### 4.3.4 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Опасность поражения электрическим током существует всегда, если имеется контакт с устройством, питаемым напряжением 36 В и выше, тем

более от электрической сети 220 В. Это может произойти по неосторожности в случае прикосновения к открытым токоведущим частям, но чаще всего из-за различных причин (перегрузки, не совсем качественная изоляция, механические повреждения и др.). В процессе эксплуатации может ухудшиться изоляция токоведущих частей, в том числе шнуров питания, в результате чего они могут оказаться под напряжением, и случайное прикосновение к ним чревато электротравмой, а в тяжелых случаях – и гибелью человека.

Зоной, повышенной электроопасности являются места подключения электроприборов и установок. Нередко подключающие розетки располагают на полу, что недопустимо. Часто совершается другая ошибка – перегрузка розеток по мощности, и как следствие, происходит нарушение изоляции, приводящее к короткому замыканию.

Во время монтажа и эксплуатации линий электросети необходимо полностью сделать невозможным возникновения электрического источника возгорания в следствии короткого замыкания и перегрузки проводов, ограничивать применение проводов с легковоспламеняющейся изоляцией и, по возможности, перейти на негорючую изоляцию.

Линия электросети для питания шкафов автоматики, периферийных устройств и оборудования для обслуживания, ремонта и налаживания шкафов автоматики выполняется как отдельная групповая трехпроводная сеть, путем прокладки фазового, нулевого рабочего и нулевого защитного проводников. Нулевой защитный проводник используется для заземления (зануление) электроприемников и прокладывается от стойки группового распределительного щита, распределительного пункта к розеткам питания.

Использование нулевого рабочего проводника как нулевого защитного проводника запрещается, а также не допускается подключение этих проводников на щите до одного контактного зажима.

Площадь поперечного сечения нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть не меньше площади поперечного сечения фазового проводника. Все проводники долж-

ны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПУЭ.

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

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

Для указанных электроприборов никаких дополнительных средств электрозащиты не требуется, т. к. при низковольтном напряжении 24 В, вероятность поражения током маловероятна. Для гашения дуги исполнительных реле, были подобраны реле со встроенным дугогасительным устройством.

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

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного щита. Нанести на щит или вывесить на защитных ограждениях информационную табличку «Опасно. Высокое напряжение».

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, установлено защитное отключение, защитное заземление и зануление [15].

#### 4.4 Экологическая безопасность

В процессе эксплуатации УКПГ, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу».

В процессе хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду.

На УКПГ происходит выделение газоконденсата с последующим сбором в емкости для сбора газоконденсата. При хранении в емкости газоконденсат выделяет пары, которые по степени воздействия на организм человека, относятся к 4 классу опасности (вещества малоопасные).

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению испарения газоконденсата, путем герметизации емкости для сбора газоконденсата и откачивания его по соответствующему графику

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

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

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископае-

мых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации.

## **4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **4.5.1 Пожарная безопасность**

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [16]. Пожары на предприятиях и в быту приносят значительный материальный ущерб, поэтому пожарной безопасности уделяют особое внимание.

К основным причинам пожаров на УКПГ можно отнести следующие:

- непредвиденная утечка природного газа, что может привести к опасной концентрации природного газа от 5 до 15%;
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- негерметичное соединение приборов и датчиков;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории УКПГ (курение и т.п.).

Пожарная безопасность на УКПГ в соответствии с требованиями [1] должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения утечки природного газа;
- предотвращения образования на территории УКПГ горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход газа, оборудования, трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего УКПГ, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

Как известно, горение природного газа или взрыв происходит в непроветриваемых помещениях при ПДК от 5 до 15%. Основным приемом для

предотвращения возгорания является своевременное перекрытие запорной арматуры, с целью отключения участка возгорания от подачи газа. Также на территории УКПГ должен иметься пожарный щит с наличием средств пожаротушения. Наличие в непроветриваемых помещениях сигнализаторов с чувствительными элементами, сигнализирующие об утечки газа. На территории УКПГ должны быть установлены знаки пожарной безопасности для обозначения места расположения пожарного инвентаря, оборудования, гидрантов, колодцев и т.д., проходов к нему, схема эвакуации, а также для обозначения запретов на действия, нарушающие пожарную безопасность.

