

**Министерство образования и науки 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»  
Отделение школы (НОЦ) Автоматизации и робототехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления блока подачи газа на установке комплексной подготовки газа

УДК 681.586:622.279.8.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Пожников Дмитрий Александрович		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Громаков Евгений Иванович			
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	Доцент к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович			

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

---

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Пожников Дмитрий Александрович

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления блока подачи газа на установке комплексной подготовки газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является установка комплексной подготовки газа, сепаратор факельной системы блока подготовки газа. Режим работы непрерывный.</p>
---	---

<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 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio</li> <li>2 Перечень входных/выходных сигналов ТП</li> <li>3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio</li> <li>4 Схема информационных потоков</li> <li>5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab</li> <li>6 Алгоритм сбора данных измерений. Блока схема алгоритма</li> <li>7 Дерево экранных форм</li> <li>8 SCADA–формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта</li> <li>9 Обобщенная структура управления АС</li> <li>10 Трехуровневая структура АС</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т32	Пожников Дмитрий Александрович		

**Министерство образования и науки 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 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврской работы
---------------------

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Воронин Александр Васильевич	к.н.т.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Пожников Дмитрий Александрович

Школа	ИШИТР	Отделение	АиР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	АТПП

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

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

<i>Анализ оборудования автоматизированной системы</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание надежности и безопасности задвижек</li> <li>2. Описание датчиков и повышение надежности системы</li> </ol>
<i>Связь контроллера и оператора</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Защита данных от ошибок</li> </ol>
<i>Интерфейсы оператора</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Удобство и защита использования мнемосхемы</li> </ol>

#### Перечень графического материала:

<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	<i>Мнемосхема разделителя жидкости</i>
---	--

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

--	--

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ИШИТР	Невский Егор Сергеевич			

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Пожников Дмитрий Александрович		

## Оглавление

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	10
Введение	12
1 Техническое задание	13
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП	13
1.2 Назначение системы	13
1.4 Требования к техническому обеспечению	15
1.5 Требования к метрологическому обеспечению	16
1.6 Требования к программному обеспечению	16
1.7 Требования к математическому обеспечению	18
1.8 Требования к информационному обеспечению	18
2. Основная часть	19
2.1. Описание технологического процесса	19
2.2 Разработка структурной Схемы АС	20
2.3 Функциональная схем автоматизации	21
2.4 Разработка схемы информационных потоков БПГ	22
2.5 Выбор средств реализации БПГ	24
2.6 Разработка схемы внешних проводок	43
2.7 Выбор алгоритмов управления АС БС	44
2.8 Экранные формы АС БПГ	51
3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	52
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
3.2 Анализ конкурентных технических решений	53
3.3 SWOT – анализ	54
3.4 Планирование научно-исследовательских работ	56
3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	56
3.5 Разработка графика проведения научного исследования	58
3.6 Бюджет научно-технического исследования	60
3.6.1 Расчет материальных затрат	60
3.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование	60
3.6.3. Основная заработная плата исполнителей темы	61
3.6.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
3.6.5 Накладные расходы	62
3.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	62
3.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	63
4. Социальная ответственность	67
Заключение	75
Список используемых источников	76
Приложение А	78
Приложение Б	79





## Реферат

Пояснительная записка содержит 80 страниц машинописного текста, 26 таблиц, 15 рисунков, 1 список использованных источников из 7 наименований.

Объектом исследования является блок подготовки газа (сепаратор факельной системы) установки комплексной подготовки газа.

Цель работы – модернизация автоматизированной системы управления блока сепарации факельной системы УКПГ с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров ПЛК SIMATIC S7-1200, с применением SCADA-системы Simplight.

Разработано техническое задание на создание АСУ, разработана техническая документация, выбраны разработано алгоритмическое обеспечение, и выполнено моделирование САР контура автоматического регулирования давление газа в сепараторе.

Разработанная 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.

Ключевые слова: блок сепарации, автоматизация, ПЛК, SCADA, АСУ ТП, КИПиА, установка комплексной подготовки газа.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Определения

**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.

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

**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.

**OPC-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».

### **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;

## **Введение**

Для повышения производительности и эффективности производства прибегают к автоматизации технологических процессов. Разработка и модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом является трудоемкой задачей.

На сегодняшний день стандартная схема установки комплексной подготовки газа имеет достаточную степень автоматизации и обеспечивают максимальный уровень контроля технологических параметров, за исключением блока сепарации. В данной выпускной квалификационной работе предлагается замена существующих решений на новые приборы, в основном, отечественные, с использованием других видов первичных преобразователей, которые имеют унифицированные сигналы и протокол HART, использование оборудования под современные операционные системы.

В настоящей выпускной квалификационной работе решается задача модернизации АС блока подготовки газа (сепарации факельной системы) установки комплексной подготовки газа.

# **1 Техническое задание**

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

АСУ ТП предназначена для автоматического и автоматизированного управления технологическим оборудованием в масштабе реального времени в соответствии с регламентом безопасного ведения технологического процесса.

Основные цели создания АСУ ТП:

- оперативное получение информации о параметрах технологического процесса;
- сбор и предварительная обработка данных от датчиков технологического процесса, состояния технологического оборудования и исполнительных механизмов;
- улучшение технико-экономических показателей работы производства;
- автоматическое (по запрограммированным алгоритмам) и дистанционное (по командам с панели оператора) управление работой оборудования и технологическими группами оборудования с сохранением контроля за безопасностью процесса;

## **1.2 Назначение системы**

Назначением системы является АСУ ТП блока сепарации установки комплексной подготовки газа.

АСУ ТП должна обеспечивать:

- сбор и предварительная обработка данных от датчиков технологического процесса, состояния технологического оборудования и исполнительных механизмов;
- контроль данных на достоверность;

- представление оператору информации о текущем состоянии технологического процесса;
- безопасность технологического процесса приема, очистки от капельной жидкости, отпуска газа;
- автоматизированного и дистанционного проведения технологического процесса в безопасное состояние при возникновении аварийных ситуаций (пожар, выход из строя технологического оборудования и прочее);
- сигнализация о выходе значений технологических параметров за аварийные и предаварийные пределы (аварийная и предупредительная сигнализация);
- контроля уровня продукта, его нахождения в заданных нормативных пределах и перевод блока подготовки газа в безопасное состояние при выходе уровня за границы диапазона;
- контроль технологических параметров насосов газожидкостной смеси и газа.
- управления насосами газожидкостной смеси.
- автоматическая диагностика программно-технических средств САУ БПГ.

### **1.3 Требования к системе**

Система должна иметь трёхуровневую иерархическую структуру:

- нижний уровень, на котором размещаются приборы КИПиА и исполнительные механизмы, включающий в себя:
  - датчики температуры;
  - датчики давления;
  - расходомер;
  - датчик уровня;
  - датчик-сигнализатор уровня;
  - кабельное и дополнительное оборудование.

- средний уровень, на котором осуществляется сбор данных с нижнего уровня, а также выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы, состоящий из интерфейсных линий связи;
- верхний уровень, на котором осуществляется сбор и обработка (в том числе масштабирование) данных с локальных контроллеров, синхронизация всех подсистем, а также формирование отчётной документации и предоставление интерфейса непосредственного взаимодействия с оператором АСУ, включает в себя автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

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

Все внешние элементы технических средств, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения, а сами технические средства - иметь защитное заземление.

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

Датчики, которые будут использоваться в системе, должны иметь взрывозащищённое исполнение. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с сероводородсодержащей или другой агрессивной средой, должны быть выполнены из коррозионностойких материалов либо для их защиты необходимо использовать разделители сред. Степень защиты технических средств от пыли и влаги не менее IP56.

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

внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве.

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

Основная относительная погрешность измерений датчиков давления, должна быть менее 1%.

Основная относительная погрешность измерений датчиков температуры, должна быть менее 0,2%.

Для узла измерения уровня газа в резервуаре необходимо использовать радарный уровнемер, основная погрешность измерения которого должна быть менее 0,125%.

### **1.6 Требования к программному обеспечению**

Реализация задачи автоматизации контроля и управления конкретной технологической системой, в данном случае – БПП (сепарации факельной системы) УКПП, осуществляется с помощью специального программного обеспечения, исполняемого в реальном времени технологического процесса.

АРМ оператора представляет собой интерфейс между человеком (оператором) и процессом выполняет следующие функции:

- контроль несанкционированного доступа к управлению и информации САУ БПП;
- управление вводом/выводом данных полевого уровня, поступающих из локальной сети:
- работа системы контроля и управления в реальном времени;
- преобразование сигналов полевого уровня в события точек контроля системы;
- сигнализация неисправности локальной сети и фиксация недостоверности данных;



- обработка данных полевого уровня:
- динамическое управление (включение/выключение) обработкой данных;
- трансляция аппаратных значений, поступающих от контроллера, в физические значения точек контроля;
- контроль достоверности значений точек контроля;
- анализ уровня тревоги точек контроля;
- регистрация:
- динамическое управление (включение/выключение) регистрацией;
- непрерывная регистрация последовательности событий точек контроля;
- непрерывная регистрация тенденций изменения средних значений аналоговых данных в широких временных диапазонах;
- регистрация непредвиденных или планируемых ситуаций для последующего анализа с использованием неравномерной шкалы времени;
- регистрация истории течения технологического процесса и долговременное сохранение ее в архиве;
- графический интерфейс с пользователем:
- оперативное представление процесса на детализированных рисунках, позволяющих наблюдать и вмешиваться в протекающие процессы в реальном времени. Рисунки размещаются на экранах и окнах. Управление экранами и окнами (открытие, закрытие, работа с меню, ввод текстов, перемещение и т.д.) осуществляется с использованием сенсорной клавиатуры;
- представление тенденций изменения средних значений аналоговых данных в виде графиков;
- представление на экранах списков аварийных и предупредительных событий;
- сигнализация об отклонениях от нормального течения процесса.

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня АС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

### **1.7 Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение АС должно быть представлено в виде совокупности алгоритмов и математических методов обработки информации, которые при создании и эксплуатации АС и позволяли бы реализовывать все компоненты АС средствами единого математического аппарата.

### **1.8 Требования к информационному обеспечению**

Средства информационного обеспечения должны включать в себя:

- унифицированную систему электронных документов, которая может быть выражена в виде набора форм статистической отчетности;
- распределенную структурированную базу данных (БД), которая должна осуществлять хранение системы объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

## 2. Основная часть

### 2.1. Описание технологического процесса

Функциональная схема блока сепарации приведена в приложении А.

Факельный сепаратор представляет собой горизонтальный цилиндрический аппарат, в котором установлены уголковая и вертикальная сетчатая насадки. Для поддержания заданного режима работы и удобства обслуживания аппараты снабжены необходимыми технологическими штуцерами, штуцерами для приборов КИПиА и люком-лазом.

Газожидкостная смесь в факельный сепаратор поступает через расходомер. При приеме газа открывается задвижка К-1. Газ перекачивается в факельный сепаратор насосами Н-1/1-2. Насосы включены параллельно, таким образом, насосы имеют общие приемные и напорные коллекторы. В нормальном режиме работы включен один насос, открыты задвижки К-1,2. Второй насос находится в резерве, задвижка К-3 закрыта.

При заполнении факельного сепаратора задвижки К-1,2 открыты, задвижка К3 закрыта (находится в резерве и открывается в случае ремонтных работ или поломки задвижки К-2), задвижка К-2 закрыта. В процессе подачи газожидкостной смеси в факельный сепаратор необходимо постоянно следить за ее уровнем и в нужный момент закрыть задвижки К-1 и К-2. Кроме того, необходимо следить за температурой и давлением в сепараторе.

