

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование автоматизированной системы управления блоком теплообменников установки комплексной подготовки газа УДК 681.51:004.896:66.045.1:622.279.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Мадалиев Акбархон Абдурашид угли		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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"> 1 Описание технологического процесса 2 Выбор архитектуры АС 3 Разработка структурной схемы АС 4 Функциональная схема автоматизации 5 Разработка схемы информационных потоков АС 6 Выбор средств реализации АС 7 Разработка схемы соединения внешних проводок 8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 9 Разработка экранных форм АС
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio 2 Перечень входных/выходных сигналов ТП 3 Схема соединения внешних проводок, выполненная в Visio 4 Схема информационных потоков 5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab 6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма 7 Дерево экранных форм 8 SCADA-формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта 9 Обобщенная структура управления АС 10 Трехуровневая структура АС

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП Матвиенко Владимир Владиславович

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Мадалиев Акбархон Абдурашид угли		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Мадалиев Акбархон Абдурашид угли

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ, ставка дисконтирования $i=0.1$)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К. Э. Н.		27.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Мадалиев Акбархон Абдурашид угли		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Мадалиеву Акбархону Абдурашиду угли

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Автоматизации робототехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Проектирование автоматизированной системы управления блоком теплообменников установки комплексной подготовки газа

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (рабочая зона) и области его применения	<i>Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоне является место за персональным компьютером. Область применения автоматизация в нефтегазовой отрасли. Объект исследования блок теплообменников</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Отклонение показателей микроклимата; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Повышенный уровень шума; – Поражение электрическим током.
3. Экологическая безопасность:	– Воздействие на атмосферу, выбросы вредных веществ.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Пожар; – Взрыв. – Правила эксплуатации огнетушителя ОП-4

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Отделение общетехнических дисциплин, Ассистент	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Мадалиев Акбархон Абдурашид угли		

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2020 г.	Основная часть	60
04.05.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
04.05.2020 г.	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н, доцент		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 99 страниц, 16 таблиц, 18 рисунков, 17 источников литературы, 7 приложений.

Ключевые слова: Теплообменник, автоматизированная система управления, трехуровневая структурная схема, программируемый логический контроллер, электронные датчики, SCADA, экранные формы.

Объектом исследования является факельный сепаратор.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование системы автоматизации блока теплообменников установки комплексной подготовки газа на базе современного оборудования и программного обеспечения.

В результате работы проведен подбор комплекса аппаратно-технических средств, спроектированы схемы, отражающие объем автоматизации и его функциональные свойства, разработана схема внешних проводок для подключения оборудования КИПиА, разработаны алгоритмы управления и сбора данных.

Моделирование части системы осуществлялось в программе MATLAB, а визуализация происходящих процессов стала возможной благодаря SCADA системе Master SCADA.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013, схемы разработаны в Microsoft Visio 2013, презентация создана в Microsoft PowerPoint 2013. Макет мнемосхеме в Master SCADA.

Оглавление

Термины и определения.....	12
1. Описание технологического процесса	17
1.1 Принцип работы УКПГ	17
1.2 Абсорбационная сушка газа	20
2.Разработка автоматизированной системы	22
2.1 Разработка технического задания.....	22
2.2 Система автоматизированного управления	22
2.3 Структура и функции системы автоматического управления	23
2.4Реализация структурной схемы.....	25
2.5 Функциональная схема автоматизации.....	27
2.6 Разработка схемы информационных потоков	28
3.1 Выбор датчиков	32
3.1.1 Выбор расходомера	32
3.1.2 Выбор датчиков давления.....	33
3.1.3 Выбор датчика температуры.....	35
3.1.4 Выбор уровнемера.....	37
3.1.5. Выбор влагомера	38
3.2 Выбор исполнительных механизмов.....	40
3.2.1 Выбор регулирующего клапана.....	40
3.2.2 Выбор регулятор асинхронного двигателя	42
3.3 Выбор контроллерного оборудования	43
4.Разработка алгоритмов и SCADA	49
4.3 Разработка экранных форм АС теплообменника УКПГ	52
4.3.1 SCADA система для создания экранных форм.....	52