УКПГ оборудована лафетными стояками, системами пожарного водопровода. При пожаре включаются противопожарные насосные станции. Наружная установка по периметру оснащена пеногенераторными стояками, системами пенотушения.

Мероприятия по предупреждению пожара:

- электрооборудование взрывозащищенного исполнения;
- напряжение для переносного электроинструмента и освещение не более 42В;
- систематическая проверка исправности заземления;
- герметизация технологического оборудования.

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

#### **4.5.2 Взрывобезопасность**

В связи с тем, что основной рабочей зоной является низкотемпературный сепаратор УКПГ, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность.

Взрывоопасными являются сепараторы, отстойники и трубопроводы, перекачивающие газ, места соединений с исполнительными механизмами.

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» [17].

Установлены дополнительные датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

### **Выводы по разделу**

В данном разделе выпускной квалификационной работы нами были определены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при эксплуатации проектируемого решения. Так же мы определились с мерами, которые необходимо реализовать при внедрении нашего проекта на производстве для предотвращения или уменьшения влияния этих выявленных нами вредных и опасных факторов.

Так же было определено, что в процессе эксплуатации УКПГ, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению влияния данных источников загрязнения, путем герметизации емкостей и откачивания их по соответствующему графику. Установленные системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации.

С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

Но к сожалению мы не можем повлиять на защиту литосферы, так как проектируемое нами решение используется на предприятие по добычи и переработки полезных ископаемых, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации.

## Заключение

В результате данной работы была разработана система автоматизированного управления блоком низкотемпературного сепаратора установки комплексной подготовки газа.

Системы автоматизации блока подготовки низкотемпературной сепарации УКПГ и диспетчерского контроля и управления была спроектирована на базе ПЛК ЭЛСИ-ТМК и программного SCADA пакета InTouch. Была разработана структурная и функциональная схемы автоматизации, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов.

Возможностей программного обеспечения системы достаточно для полнофункциональной системы диспетчерского контроля и управления. Таким образом, спроектированная САУ УКПГ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и предоставляет запас для развития системы и соответствия возрастающим в течение всего срока эксплуатации требованиям.

Применение одного SCADA пакета на всех уровнях автоматизации УКПГ позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем. Эта особенность играет положительную роль и при внедрении систем, существенно сокращая сроки подготовки и проведения пусконаладочных работ на объектах заказчика.