После насосов Н-1/1-2 находится регулятор давления К-2. Регулятор давления К-2 регулирует давление на выходе насосного агрегата таким образом, чтобы оно было не выше заданного исходя из условий прочности трубопровода и не ниже заданного давления на входе насосной.

## 2.2. Разработка структурной схемы АС

Проводятся измерения: давления, температуры, уровня, так же необходимо проводить переключение запорной арматуры, а именно клапанов с электроприводом.

Трёхуровневая структура АС построенная по трёхуровневому иерархическому принципу, в соответствии с требованиями ТЗ, приведена в приложении Б.

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

- датчики давления;
- датчики температуры;
- расходомер;
- датчик уровня;
- датчик-сигнализатор уровня;
- исполнительные механизмы.

На данном уровне должны выполняться следующие функции АС:

- сбор и передача сигналов аварийной сигнализации, состояния и положения запорной арматуры, а также насосных агрегатов;
- измерение параметров технологического процесса (температуры, давления, уровня жидкости).

Средний (контроллерный) уровень представлен коммуникационными интерфейсами и локальным контроллером (ПЛК).

ПЛК должен выполнять следующие функции:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о параметрах технологического процесса;
- автоматическое логическое управление и регулирование, а также обмен информацией с пунктами управления АРМ;

Верхний (информационно–вычислительный) уровень представляет из себя локальную сеть, которая объединяет между собой персональные компьютеры и сервер базы данных. Компьютеры диспетчера и операторов оснащены операционными системами (ОС) Windows 8 и программным обеспечением SCADA Simplight.

На верхнем уровне выполняются следующие задачи:

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

Обобщенная структура управления АС приведена в приложении В.

### **2.3 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации представляет собой технический документ, в котором определена функционально–блочная структура отдельных узлов автоматического регулирования технологического процесса. На функциональной схеме в виде условных изображений показаны все системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации разрабатываемой системы. Также на ней, при помощи линий функциональной связи, отображены каналы взаимодействия между элементами систем управления.

Разработка функциональной схемы автоматизации ТП позволяет решить задачи:

- задачу получения первичной информации о состоянии ТП и оборудования;

– задачу непосредственного воздействия на ТП для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;

– задачу контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям, ГОСТ 21.408–13 и приведена в приложении Г. На схеме выделены каналы измерения (1,2,3,8,11,12) и каналы управления (4-5, 6-7, 9-10). Контур 4-5 и 9-10 реализуют автоматическую стабилизацию уровней в первом и втором отсеках сепаратора. Контур 6-7 реализует автоматическое поддержание давления в выходном трубопроводе газа на факел.

#### **2.4 Разработка схемы информационных потоков БПГ.**

Схема информационных потоков, которая приведена в приложении Д, включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

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

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

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

Ниже представлены параметры, которые передаются в локальную вычислительную сеть:

- объем поступающей газожидкостной смеси, м<sup>3</sup>/ч,
- объем газа на выходе, м<sup>3</sup>/ч,
- уровень газа в факельном сепараторе, мм,
- температура газожидкостной смеси в факельном сепараторе, °С,
- давление в всасывающем коллекторе, МПа,
- давление в факельном сепараторе, МПа,
- скорость двигателя, м/с.

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

AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD,

где

1) AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;
- URV – уровень;
- RAS – расход;
- UPR – управляющий сигнал;
- SKR – скорость;

2) BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:

- TRB – трубопровод;
- N11 – насос Н-1/1;
- N12 – насос Н-1/2;
- K02 – регулятор давления К-2;
- FSP – факельный сепаратор;

3) CCCC – уточнение, не более 4 символов:

- VHOD – входной трубопровод в факельный сепаратор;
- VYHD – выходной трубопровод из факельного сепаратора;
- VSAS – всасывающий коллектор;
- NGNT – нагнетательный коллектор;
- GAZ – газ;
- GJSM – газожидкостная смесь;
- VALD – вал двигателя.

4) DDDDD – примечание, не более 5 символов:

- REG – регулирование;
- AVARN – верхняя аварийная сигнализация;
- AVARL – нижняя аварийная сигнализация;
- PREDH – верхняя предупредительная сигнализация;
- PREDL – нижняя предупредительная сигнализация.

Знак подчеркивания \_ в данном представлении является разделителем частей идентификатора.

## **2.5 Выбор средств реализации БПГ**

Для реализации проекта АС необходимо выбрать программно-технические средства, также проанализировать их совместимость.

Программно-технические средства АС БПГ включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, а также системы сигнализации.

Сбором информации о технологическом процессе занимаются измерительные устройства, а исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.



### 2.5.1 Выбор контроллерного оборудования

Для решения данной задачи было выбрано контроллерное оборудование PLC SIMATIC S7-1200 - это новое семейство микроконтроллеров Сименс для решения самых разных задач автоматизации малого уровня. Эти контроллеры имеют модульную конструкцию и универсальное назначение. Они способны работать в реальном масштабе времени, могут использоваться для построения относительно простых узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем автоматического управления, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet/PROFINET, а также PtP (Point-to-Point) соединения.



Рисунок 1 – ПЛК SIMATIC S7-1200

Программируемые контроллеры S7-1200 имеют компактные пластиковые корпуса со степенью защиты IP20, могут монтироваться на стандартную 35 мм профильную шину DIN или на монтажную плату и работают в диапазоне температур от 0 до +50 °С. Они способны обслуживать от 10 до 284 дискретных и от 2 до 51 аналогового канала ввода-вывода. При одинаковых с S7-200 конфигурациях ввода-вывода контроллер S7-1200 занимает на 35% меньший монтажный объем. К центральному процессору (CPU) программируемого контроллера S7-1200 могут быть подключены коммуникационные модули (CM); сигнальные модули (SM) и сигнальные

платы (SB) ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Совместно с ними используются 4-канальный коммутатор Industrial Ethernet (CSM 1277) и модуль блока питания (PM 1207)

В S7-1200 используется 5 моделей центральных процессоров, отличающихся производительностью, объемами встроенной памяти, количеством и видом встроенных входов и выходов и другими показателями. Большинство из них имеет три модификации:

- DC DC DC: с напряжением питания =24В, дискретными входами =24В дискретными выходами =24В 0.5А на основе транзисторных ключей
- DC/DC/RLY: с напряжением питания =24В, дискретными входами =24В и дискретными выходами с замыкающими контактами реле и нагрузочной способностью до 2А на контакте.
- ACDC RLY: с напряжением питания -115/230В, дискретными входами =24В и дискретными выходами с замыкающими контактами реле и нагрузочной способностью до 2А на контакте.

Каждый центральный процессор S7-1200 оснащен встроенным интерфейсом Ethernet PROFINET, который используется для программирования и диагностики, обмена данными с другими системами автоматизации, устройствами и системами человеко- машинного интерфейса. В CPU 1215C и CPU 1217C этот интерфейс оснащен встроенным 2-канальным коммутатором. Для одного CPU можно сконфигурировать до 16 различных коммуникационных соединений. Обмен данными выполняется на основе транспортных протоколов TCP/IP и ISO на TCP с использованием S7 функций связи (S7 сервер или S7 клиент), а также *функции* клиента или сервера MODBUS TCP. При необходимости контроллер может быть дополнен простейшим 4-канальным коммутатором Industrial Ethernet типа CSM 1277, выполненным в формате модуля S7-1200.

Все центральные процессоры допускают подключение до трех коммуникационных модулей и установку одной сигнальной коммуникационной платы (SB/CB) или модуля батареи ВВ 1297. Дополнительно к CPU 1212C может подключаться до 2, к CPU 1214C/1215C/1217C - до S сигнальных модулей (S\I).

Центральный процессор	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Встроенная загрузочная память:	1 МБ	1 МБ	4 МБ	4 МБ	4 МБ
• расширение	Картой памяти SIMATIC Memory Card емкостью до 2 Гбайт				
Встроенная рабочая память	30 КБ	50 КБ	75 КБ	100 КБ	125 КБ
Энергонезависимая память	10 КБ для сохранения данных при перебоих в питании контроллера				
Адресное пространство ввода-вывода	1024 байт на ввод/ 1024 байт на вывод				
Типовое время выполнения	Логических операций - 0.08 мкс; операций со словами - 1.7 мкс; математических операций с плавающей запятой - 2.3 мкс				
ПИД регулирование	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Встроенные скоростные счетчики	6x100 кГц	6x100/30 кГц	6x100/30 кГц	6x100/30 кГц	4x1МГц/6x100 кГц
Импульсные выходы	Только в моделях с транзисторными выходами или при использовании SB 1222				
	4x100 кГц	4x100 кГц	4x100 кГц	4x100 кГц	4x1 МГц/100 кГц
Часы	Встроенные, аппаратные, запас хода 20 суток (1 год с платой буферной батареи)				
Интерфейс PROFINET	1xRJ45, 10/100 Мбит/с			2xRJ45, 10/100 Мбит/с	
Максимальная конфигурация	1xSB/CB/BB + 3xCM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 2xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM
К-во встроенных каналов:					
• ввода дискретных сигналов	6x24VDC	8x24VDC	14x24VDC	14x24VDC	10x24VDC+4x5VDC
• вывода дискретных сигналов	4	6	10	10	6x24VDC+4x5VDC
• ввода аналоговых сигналов	2x 0...10 В, 10 бит				
• вывода аналоговых сигналов	-	-	-	2x 0...20мА, 10 бит	
К-во каналов на систему, не более:	В системе локального ввода-вывода				
• ввода дискретных сигналов	10	44	146	146	146
• вывода дискретных сигналов	8	42	142	142	142
• ввода аналоговых сигналов	3	19	67	67	67
• вывода аналоговых сигналов	1	9	33	35	35

Таблица 1 – Технические характеристики SIMATIC S7-1200

## 2.5.2 Выбор устройств измерения

В ходе технологического процесса в соответствии с ТЗ предпочтение отдается интеллектуальным датчикам с унифицированным токовым сигналом 4-20 мА и обменом данными в соответствии со спецификацией HART, при этом подбор необходимо вести для агрессивных сред, со взрывозащищенным корпусом и искробезопасными цепями.

### 2.5.2.1 Датчики давления

Для выбора датчиков давления был проведен сравнительный анализ следующих датчиков:

– DMD 331-A-S-LX/HX;

- Rosemount 2051;
- ЭЛЕМЕР-АИР-30;
- Метран 150;

Результаты приведены в таблице 3

Таблица 2 – Сравнение датчиков давления

Критерии выбора	DMD 331-A-S-GX/AX	Rosemount 2051;	ЭЛЕМЕР-АИР-30	Метран 150
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Диапазоны пределов измерений	0–25 МПа	0–60МПа	0–60МПа	0–68 МПа
Предел допускаемой погрешности	±0,075%	± 0,065 %	±0,1%	± 0,075 %
Перестройка диапазонов измерений	1:120	100:1	1:60	-
Выходной сигнал	4–20мА +HART	4-20 мА HART®, FOUNDATION™ Fieldbus, PROFIBUS PA, HART® Low Power (с низким энергопотреблением) 1–5 В пост. тока.	4–20мА +HART	4–20 мА; 20–4 мА; 0–5 мА; 5–0 мА; 0–20 мА;
Взрывозащищенность	Ex0ExiaIICT4 / 1ExdIICT6	ExiaIICT6 X / 1ExdIICT6	ExiaIICT5 X	ExiaIICT5/1 ExdIICT6
Температура окружающей среды	-40 +100 °С	-40 +85	-20 +70	-30 +85 °С
Степень защиты от пыли и воды	IP 68	IP65 / IP67	IP54	IP54, IP55, IP65, IP66

Из выбранных датчиков нам не подходит «ЭЛЕМЕР-АИР-30» т.к., у него класс точности ниже чем у других датчиков. Из оставшихся трех наилучший вариант это Rosemount 2051 (Рисунок 3). Потому, что многофункциональный высокоточный интеллектуальный датчик избыточного/абсолютного давления Rosemount 2051 удовлетворяет самым строгим требованиям современной промышленности. Использование емкостного чувствительного элемента определяет устойчивость к перегрузкам и стабильность в течении длительного периода времени. Датчик отличается большим давлением перегрузки. Применение в чувствительных элементах мембран из специализированных сплавов позволяет использовать датчик для измерения давления высокоагрессивных сред. Метрологические характеристики, удобство использования и дополнительные возможности обусловлены применением современной элементной базы. Датчик обладает отличным соотношением цена/качество.