4.3.2	Разработка дерева экранных форм	54
4.3.3	Разработка экранных форм АС.....	54
4.3.4	Главное меню.....	54
4.3.5	Область видеокadra.....	55
5.1	Организация и планирование работ	57
5.1.1	Продолжительность этапов работ	59
5.2	Расчет затрат на выполнение проекта	60
5.2.1	Расчёт затрат на материалы	61
5.2.2	Расчет заработной платы	61
5.2.3	Расчет затрат на социальный налог	62
5.2.4	Расчет затрат на электроэнергию	63
5.2.5	Расчет амортизационных расходов	64
5.2.7	Расчет прочих расходов	65
5.2.8	Расчет общей себестоимости	66
5.2.9	Расчет прибыли	66
5.2.10	Расчет НДС	66
5.2.11	Цена разработки НИР	67
5.3	Оценка экономической эффективности проекта	67
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
6.2	Производственная безопасность	72
6.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	72
6.2.1.1	Отклонения показателей микроклимата	73
6.2.1.2	Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света.....	75
6.2.1.3	Повышенный уровень шума	76
6.2.1.4	Электробезопасность	78
6.3	Экологическая безопасность	79

6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	81
6.4.1	Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований	82
6.4.2	Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований	83
6.4.3	Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации	83
	Заключение.....	86
	Приложение А (обязательное) Функциональная схема автоматизации упрощенного типа	90
	Приложение Б (обязательное) Техническое задание	91
	Приложение В (обязательное) Функциональная схема автоматизации равернутого типа.....	95
	Приложение Г (обязательное) Схема информационных потоков	95
	Приложение Д (обязательное) Схема внешних проводок	97
	Приложение Е (обязательное) Алгоритм сбора данных	97
	Приложение Ж (обязательное) Мнемосхема.....	99

Термины и определения

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система (АС): Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации;

автоматизированное рабочее место (АРМ): Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы;

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

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

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

протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, ProfibusDP, ModbusRTU, Modbus +, CAN, DeviceNet): Набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами;

система управления базами данных (СУБД): Совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным;

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

SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных): Инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных;

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

объект управления: Устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления;

программируемый логический контроллер (ПЛК): Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. ПЛК являются устройствами реального времени;

диспетчерский пункт (ДП): Центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства;

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

корпоративная информационная система (КИС): Масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления;

автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП): Комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершенный продукт;

пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД-регулятор): Устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

Обозначения и сокращения

В представленной работе используются следующие 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;

ANSI/ISA (American National Standards Institute/ Instrument Society of America) – американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей;

IP (International Protection) – степень защиты;

ИУС – информационно-управляющая система;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

САР – система автоматического регулирования;

ПО – программное обеспечение;

ПТК – программно-технический комплекс;

ИМ – исполнительный механизм;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

БД – база данных.

Введение

На сегодняшний день в связи увеличивающимся износом оборудования и растущими требованиями к качеству нефтепродуктов стабильное и правильное регулирование режима работы и обеспечение надежной, безаварийной работы автоматизированного оборудования установки является актуальной задачей.

Верхний уровень АСУ ТП установки реализован на базе современной системы управления SCADA системы Master SCADA. Master SCADA полностью реализует все функции, необходимые для эффективной работы АСУ ТП, однако многие средства нижнего уровня морально устарели.

На сегодняшний день в связи увеличивающимся износом оборудования и растущими требованиями к качеству нефтепродуктов стабильное и правильное регулирование режима работы и обеспечение надежной, безаварийной работы автоматизированного оборудования установки является актуальной задачей.

1 Описание технологического процесса

1.1 Принцип работы УКПГ

Модульная установка комплексной подготовки газа предназначена для очистки в промышленных условиях природного или попутного нефтяного газасреднего и высокого давления от воды, сероводорода, меркаптанов и тяжелых углеводородов, с получением обессеренного сухого отбензиненного газа с заданными температурами точки росы по воде и углеводородам, а также серы.

Принципиальная схема УКПГ приведена на рисунке 1.