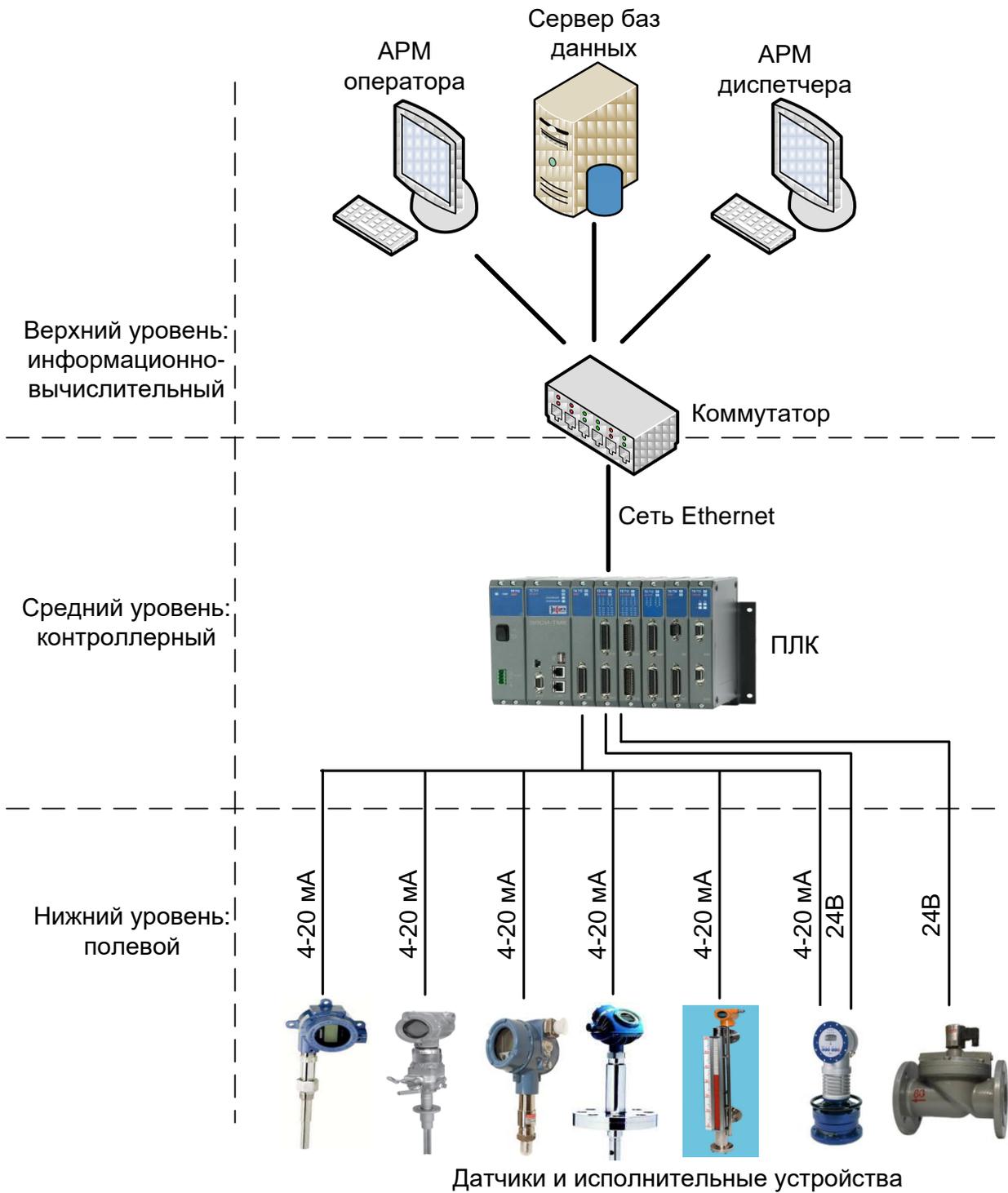
## Список использованных источников

1. Громаков Е. И. Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 172 с.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В. Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-2013 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов Москва Стандартиформ 2014.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть», 2013– 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311 с.
8. Датчики давления Метран-75, руководство по эксплуатации СПГК.5297.000.00 РЭ, версия 2.6.
9. РМГ 62-2003 Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Основание погрешности измерений при ограниченной исходной информации ВНИИМС Госстандарта России. М., 2003. – 17 с.
10. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные факторы. Классификация».
11. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
12. СП 51.13330.2011. Защита от шума.

13. ГОСТ 31192.2-2005. «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека».
14. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях.
15. ГОСТ Р 12.1.019-2009. «Электробезопасность».
16. СНиП 2.11.03-93. «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы».
17. ГОСТ 12.1.010-76. «Взрывобезопасность».