Рисунок 2 – Датчик давления Rosemount 2051

### Преимущества и особенности датчиков давления Rosemount 2051

1. Различные варианты исполнения – фланец Corplanar, традиционное фланцевое соединение, штуцерное исполнение, фланцы

уровня – позволяют выбрать прибор, соответствующий конкретным условиям эксплуатации

2. Поддерживаются протоколы 4–20 мА HART®, FOUNDATION™ fieldbus, PROFIBUS PA, 1-5 В пост. тока HART® Low Power (с низким энергопотреблением), что обеспечивает простоту интеграции в любую систему

3. Контактные материалы из нержавеющей стали, сплава С-276 или тантала дают возможность подобрать прибор в соответствии с требованиями технологического процесса

4. ЖК-индикатор с гибкими возможностями конфигурирования отображения параметра процесса, процента диапазона и диагностических сообщений

5. Корпуса из алюминия и нержавеющей стали для эксплуатации в любых условиях окружающей среды

На рисунке 4 показана схема включения датчика давления Rosemount 2051

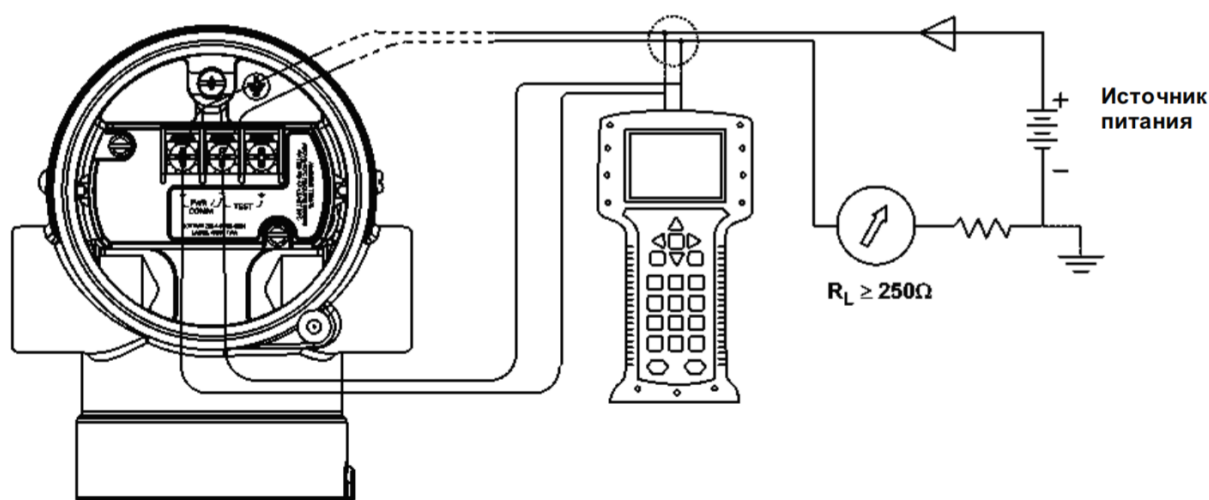


Рисунок 3 – Схема включения Rosemount 2051

### 2.5.2.2 Датчик температуры

Для измерения температуры рассмотрены следующие датчики:

- Rosemount 3144P;
- KOBOLD TWL-R-Exia;
- POCA-10;
- KOBOLD TDA.

Результаты сравнения занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ датчиков температуры

Критерии выбора	Rosemount 3144P	KOBOLD TWL-R-Exia	POCA-10	KOBOLD TDA
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды
Диапазон измеряемых температур	-50...+200	-80 +600	-40 +110 °С	-50 +125
Предел допускаемой погрешности	0,1%	0,25%	0,1%	0,1%
Выходной сигнал	4–20мА +HART	4–20мА +HART	4–20мА	4–20мА
Взрывозащищенность	Ex (ExiaCT6 X), Exd (1ExdIICT6)	Exd	ExiaCT6	-
Срок службы	5 лет	5 лет	5 лет	5 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP67	IP68	IP54	-

Для измерения температуры был выбран термометр сопротивления по DIN стандарту с защитой от воспламенения Rosemount 3144P (рисунок 5),

т.к. по ТЗ удовлетворяет степени защиты, имеется протокол HART, высокий класс точности.

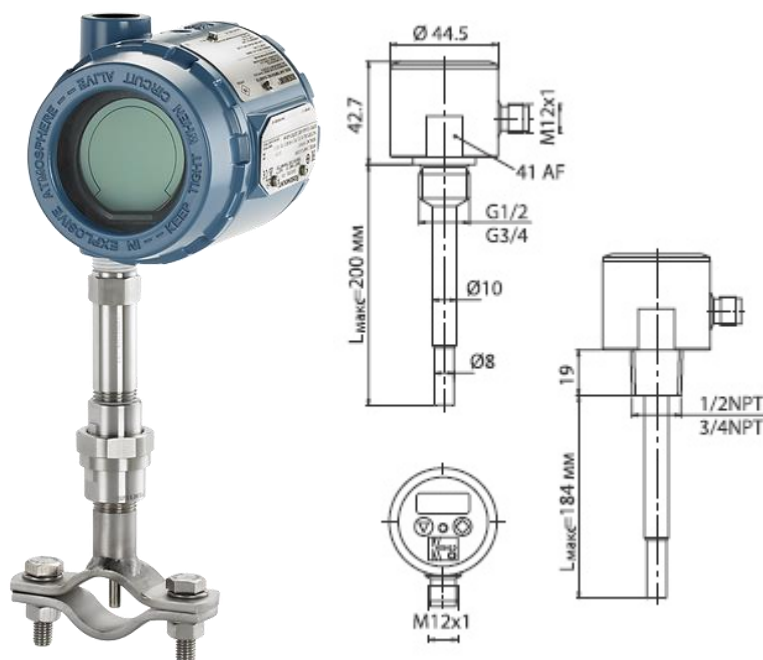


Рисунок 4 – Rosemount 3144P

#### Преимущества и особенности датчиков давления Rosemount 3144P

- Возможность приема сигналов от одного или двух датчиков на один измерительный преобразователь
- Улучшенная защита от электромагнитных помех обеспечивает стабильность показаний (на англ.) температуры технологических процессов
- Выданный третьей стороной сертификат безопасности согласно стандарту IEC61508 на систему противоаварийной защиты (ПАЗ)(на англ.)
- Лучшие в отрасли показатели стабильности измерений в течение 5 лет помогут снизить затраты на техобслуживание
- Функции горячей замены Hot Backup® (на англ.) и сигнализации дрейфа датчика (Sensor Drift Alert) (на англ.) повышают надежность измерений температуры
- Согласование измерительного преобразователя с первичным преобразователем (на англ.) исключает ошибку, связанную с заменой чувствительного элемента, что повышает точность измерений на 75%



- Корпус с двумя отсеками (на англ.) обеспечивает надежность в жестких условиях эксплуатации
- Встроенный ЖКИ с большим контрастным дисплеем
- Диагностика неисправности прибора позволяет пользователю контролировать сопротивление контура прибора, прогнозировать отказ датчика и спланировать профилактическое техобслуживание, чтобы исключить внеплановые остановки оборудования
- Функция отслеживания минимальной и максимальной температуры регистрирует экстремальные значения температуры датчика 1, датчика 2, а также их разницу.
- Возможность выбора версии протокола HART (5 или 7)
- FOUNDATION fieldbus™

Технические характеристики Rosemount 3144P приведены в таблице 4.

Таблица 4 – технические характеристики Rosemount 3144P

Параметр	Значение
Измерительный принцип:	температурозависимый измерительный резистор
Диапазон измерения:	-50...+200°C
Датчик:	Pt 100 - простой или двойной датчик (1xPt100 или 2xPt100)
Точность:	класс А или класс В (другие на заказ)
Температура окр. среды:	-40. ..+150 °C с керамической клеммной базой -40...+85 °C (с преобразователем)
Рабочее давление:	в завис, от термокармана
Соединительная головка:	форма В с цепью
Материалы:	
Датчик:	нерж.сталь 1.4571 (за исключением: TWL-D)
Термокарман:	нерж.сталь 1.4571 (за исключением: TWL-D) с монтажной резьбой, фланцами или приварным рукавом
Колено трубки:	нерж.сталь 1.4571 (за исключением: TWL-D)
Соединительная	окрашенный алюминий

головка:	
Клеммная база:	керамика (без трансмиттера)
Электр, присоед:	2-,3-или 4-проводной

Продолжение таблицы 4

Выход:	значение сопротивления
Защита:	соединительная головка IP 65 датчик IP 68
Одобрено АТЕХ:	1 GD Exia Трансмиттер, вмонтированный в головку
Выход:	4-20 мА аналоговый выход
Коммуникация:	протокол HART®, протокол PROFIBUS®/ протокол Fieldbus
Мин. измер. диапазон:	стандартный трансмиттер 25 °К трансмиттер с протоколом HART® 10 °К Трансмиттер с протоколами PROFIBUS®/Fieldbus 5 °К
Напряжение питания:	8-30 В пост.т. для стандартного трансмиттера и трансмиттерас протоколом HART® 9-30 В пост.т. для трансмиттерас протоколами Profibus®/Fieldbus

Термометры сопротивления с датчиками, вмонтированными в головку термометра, особенно эффективны, если необходимо передать непрерывный измерительный сигнал на длительное расстояние. Датчик, герметизированный эпоксидной смолой, расположен непосредственно в соединительной головке и передает 4-20 мА линейный токовый сигнал. Датчик, вмонтированный в головку термометра, доступен со стандартными системами коммуникации, такими как протокол HART®, а также протоколы PROFIBUS® или Fieldbus.

Термометры сопротивления с резьбовым, фланцевым или приварным присоединением предназначены для измерения температуры жидких, твердых и газообразных сред. Водонепроницаемость данных приборов позволяет успешно использовать их в условиях избыточного и давления и в вакууме. Данные приборы предназначены для применения в системах кондиционирования, охлаждения, в нагревательных системах, строительстве печей, приборостроении и машиностроении, а также во многих других

отраслях промышленности. Приборы могут успешно использоваться в неблагоприятных условиях, так как они снабжены защитой от воспламенения Exd.

### 2.5.2.3 Выбор расходомера

В качестве расходомеров были выбраны расходомеры Micro Motion серии F, Promass 80/83 E, МИР-01, TRICOR предназначенные для измерения расхода жидкости, газа, пара в системах автоматического, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

В таблице 5 приведены сравнительные характеристики расходомеров.

Таблица 5 – Сравнение технических характеристик расходомеров

Техническая характеристика	Micro Motion серии F	Promass 80/83 E	МИР-01	TRICOR
Основная относительная погрешность измерений расхода, не более	±0,5%	±0,75%	±0,5%	±0,6%
Выходной сигнал	4...20мА/ HART	4...20мА	4...20мА/HART	4...20мА/HART
Протоколы связи с компьютерной средой	HART, Modbus , FOUNDATION fieldbus	Modbus	HART, Modbus	HART, Modbus
Средняя наработка на отказ	150000 часов	150000 часов	140000 часов	140000 часов
Межповерочный интервал	4 года	4 года	4 года	4 года

Из таблицы 5 видно, что для измерения расхода будем использовать кориолисовые расходомеры Micro Motion серии F (рисунок 5).