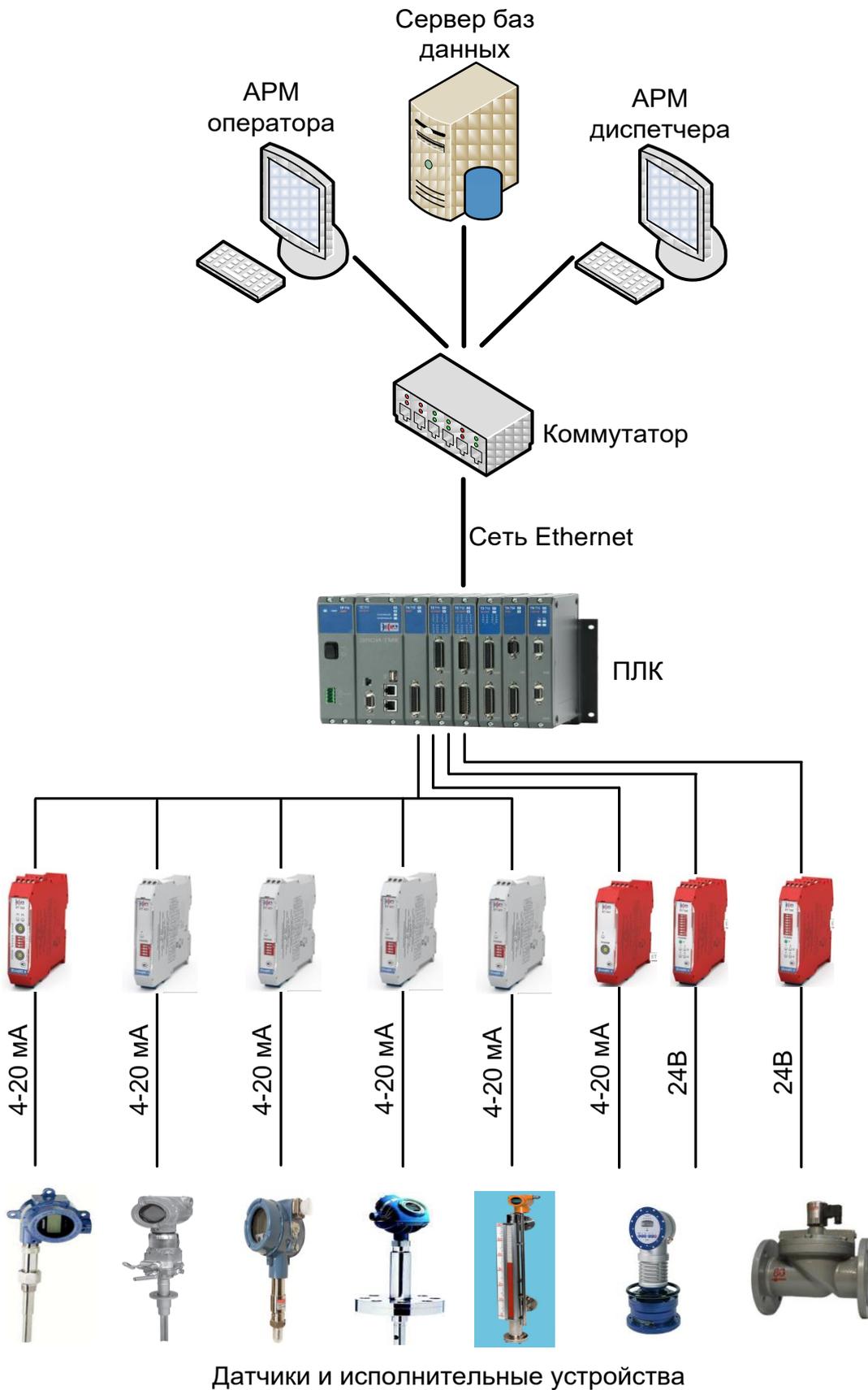
# Приложение А (обязательное)

## Трехуровневая структурная схема



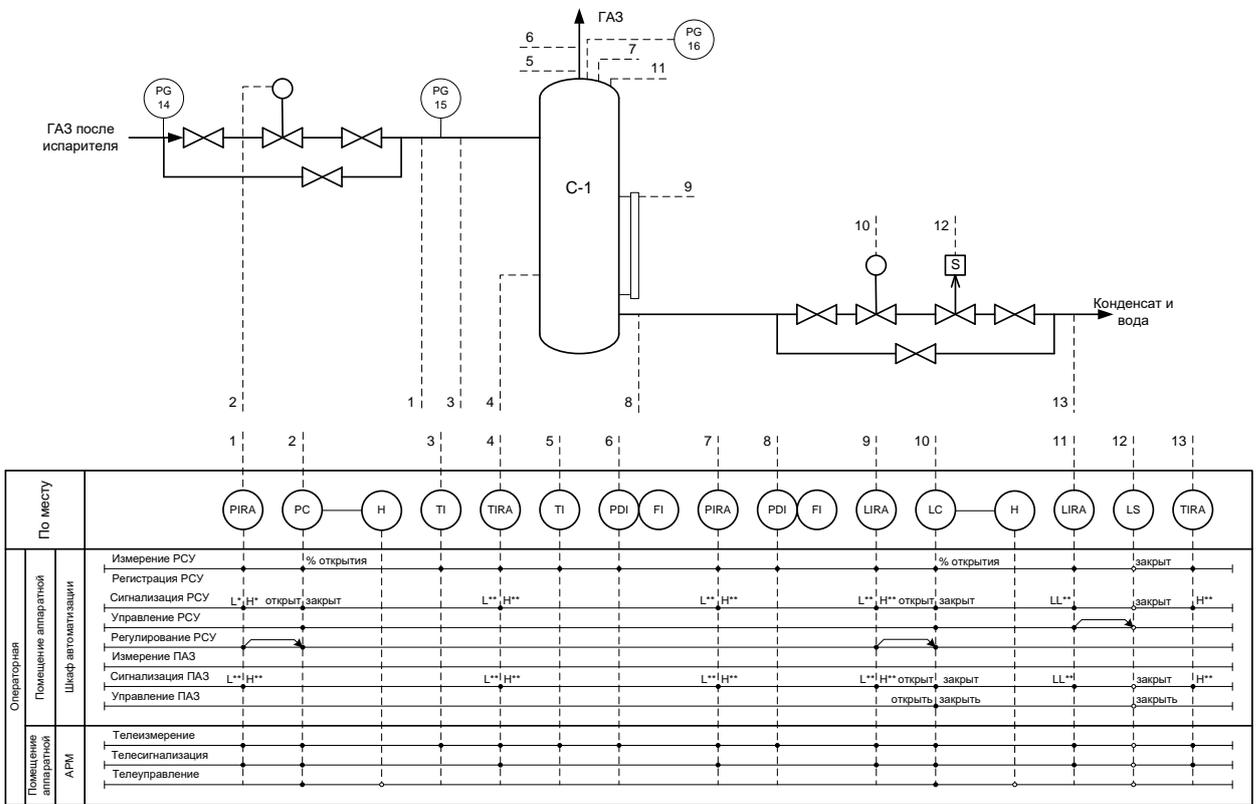
**Приложение Б  
(обязательное)**