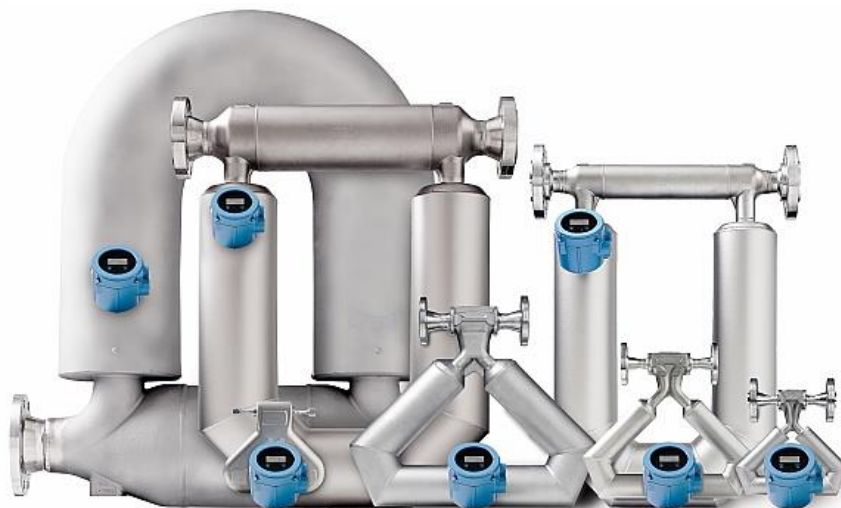


Рисунок 5 – Кориолисовый расходомер Micro Motion серии F

Расходомеры сжатого природного газа Micro Motion разработаны специально для эксплуатации в составе узлов коммерческого учета сжатого природного газа и отвечают всем необходимым для этого требованиям. Расходомеры пользуются заслуженной популярностью среди ведущих изготовителей газораздаточного оборудования – на сегодняшний день в различных регионах мира установлено более 50000 приборов данной модели. Кориолисовые расходомеры Micro Motion пользуются заслуженной популярностью среди ведущих изготовителей газораздаточного оборудования – на сегодняшний день в различных регионах мира установлено более 50 000 приборов данной модели.

### **Преимущества**

- Универсальное решение, рассчитанное на применение в составе раздаточных колонок как малой, так и большой производительности
- Сокращение времени заправки благодаря высокой пропускной способности прибора
- Различные варианты преобразователей обеспечивают выдачу любого выходного сигнала, что позволяет использовать прибор в колонках любой конструкции

- Компактность и отсутствие движущихся деталей, специальных требований к месту установки и подготовке рабочей среды
- Быстрая поставка и поддержка во всех странах мира

#### **2.5.2.4 Выбор уровнемера**

Для решения данной задачи был выбран отечественный уровнемер ТИТАН-270У (рисунок 7). Уровнемер ультразвуковой ТИТАН-270У — это компактный измерительный прибор, состоящий из двух основных частей – уровнемера (блока) и модуля вывода изображения (дисплея). Электроакустический преобразователь уровнемера излучает ультразвуковые импульсы, которые распространяются в направлении к поверхности. Отраженная акустическая волна принимается преобразователем и далее обрабатывается измерительным модулем. Здесь блок интеллектуального анализа проводит фильтрацию сигналов от помех, сопоставление очищенного принятого сигнала с картой ложных отражений (например, от мешалок, лестниц, ребер жесткости) и последующий выбор требуемого отражения (эха). Исходя из продолжительности распространения импульсов к поверхности и обратно и из измерения температуры в резервуаре, рассчитывается актуальное расстояние до поверхности уровня. В соответствии с значением уровнем устанавливается ток на выходе уровнемера от 4 до 20 мА, также передаваемый по HART-протоколу или по сети RS-485 с протоколом Modbus RTU. Измеренное значение уровня отображается на дисплее уровнемера.



Рисунок 6 – уровнемер ТИТАН-270У

Технические характеристики уровнемера ТИТАН-270У представлены в таблице 6

Таблица 6 – Технические характеристики ТИТАН-270У

Диапазон измерений уровня	0,5 – 20 м
Выходной сигнал	4...20 мА, HART-протокол RS-485 / Modbus RTU
Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерений	±0,15 %
Температура окружающего воздуха	от –40 до +70 °С
Регулирование чувствительности измерения	3 степени (LOW — MEDIUM — HIGH)
Механическое соединение	резьбовое соединение G1"/фланец из алюминиевого сплава
Потребляемый ток, не более, мА	20
Средний срок службы, лет	12 лет
Степень защиты корпуса	IP67
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIIС(T5/T6)X, 1ExibIIС(T5/T6)X, 1ExdIIС(T5/T6)X
Масса датчика	0,3 кг

### 2.5.2.5 Выбор датчика–сигнализатора уровня

Для сигнализации достижения предельного уровня жидкости выберем датчик-сигнализатор уровня. Рассмотрим такие сигнализаторы как: , OPTISWITCH 5300

Приведем технические характеристики выбранных датчиков-сигнализатора уровня в таблице 7.

Таблица 7 – сравнение характеристик датчиков

Технические характеристики	РИЗУР-900	OPTISWITCH 5300
Температура	-196 до +500°С	-196...+450°С
Давление контролируемой среды	давление до 6,16, 25, 35, 45МПа	1 до +160 бар

Для сигнализации уровня будем использовать отечественный датчик-сигнализатор уровня жидкости РИЗУР-900( рисунок 7).



Рисунок 7 – РИЗУР-900

Сигнализатор уровня ультразвуковой РИЗУР-900 предназначен для контроля уровня жидкости в открытых или закрытых, в том числе, находящихся под давлением емкостях в технологических установках

промышленных объектов химической, нефтехимической, медицинской, пищевой и других отраслях промышленности. Также может использоваться в качестве индикатора наличия (отсутствия) жидкости в контролируемом объеме на заранее заданной высоте емкости. Контролируемые жидкости: нефть и ее легкие фракции, вода и любые другие среды, не формирующие отложения на материале чувствительного элемента и не разрушающие его.

Технические характеристики РИЗУР-900 приведены в таблице 8

Таблица 8 – Технические характеристики РИЗУР-900

Температура контролируемой среды,	-196 - +500 °С
Давление контролируемой среды	давление до 6,16, 25, 35, 45МПа
Вязкость	до 10 Пас
Количество точек срабатывания	До 8 точек
Время срабатывания	от 0,1 до 10 сек (согласовывается при заказе)
Напряжение питания, постоянный ток, В	12-32 (по заказу возможно иное)
Потребляемый ток, не более, мА	20
Средний срок службы, лет	12 лет
Выходной сигнал	4...20 мА, HART-протокол
Температура окружающей среды, °С	-60 - +75 (-70 - +75 с термочехлом )
Степень защиты корпуса	IP67
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIIС(T5/T6)X, 1ExibIIС(T5/T6)X, 1ExdIIС(T5/T6)X или без взрывозащиты
Ориентация прибора в пространстве при монтаже на объекте	произвольная
Материал сигнализатора контактируемый	12Х18Н10Т (по заказу возможно



## 2.5.3 Выбор исполнительных механизмов

### 2.5.3.1 Выбор регулирующего клапана

В данном разделе необходимо выбрать устройство реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путем механического перемещения регулирующего органа. В качестве регулирующих клапанов были рассмотрены ЭМИ 493725, Auma Matic D-79379.

В качестве регулирующего клапана будет использоваться клапан регулирующий газовый со встроенным приводом Auma Matic D-79379 (рис. 8),

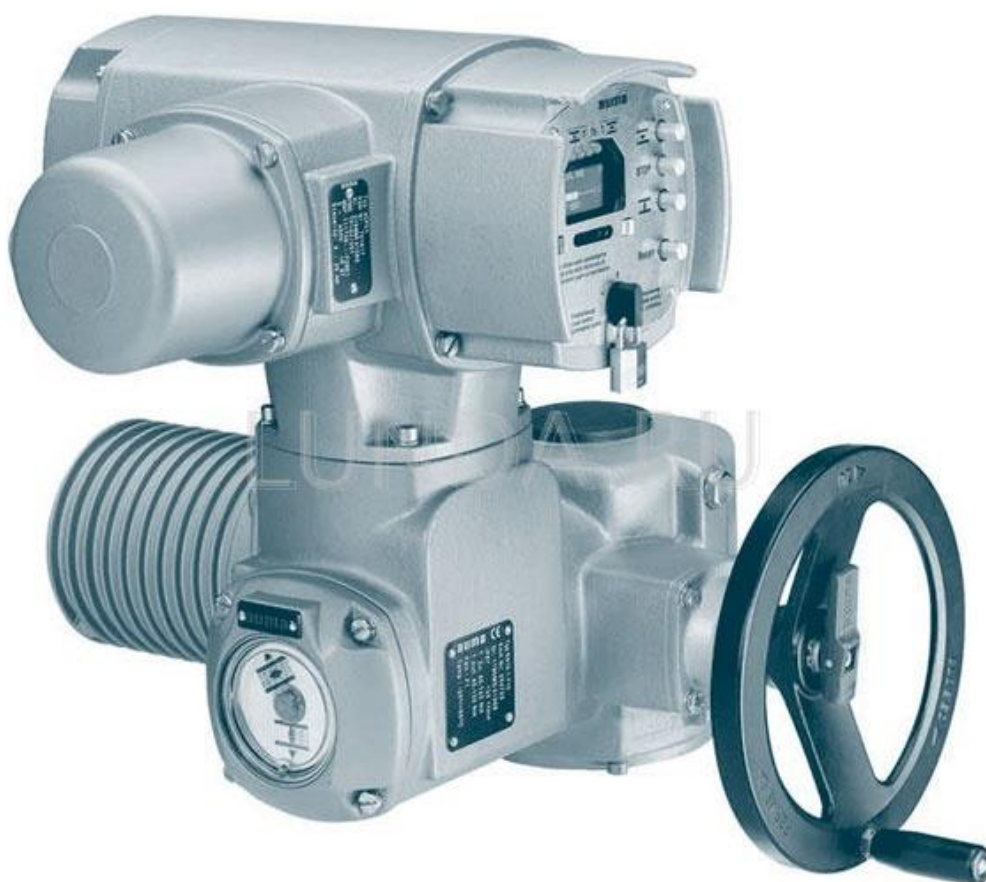


Рисунок 8 – регулирующий клапан Auma Matic D-79379

Технические характеристики данного клапана приведены в таблице 9

Таблица 9 – технические характеристики Auma Matic D-79379

Основная рабочая среда ГОСТ 5542	природный газ
Тип присоединения	фланцевое
Тип конструкции	поворотно-золотниковый прямооточный
Нерегулируемый пропуск среды, не более	1%
Электромеханизм	МЭОФ-100/25-0,25 99К
Усилие на рукоятке ручного привода, Н	100-250
Полный угол поворота, град.	90°
Потребляемое напряжение	220/380 В, 50-60 Гц
Потребляемая мощность, Вт,	не более 250
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP-54
<p>Механизм МЭОФ имеет взрывобезопасный уровень взрывозащиты, вид взрывозащиты "взрывонепроницаемая оболочка", маркировку взрывозащиты 1ExdПВТ4 и может применяться во взрывоопасных зонах согласно ГОСТ Р 51330.9 и ГОСТ 51330.13 и другим нормативно-техническим документам, определяющим применимость электрооборудования во взрывоопасных зонах, где возможно образование взрывоопасных смесей категории IIА и IIВ групп Т1, Т2, Т3, Т4, Т5 согласно ГОСТ Р 51330.5.</p>	
Максимальная температура рабочей среды, °С (К)	<p>для углеводородных газов ГОСТ 5542 - плюс 60 (333)</p> <p>для коксовых и доменных газов - плюс 100 (273)</p>
Минимальная температура рабочей среды, °С (К)	для углеводородных газов ГОСТ 5542 - минус 60 (213)

Клапан устанавливается в горизонтальном положении и может управляться как автоматически и дистанционно в соответствии с командными сигналами управляющих устройств, регулирующих расход газообразного топлива, так и вручную - непосредственно с исполнительного механизма.

## **2.6 Разработка схемы внешних проводок**

Схема внешней проводки приведена в приложении Е. Датчики температуры имеет встроенный преобразователь сигнала термосопротивления в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА. У расходомера сигнал преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА. Датчик давления преобразует сигнал с сенсора на базе емкостной ячейки в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

В качестве кабеля выбран КВВГнг. Кабель КВВГ<sub>нг</sub>- представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию, а также в оболочку из пластика. Электротехнический контрольный кабель КВВГ предназначен для присоединения к электроаппаратуре, электроприборам. Конструкция кабеля состоит из следующих частей: жила (мягкая медная проволока), изоляция (ПВХ пластикат), поясная изоляция (лента ПЭТФ пленки), оболочка (ПВХ пластикат пониженной горючести). Кабели КВВГнг предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660В частоты до 100Гц или постоянным напряжением до 1000В.

При прокладке кабелей систем автоматизации следует соблюдать требования главы 2.3. «Кабельные линии напряжением до 220 кВ» ПУЭ и дополнительные правила разделения цепей:

- цепи сигналов управления и сигнализации напряжением 220 В переменного тока и 24 В постоянного тока должны прокладываться в разных кабелях;
- аналоговые сигналы должны передаваться с помощью экранированных кабелей отдельно от цепей сигналов управления и сигнализации;
- сигналы последовательной передачи данных (интерфейсные соединения);
- сигналы управления и контроля для взаиморезервируемых механизмов, устройств должны передаваться в разных кабелях;
- цепи отдельных шлейфов пожарной сигнализации должны прокладываться в разных кабелях.

## **2.7 Выбор алгоритмов управления АС БС**

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска (запуска)/ останова технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA-форме),
- релейные или ПИД - алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование давления, и т. п.) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA-форме) и др.

В данной ВКР разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений,
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

### **2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений**

В качестве канала измерения выберем канал измерения температуры в сепараторе. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения температуры в сепараторе представлен в приложении Ж.

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

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям. ПИД - регулятор используется в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

ПИД - регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

Процесс регулирования давления осуществляется следующим образом. На вход блока управления поступают заданное (уставка)  $y^*(t)$  и текущее  $y(t)$  значения регулируемой величины. Блок управления вычисляет рассогласование  $e(t) = y^*(t) - y(t)$ , на основе которого формирует управляющий сигнал  $u(t)$ , подаваемый на вход исполнительного устройства.

Задание по давлению сравнивается с текущим значением давления, полученным при помощи датчика давления. По рассогласованию регулятор уровня формирует задание по положению регулирующего органа. Заданное положение сравнивается с текущим, полученным от датчика положения регулирующего органа. На основе рассогласования по положению блок управления формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм.

Частотный преобразователь:

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

Электропривод

$$T_2 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_2 \cdot f.$$

Задвижка

$$Q = k\omega$$

Трубопровод:

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

Так как частота регулируется из соотношения входного тока 4-20 мА и частоты от 0 до 300 кГц, то коэффициент передачи будет 15. Постоянная времени была взята из технической документации преобразователя. Коэффициент передачи электропривода обоснован как отношение частоты при 300 кГц и максимальной частоты вращения 600 об/мин, поэтому коэффициент принят 0,002, а постоянная времени определена из технической документации, по кривой разгона.

На рисунке 10 предоставлена структурная схема регулирования в среде Matlab.

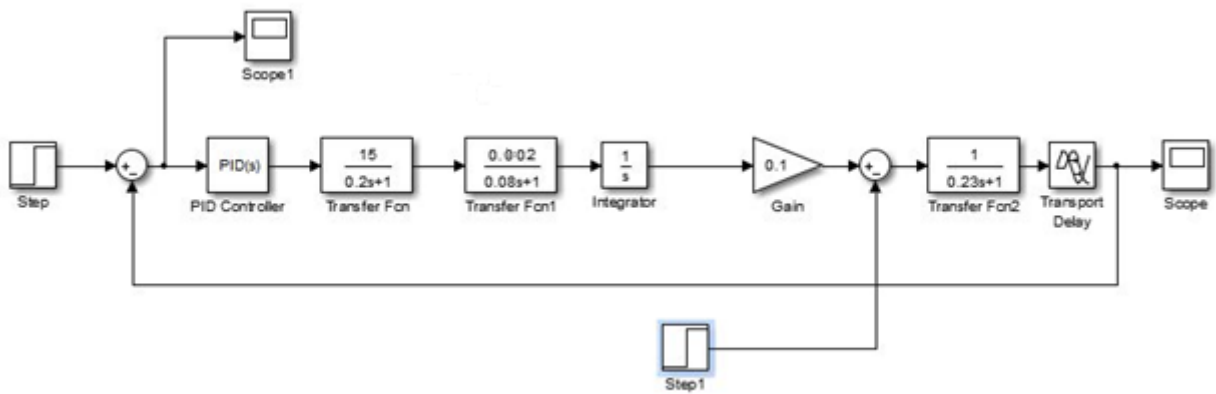


Рисунок 10 – Структурная схема регулирования

Выбор параметров ПИД регулятора осуществлялся путем использования автоматической настройки ПИД регулятора в среде Matlab для получения приемлемой характеристики переходного процесса. Приближенные значения составляют:  $K_p = 0.0057$ ;  $K_d = 0.0055$ ;  $K_I = 0.000087$

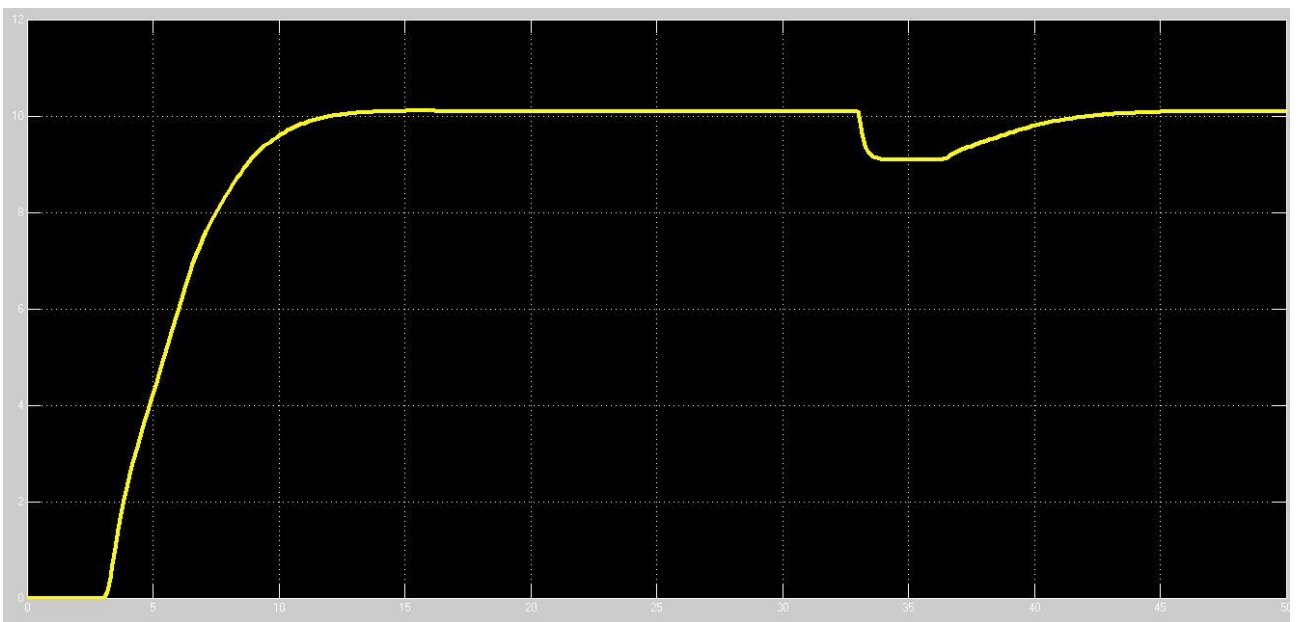


Рисунок 11 – График переходного процесса

В результате моделирования процесса получаем время переходного процесса 12 сек. Также наблюдаем поддержание заданного значения расхода при возникновении возмущения, в виде включения контрольной линии для режима поверки метрологических характеристик.

## **2.8 Экранные формы АС БПГ**

Управление в АС блока сепарации реализовано с использованием SCADA-системы Simplight. Она предназначена для использования на действующих технологических установках в реальном времени и требует использования компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей жестким требованиям в надежности, стоимости и безопасности, также обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC - технологии. Другими словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет набор драйверов или серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

### **2.8.1 Разработка дерева экранных форм**

Пользователь (диспетчер по обслуживанию, старший диспетчер, руководитель) имеет возможность осуществлять навигацию экранных форм с использованием кнопок прямого вызова. При старте проекта появляется экран авторизации пользователя, в котором предлагается ввести логин и пароль. После ввода логина и пароля, если же они оказываются верными, появляется мнемосхема основных ФС: Факельный сепаратор, входная насосная станция и каналы регулирования давления. Кроме того, с мнемосхемы основных объектов пользователь имеет прямой доступ к карте нормативных параметров факельного сепаратора.

### **2.8.2 Разработка экранных форм АС БС**

АРМ оператора поддерживает работу различных групп пользователей с разными правами доступа к тем или иным элементам автоматизированного



рабочего места. Для входа в приложение под соответствующим вам именем и паролем необходимо нажать кнопку **Пользователь** в левом верхнем углу приложения.

В главном меню расположены индикаторы и кнопки, выполняющие различные функции:

- кнопка «СПРАВКА» – вызов меню «Справка»;
- кнопки-индикаторы «Н-1/1», «Н-1/2», – отображение состояния насосных агрегатов и вызов мнемосхем насосных агрегатов;
- индикаторы "Нижний/верхний допустимый/аварийный уровень" – индикаторы уровня.

Вид главного меню представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 – Вид главного меню

### 2.8.3 Область видеокadra

Видеокадры предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием. В состав видеокадров входят:

- мнемосхемы, отображающие основную технологическую информацию;
- всплывающие окна управления и установки режимов объектов и параметров;
- табличные формы, предназначенные для отображения различной технологической информации, не входящей в состав мнемосхем, а также для реализации карт ручного ввода информации (уставок и др.).

В области видеокadra АРМ оператора доступны следующие мнемосхемы:

- факельный сепаратор (Приложение 3);
- входной насос;

На мнемосхеме «Факельный сепаратор» отображается работа следующих объектов и параметров:

- измеряемые и сигнализируемые параметры;
- измеряемые параметры трубопроводов;
- состояние и режим работы задвижек.

#### 2.8.4 Мнемознаки

На рисунке 13 представлен мнемознак аналогового параметра:

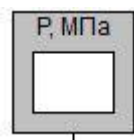


Рисунок 13 – Мнемознак

В нижней части отображается значение аналогового параметра.

Приняты следующие цвета основной для отображения аналогового параметра:

- серый цвет – параметр достоверен и в норме;
- желтый цвет – параметр достоверен и достиг допустимого (максимального или минимального) значения;
- красный цвет – параметр достоверен и достиг предельного (максимального или минимального) значения;
- темно-серый цвет – параметр недостоверен;
- коричневый цвет – параметр маскирован.