**Обобщенная структурная схема**



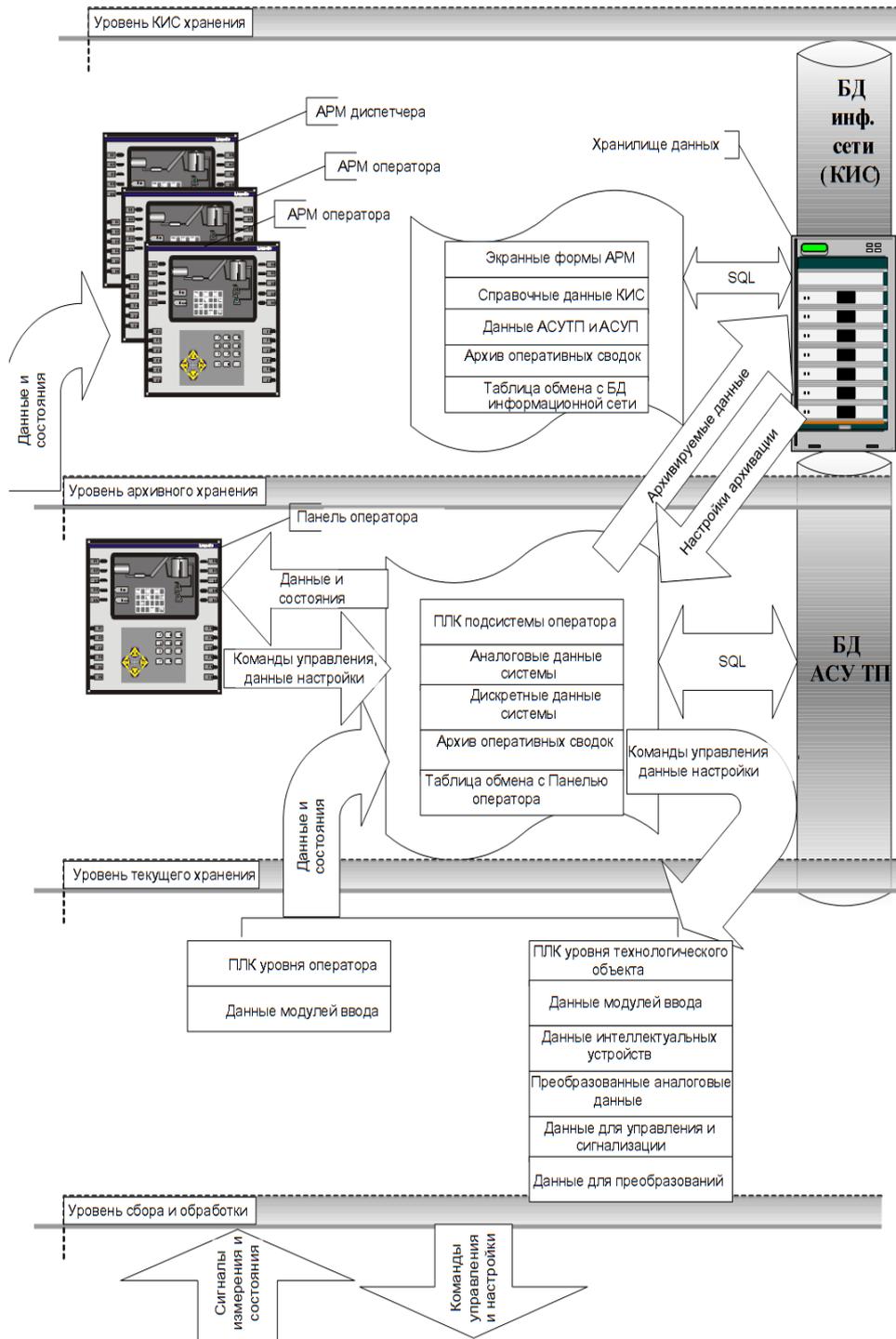
# Приложение В (обязательное)