Красный цвет основной части сопровождается миганием до тех пор, пока оператор не выполнит операцию квитирования, т.е. не подтвердит факт установки аварийного состояния аналогового параметра.

В части верхней отображается единица измерения аналогового параметра.

Мнемознак задвижка имеет следующие цветовые обозначения:

- зеленый цвет – задвижка открыта;
- желтый цвет – задвижка закрыта;
- периодическая смена зеленого и желтого цветов – задвижка открывается/закрывается;
- серый цвет – неопределенное состояние.

Мнемознак факельный сепаратор показан на рисунке 14:

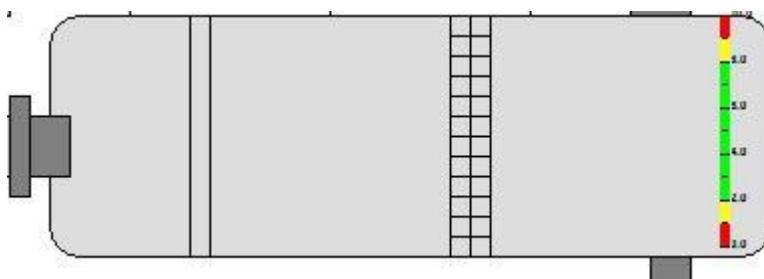


Рисунок 14 – Мнемознак факельный сепаратор

Прямоугольник белого фона используется для отображения, как дискретных состояний, так и предельных значений аналогового параметра, и принимает следующий вид:

- состояние 1 – красный цвет – предельный нижний уровень (значение дискретного параметра).
- состояние 2 – желтый цвет – допустимый нижний уровень (значение дискретного параметра);
- состояние 3 – зеленый цвет – норма;
- состояние 4 – желтый цвет) – допустимый верхний уровень (значение дискретного параметра);
- состояние 5 – красный цвета) – предельный верхний уровень (значение дискретного параметра).

Мнемознак лампочка имеет следующие цветовые обозначения:

- красный цвет – предельный уровень;

- желтый цвет – допустимый уровень;
- серый цвет – параметр в норме.

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

#### **3.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается модернизация АС блока подготовки газа, а именно сепаратора факельной системы, установки комплексной подготовки газа УКПГ.

В таблице 10 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 10– Карта сегментирования рынка

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

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

### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 11:

Таблица 11 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Повышение производительности	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
Помехоустойчивость	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
Энергоэкономичность	0,1	4	3	2	0,4	0,3	0,2
Надежность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
Безопасность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Потребность в ресурсах памяти	0,05	2	4	5	0,1	0,2	0,25
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Конкурентоспособность продукта	0,05	3	1	3	0,15	0,05	0,15
Уровень проникновения на рынок	0,05	2	4	3	0,1	0,2	0,15
Цена	0,05	2	5	5	0,1	0,25	0,25
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Послепродажное обслуживание	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3

Итого:	1	48	50	51	4	3,85	3,85
--------	---	----	----	----	---	------	------

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая модернизация АС блока сепарации, сепаратора факельной системы, установки комплексной подготовки газа УКПГ является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как меньшее увеличение производительности, более низкая устойчивость и надежность, высокая цена и низкий срок эксплуатации.

### 3.3 SWOT – анализ

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

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 12.

Таблица 12 – SWOT-анализ.

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Экономичность и энергоэффективность проекта.</p> <p>С2. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С3. Более низкая стоимость.</p> <p>С4. Актуальность разработки.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие работающего прототипа.</p> <p>Сл2. Большой срок поставок оборудования.</p> <p>Сл3. Медленный процесс вывод на рынка новой системы.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Большой потенциал применения данной системы.</p> <p>В2. Использование существующего ПО.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Большой потенциал применения обуславливается введением системы управления, мало распространенной на территории РФ и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов.</p> <p>Использование существующего программного обеспечения позволяет не тратить время и</p>	<p>Санкции, наложенные на РФ, и высокий курс евро/доллара будут ограничивать появление новых иностранных технологий на российском рынке.</p>

	деньги на создание уникального ПО.	
--	------------------------------------	--

Продолжение таблицы 12.

<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему.	Новая система управления и актуальность разработки не сказываются на спросе  Противодействие со стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя.	Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса.
---	---	--

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

Таблица 13 – Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей.

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

Таблица 14 – Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей.

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

Таблица 15 – Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз.

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4

проекта	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-

Таблица 16 – Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз.

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

### 3.4 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент-дипломник (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исп-ля	Загрузка
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Р	Р-100%
<b>Проведение НИР</b>				
Выбор направления исследования	2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р, СД	Р-50%, СД-100%
	3	Разработка и утверждение тех. задания (ТЗ)	Р, СД	Р-100%, СД-100%
	4	Календарное планирование работ	Р, СД	Р-50%, СД-100%
Теоретические и	5	Разработка структурных	СД	СД-100%



экспериментальные исследования		схем		
	6	Разработка функциональных схем	СД	СД-100%

Продолжение таблицы 17

	7	Выбор технических средств автоматизации	СД	Р-50% СД-100%
	8	Выбор алгоритмов управления	СД	Р-50% СД-100%
	9	Разработка экранной формы	СД	СД-100%
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	СД	СД-100%

### 3.5 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

В таблице 18 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

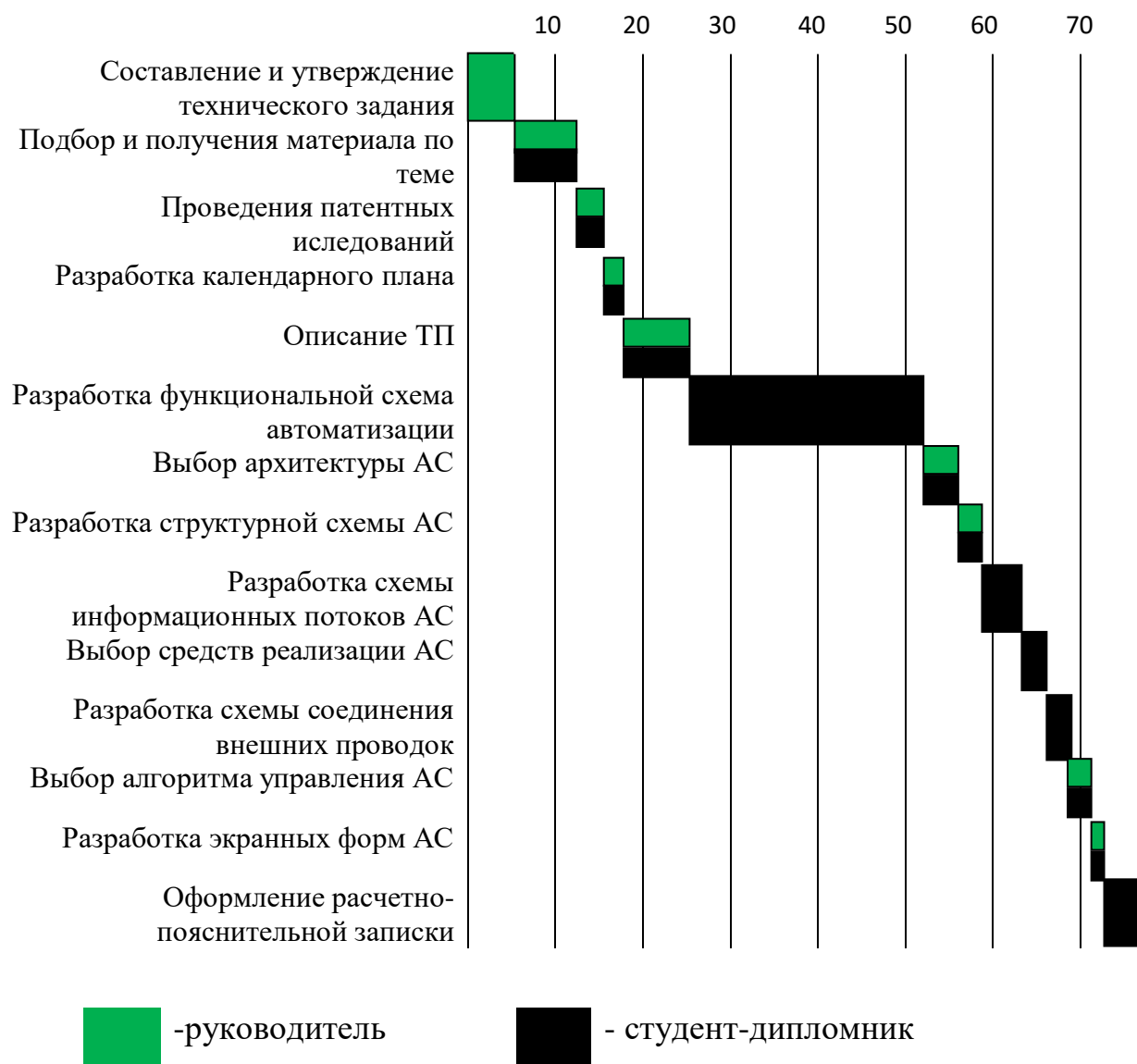
Таблица 18 – Временные показатели проведения работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					$T_{\text{Рi}}$		$T_{\text{К}}$	
		$t_{\text{min}}$	$t_{\text{max}}$	$t_{\text{ож}}$	Р	СД	Р	СД
Составление и утверждение технического задания	Р	3	5	3,8	3,8	—	5	—
Подбор и изучение материалов по теме	Р, СД	10	13	11,2	5,6	5,6	7	7
Проведение патентных исследований	Р, СД	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка календарного плана	Р, СД	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2

Описание технологического процесса	Р, СД	15	18	16,2	8,1	8,1	10	10
Разработка функциональной схема автоматизации	СД	20	24	21,6	—	21,6	—	26
Выбор архитектуры АС	Р, СД	5	7	5,8	2,9	2,9	4	4
Разработка структурной схемы АС	Р, СД	3	5	3,8	1,9	1,9	3	3
Разработка схемы информационных потоков АС	СД	4	6	4,8	—	4,8	—	3
Выбор средств реализации АС	СД	2	3	2,4	—	2,4	—	3
Разработка схемы соединения внешних проводок	СД	1	3	1,8	—	1,8	—	2
Выбор алгоритма управления АС	Р, СД	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка экранных форм АС	Р, СД	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2
Оформление расчетно-пояснительной записки	СД	3	6	4,2	—	4,2	—	5
Итого					29,9	60,9	39	76

На основе таблицы 18 построим график работ. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

## План-график



### 3.6 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.6.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

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

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

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

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

Расчеты представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы руб.
Контроллер SIMATIC S7-1200	шт.	1	143700	179625
Уровнемер ТИТАН-270У	шт.	3	65 000	224250
Датчики давления Rosemount 2051	шт.	2	73 000	167900
Расходомер MicroMotion	шт.	2	285 000	655500
Преобразователь температуры Rosemount 3144P	шт.	1	117 500	135125
Электропривод Auma Matic D-79379	шт.	2	132 000	330000
Итого:				1692400

#### 3.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования

MicroLogix 1200. В таблице 21 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования руб.	Общая стоимость руб.
Simplight	1	18 000	18000
итого:			18000

### 3.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 22.

Таблица 22 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб	Районный коэффициент, %	Месячный должностной оклад работника, руб	Среднедневная заработная плата руб.	Продолжительность работ, дней	Заработная плата основная, руб.
Руководитель	24960	30	32448	1471,33	29,9	43992,66
Инженер	9489	30	12335,7	559,35	60,9	34064,51
Итого:						78057,17

### 3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений определяется по формуле:

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

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

На 2018 г. взнос в социальные фонды установлен в размере 30% от заработной платы.

Все расчеты сведены в таблицу 23

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб
Руководитель проекта	43992,66
Студент	34064,51
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,00
Итого:	23417,15

### 3.6.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование, оплата электроэнергии, оплата пользования услугами и пр.

Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 15%.

$$Z_{\text{накл}} = (1692400 + 18000 + 78057,17 + 23417,15) \cdot 0,15 = 271781,14 \text{ руб}$$

Где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

### 3.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 24:

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	1692400
2. Затраты на специальное оборудование	18000
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	78057,17

4. Отчисления во внебюджетные фонды	23417,15
5. Накладные расходы	271781,14
6. Бюджет затрат НТИ	2083655,46

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

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

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$r_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{2083655,46}{4500000} = 0.46$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией ООО «Нефтегазинжинг». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования Siemens и Метран;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО «Энергогазпроект». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Yokogawa.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов составляет:

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат	2083655,46	4500000	4300000

Для аналогов соответственно:

$$I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{4500000}{4500000} = 1; I_{\text{фина1}}^{a2} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{4300000}{4500000} = 0,956;$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.



Таблица 25–Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1.Повышение роста производительности труда пользователя	0,25	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	5
3. Надёжность	0,25	4	4	4
4. Экономичность	0,25	5	4	4
5. Помехоустойчивость	0,1	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	4,15

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,1 = 4,6;$$

$$\text{Аналог 1} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,4;$$

$$\text{Аналог 2} = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 4,15.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{\text{финр}}^p$ ) и аналога ( $I_{\text{финаi}}^{ai}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p}; I_{\text{финаi}}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{\text{финаi}}^{ai}};$$

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{4.6}{0.46} = 10; I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{4.4}{1} = 4.4; I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{4.15}{0.956} = 4.15.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финаi}^{ai}}$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 3.13.

Таблица 26– Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,46	1	0,956
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,4	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	10	4,4	4,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	–	1,18	1,20

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

## **4. Социальная ответственность**

### **Введение**

В ВКР рассматривается разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом факельным сепаратором 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 блока подготовки газа, а именно факельным сепаратором установки комплексной подготовки газа. 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 блок подготовки метанола, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

## Датчики

### Датчик расхода

Для измерения расхода был выбран вихревой расходомер Micro Motion.

Кориолисовый расходомеры предназначены для измерения объемного расхода газов, пара и жидкостей в заполненных продуктом трубопроводах.

#### **Основные технические характеристики расходомера Micro Motion:**

- Принцип действия: кориолисовый,
- Температура окружающей среды: -40 °С +65 °С (для взрывозащищенных версий),
- Погрешность:  $\pm 0,5\%$  для газов и пара;  $\pm 0,1\%$  для жидкостей, газов и пара,
- Температура продукта: -100 °С +204 °С,
- Измеряемые продукты: жидкости, газы и пар,
- Рабочее давление: 430бар
- Фланцевое исполнение: от DN6 до DN80;
- Напряжение питания: 14...30 В постоянного тока,
- Выходной сигнал: 4...20 мА/HART®,
- Взрывозащищённое исполнение: есть.

Среднее время наработки на отказ составляет 270 000 ч.

### Датчик давления

Был выбран преобразователь давления Rosemount 2051. Преобразователь давления Rosemount 2051 с интерфейсом HART объединяет в себе высочайшую точность и простоту управления. Он служит для измерения относительного и абсолютного давлений газов, паров и

жидкостей. В искробезопасном исполнении «Ex ia» прибор может монтироваться до зоны 0.

Корпус и сенсоры изготовлены из высококачественной нержавеющей стали. Для применений с повышенными гигиеническими требованиями в распоряжении имеются различные подключения заподлицо, в том числе и сертифицированная EHEDG система подключения РЕКА.

Для измерения давления сред с повышенной температурой существуют специальные высокотемпературные исполнения до 200°C.

Для специальных применений имеется возможность подключения к различным мембранным разделителям.

### **Основные технические характеристики датчика давления Rosemount 2051:**

- Сенсор: мембрана из нерж. стали, пьезорезистивный принцип измерения;
- Диапазоны измерения:
  - -0,06...0,06; -0,1...0,4 / 2,5 / 10 / 60 МПа (отн. давления);
  - 0... 0,06 / 0,4 / 2,5 / 10 МПа (абс. давления);
- Перенастройка диапазона измерений: до 100:1,
- Выходной сигнал: 4-20 мА или 4-20 мА + HART,
- Погрешность: 0,5%; 0,2%; 0,1%; 0,07% (спец. калибровка),
- Межповерочный интервал: до 4 лет,
- Температура измеряемой среды: -40...+120°C или -40...+200°C,
- Температура окружающей среды: -50...+85°C,
- Конструктивное исполнение:
  - стандартное, IP 67;
  - искробезопасное (Ex ia), IP 66;
- Корпус: из нерж. стали, модульная конструкция, стандартное или компактное исполнение, с поворотной кнопкой управления и с ЖК-дисплеем (или без них),

- Подключение к процессу: штуцер с резьбой M20x1,5 / G 1/2" / 1/2" NPT мембранный разделитель по DIN/ANSI.

Среднее время наработки на отказ 120 000 часов.

### **Датчик температуры**

В качестве датчиков температуры были выбраны термоэлемент Rosemount 3144P.

Термоэлемент состоит из защитной арматуры с различными присоединениями к процессу, присоединительной головки и сменной измерительной вставки. Защитная арматура изготовлена с учетом требований к сосудам, работающим под давлением. В измерительной вставке используются термопары типов «J», «L» и «K» согласно DIN EN 60 584 класс 2 (по запросу возможен класс 1) и DIN 43710, а также ХК (хромель-копель) по ГОСТ 1790-77.

Для передачи измеренных значений с помощью унифицированного сигнала 4...20 мА или через HART ® возможна установка программируемого измерительного преобразователя в искробезопасном исполнении Ex ia ПС.

Для измерения температуры во взрывоопасных зонах поставляются исполнения с искробезопасной цепью Ex ia ПС и /или во взрывонепроницаемой оболочке EExd ПС.

### **Основные технические характеристики датчика температуры**

#### **Rosemount 3144P:**

<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
Измерительный принцип:	температурозависимый измерительный резистор
Диапазон измерения	-50...+200°C
:	
Датчик:	Pt 100 - простой или двойной датчик (1xPt100 или 2xPt 100)
Точность:	класс А или класс В (другие на заказ)

Температура среды:	окр. -40. ..+150 °Сс керамической клеммной базой-40...+85 "С(с преобразователем)
Рабочее давление:	в завис, от термокармана
Соединительная головка:	форма В с цепью
Материалы:	
Датчик:	нерж.сталь 1.4571(за исключением: TWL-D)
Термокарман:	нерж.сталь 1.4571(за исключением: TWL-D)с монтажной резьбой, фланцемили приварным рукавом
Колено трубки:	нерж.сталь 1.4571(за исключением: TWL-D)
Соединительная головка:	окрашенный алюминий
Клеммная база:	керамика (без трансмиттера)
Электр, присоед:	2-,3-или 4-проводной

### **Уровнемер**

В результате анализа был выбран радарный уровнемер (TDR) ТИТАН-270У.

#### **Основные технические характеристики уровнемера ТИТАН-270У:**

Диапазон измерений уровня	0,5 – 20 м
Выходной сигнал	4...20 мА, HART-протокол RS-485 / Modbus RTU
Предел допускаяемой основной приведенной погрешности измерений	±0,15 %
Температура окружающего воздуха	от –40 до +70 °С
Регулирование измерения	чувствительности 3 степени (LOW — MEDIUM — HIGH )

Механическое соединение	резьбовое соединение G1"/фланец из алюминиевого сплава
Потребляемый ток, не более, мА	20
Средний срок службы, лет	12 лет
Степень защиты корпуса	IP67
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIIС(T5/T6)X, 1ExibIIС(T5/T6)X, 1ExdIIС(T5/T6)X
Масса датчика	0,3 кг
Средняя наработка на отказ составляет	100 000 ч.

Система автоматизации структурно представлена на рисунке 1.

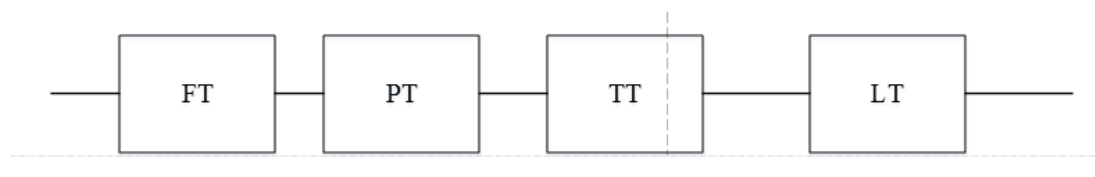


Рисунок 1 – Приборы КИПиА

Для повышения надежности необходимо резервировать систему.

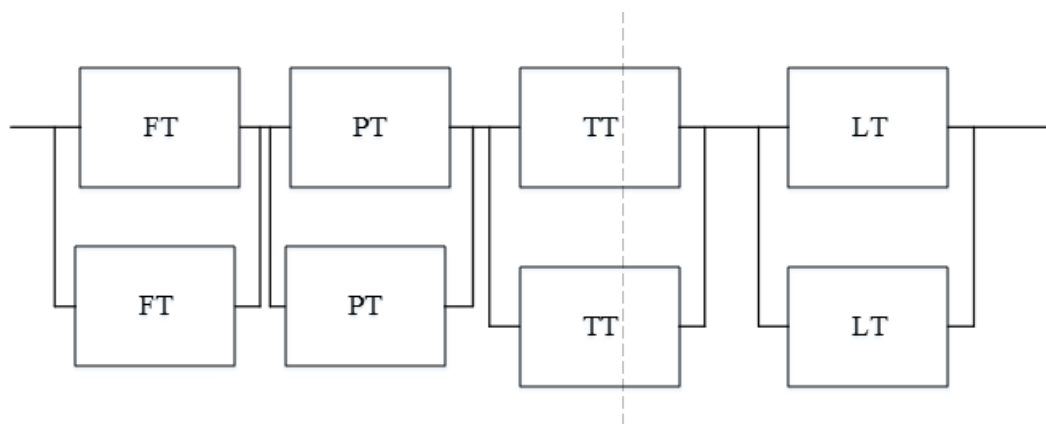


Рисунок 2 – Резервирование приборов КИПиА

Таким образом резервирование позволяет повысить надежность системы.

### **Связь контроллера и оператора**

Связь контроллера с компьютером идет по протоколу Modbus RTU с интерфейсом RS-485. Для защиты информации используется опрос проверки контрольной суммы.

Контрольная сумма (хеш) — определенное значение рассчитанное для



данных с помощью известных алгоритмов. Предназначается для проверки целостности данных при передаче.

В ВКР используется циклический избыточный код CR8. Применяется для проверки целостности передачи данных. Программы-архиваторы включают CRC исходных данных в созданный архив для того, чтобы получающий мог удостовериться в корректности полученных данных. Такая контрольная сумма проста в реализации и обеспечивает низкую вероятность возникновения коллизий.

## Интерфейс

В ВКР используется SCADA система TRACE Mode. У оператора выведена мнемосхема.