## Функциональная схема автоматизации технологическим процессом



# Приложение Г (обязательное)

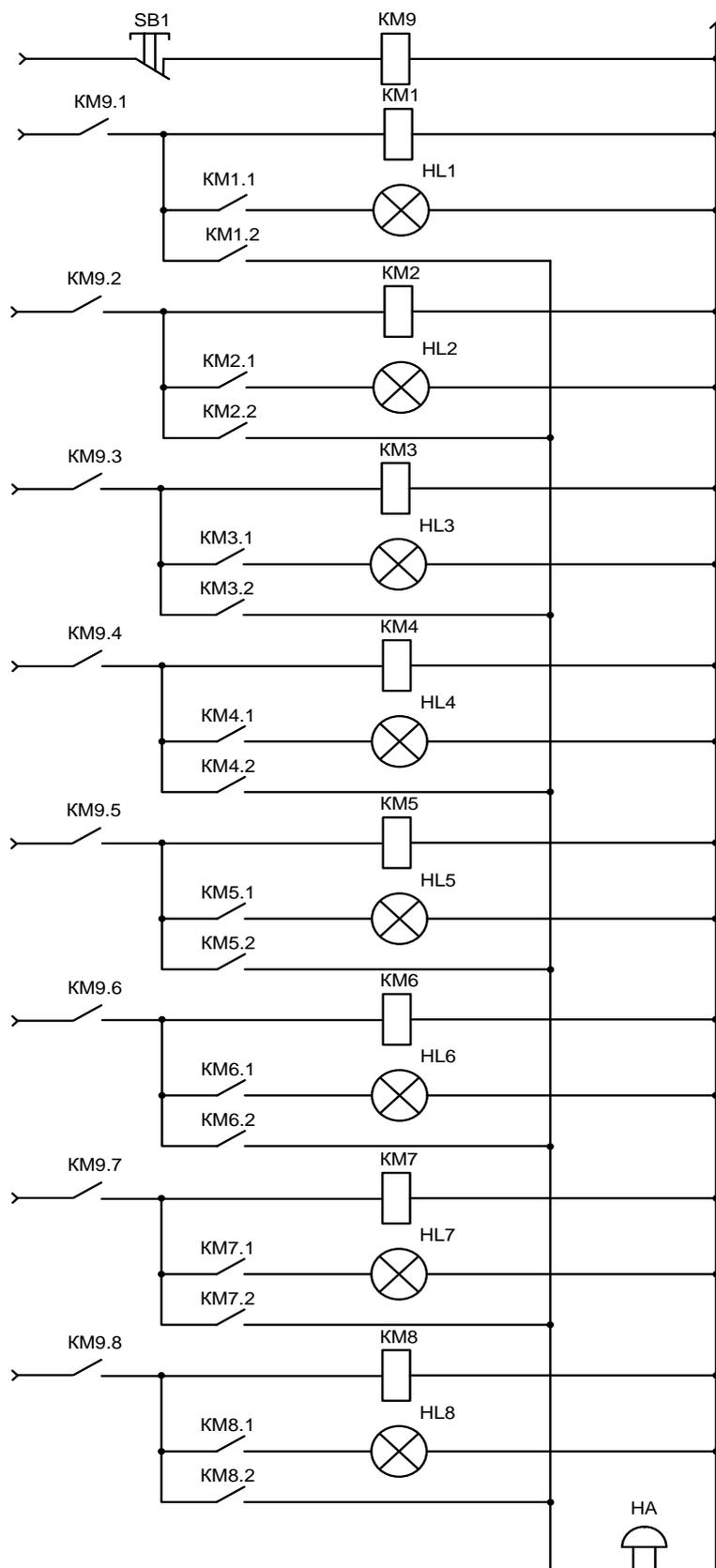
## Схема информационных потоков



# Приложение Е

(обязательное)

## Схема сигнализации



## Приложение Ж (обязательное) Схема внешних проводок

Наименование параметра и места отбора импульса	Сепаратор																
	На линии входа в сепаратора					Внутри сепаратора				На линии выхода газа из сепаратора		На линии выхода конденсата из сепаратора					
	Давление газа после задвижки	Сигнализация состояния задвижки	Управление электроприводом	Дистанционный или местный режим управления	Температура после задвижки	Давление в сепараторе	Аварийный уровень в сепараторе	Температура в сепараторе	Уровень конденсата сепараторе	Температура газа на выходе	Расход газа на выходе	Расход конденсата на выходе	Сигнализация состояния задвижки	Управление электроприводом	Дистанционный или местный режим управления	Управление электроклапаном	Температура конденсата на выходе
Обозначение чертежа установки	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Позиция	1	2	2	2	3	7	11	4	9	5	6	8	10	10	10	12	13