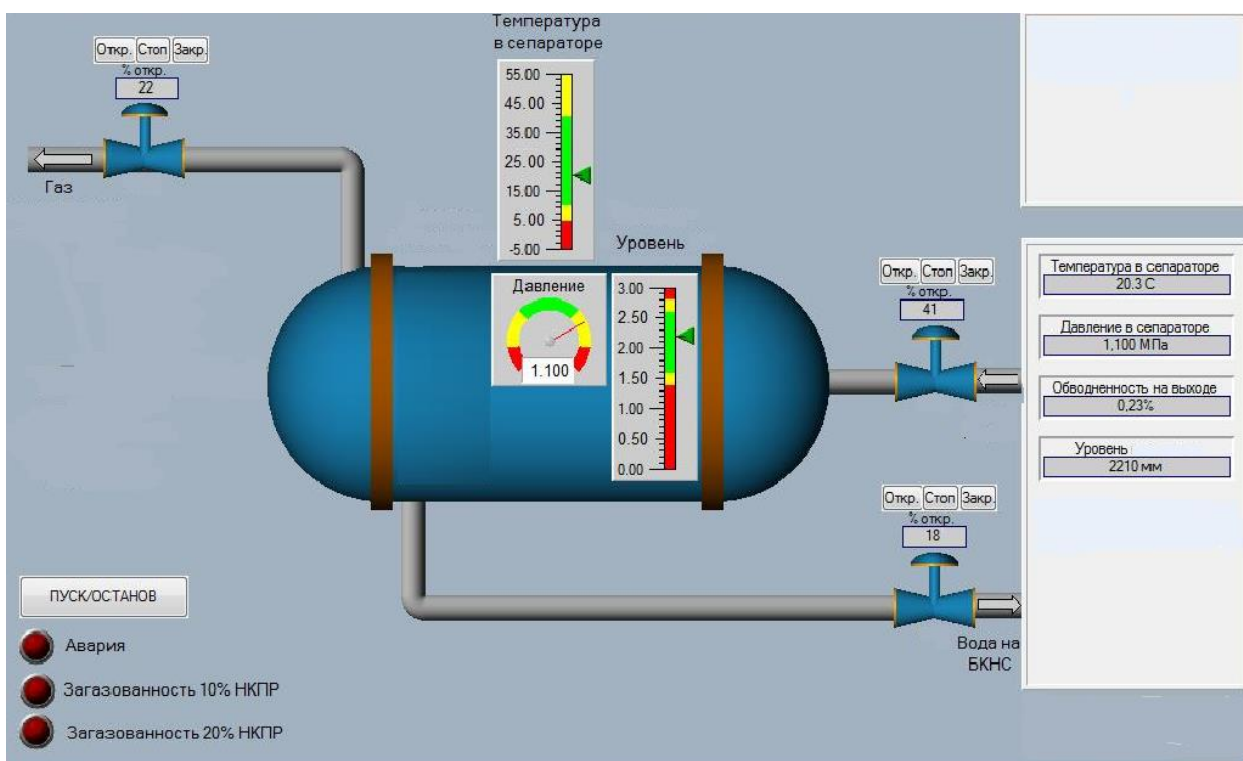


Рисунок 15 – Мнемосхема. Главное меню

В главном меню расположены кнопки и индикаторы, выполняющие следующие функции:

- кнопка-индикатор «Высокая температура» – сигнализирует о превышении температуры ГЖС в разделителе;
- кнопка-индикатор «Высокое давление» – сигнализирует о превышении давления ГЖС в разделителе;
- кнопка «Пуск не выполнен» – Пуск работы;
- кнопка «Аварийный СТОП» – Аварийное отключение работы разделителя жидкости Р-1;
- кнопки-индикаторы «Низкий уровень», «Высокий уровень» – отображение состояния уровня ГЖС в разделителе.

Для защиты данных при входе в систему необходимо ввести логин и пароль.

У каждого пользователя разный уровень доступа к мнемосхеме.

## Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система блока подготовки газа (сепаратора факельной системы) установки комплексной подготовки газа. Был изучен технологический процесс комплексной подготовки газа, разработали структурную схему и функциональную схему автоматизации блока сепарации газа, определили состав необходимого для реализации АС оборудования. Был исследован рынок российских промышленных датчиков. На базе ПЛК от производителя Siemens спроектирована система автоматизации блока сепарации. Так же была разработана схема внешних проводок, были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы.

Также при разработке, было предложено технико-экономическое обоснование проекта. Был произведен анализ конкурентоспособности, рассчитан бюджет НИР.

В разделе социальная ответственность было рассмотрено рабочее место оператора АСУ ТП. Описано рабочее место оператора АРМ, опасные и вредные факторы, были рассмотрены законодательные и нормативные документы.

Таким образом, спроектированная САУ блока подготовки газа не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиям.

## Список используемых источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. 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 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 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.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России, 2003.
10. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

13. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.

14. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

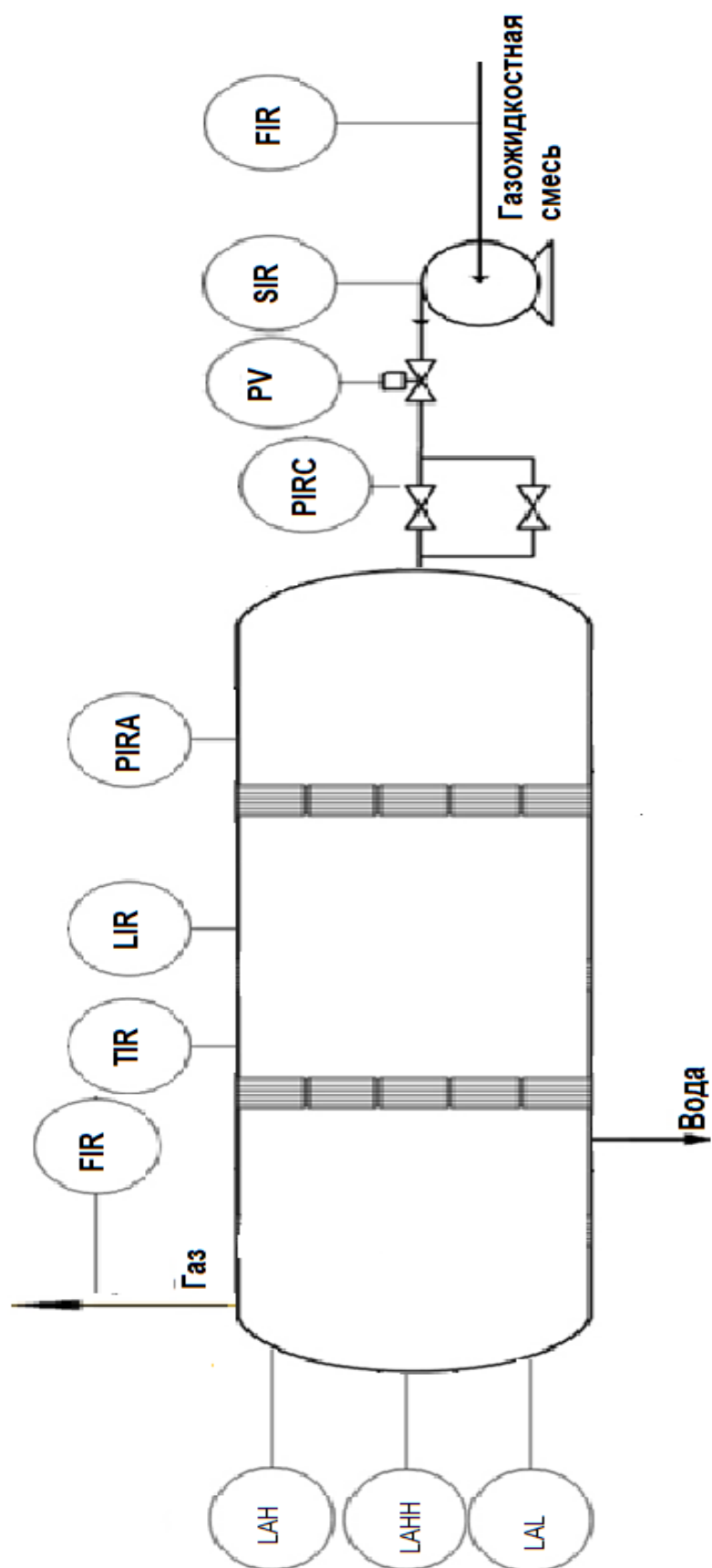
15. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

16. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности.

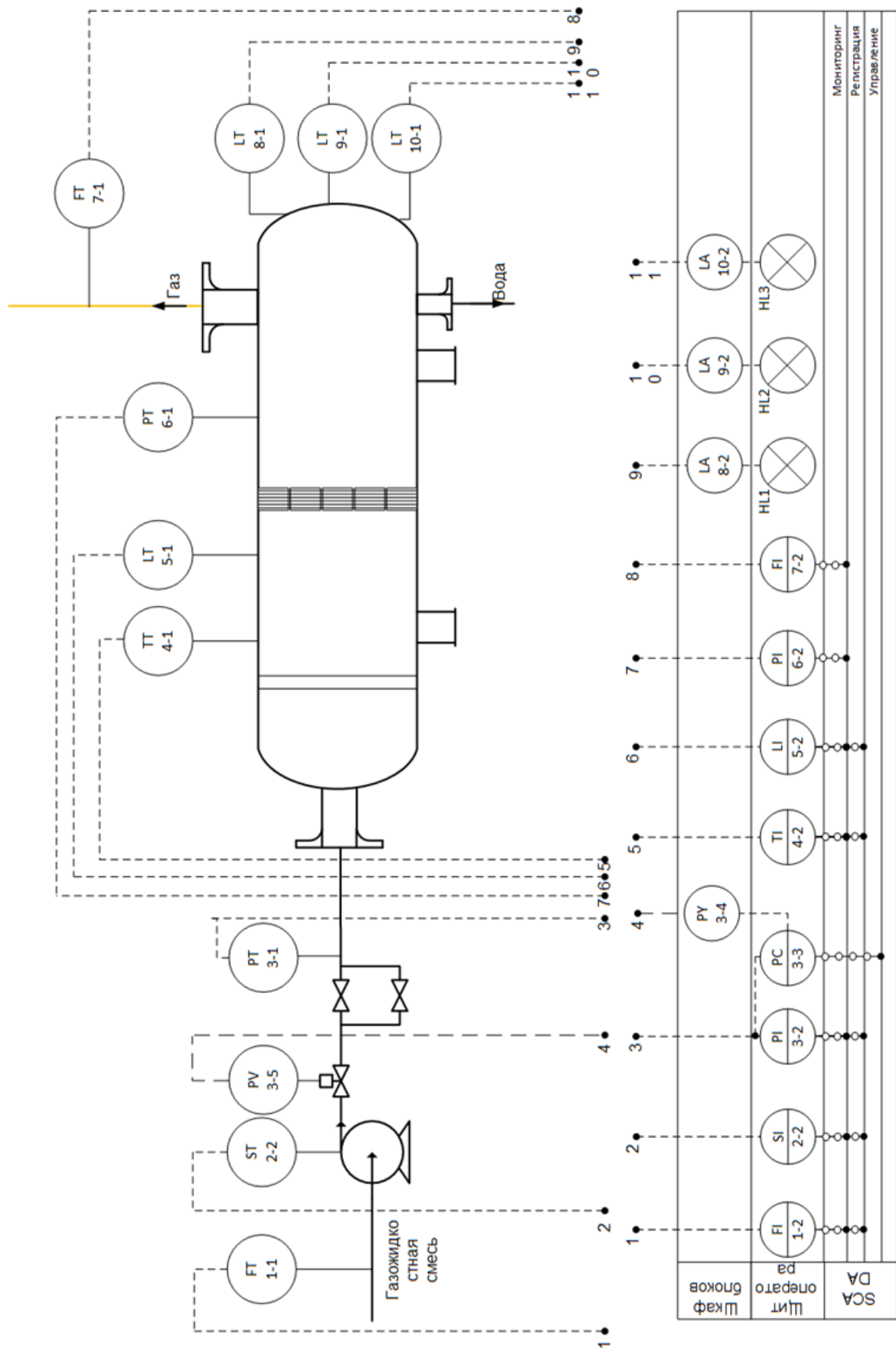
17. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197–ФЗ.

# Приложение А



## Приложение Б



# Приложение В