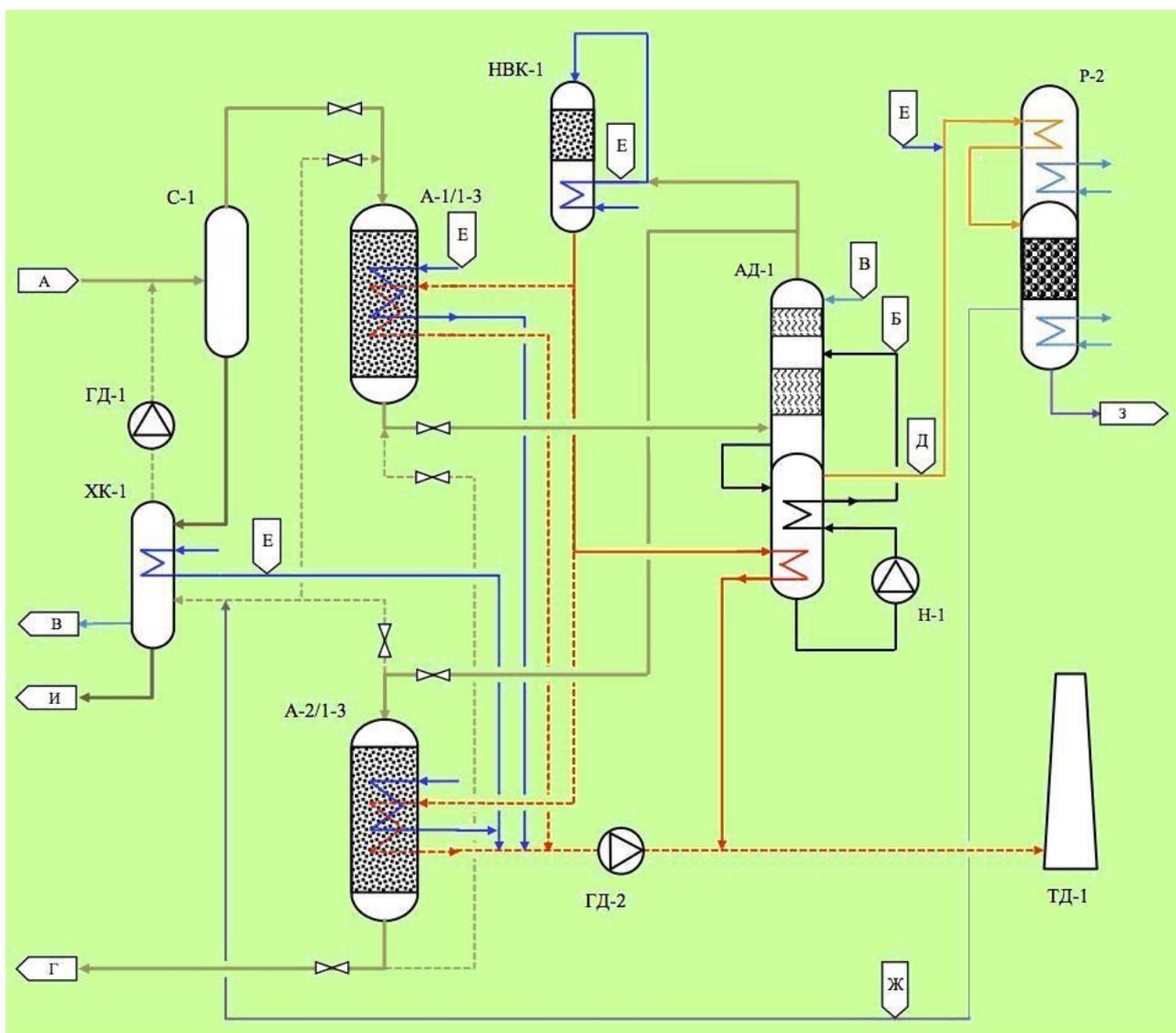


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки комплексной подготовки газа

Очистка газа последовательно предусматривает адсорбционную очистку от тяжелых углеводородов и меркаптанов, аминовую очистку от сероводорода и адсорбционную осушку. Кислый газ, получаемый при аминовой очистке, подвергают прямому окислению с получением серы, отходящий газ рециркулируют. Из десорбатов, получаемых при регенерации абсорбентов, выделяют углеводородный конденсат и воду.

В состав установки входят:

- узел очистки газа от капельной жидкости,
 - узел адсорбционной очистки от меркаптанов и тяжелых углеводородов,
 - узел аминовой очистки,
 - узел адсорбционной осушки,
 - узел выделения углеводородного конденсата и воды,
 - узел каталитического окисления сероводорода с получением серы,
- а также система нагрева и охлаждения технологического оборудования, трубная обвязка с комплектом запорной, регулирующей и предохранительной арматуры и средствами КИПиА.

Установка размещается на четырех технологических и двух вспомогательных транспортируемых блок-модулях размером 3х3х9 м и занимает в плане площадь 9х9 м без учета вспомогательного оборудования, противопожарных разрывов и проездов.

Установка поставляется в полной заводской готовности, подключается к коммуникациям гибкими металлорукавами, требует минимальных сроков и объемов монтажных работ для запуска в эксплуатацию.

Сырьевой газ (А) в смеси с рецикловым газом подают для очистки от капельной влаги в газовый сепаратор С-1, далее направляют в адсорбер тяжелых углеводородов и меркаптанов А-1/1, заполненный синтетическим углеродным адсорбентом, отбензиненный газ направляют на аминовую очистку. Адсорберы оснащены встроенными теплообменными элементами спирально-радиального типа для косвенного подогрева/охлаждения адсорбента.

После проскока тяжелых углеводородов или меркаптанов поток сырьевого газа переключают на адсорбер А-1/3, находившийся на стадии ожидания.

В трехсекционном абсорбере/десорбере АД-1 сероводород содержащий газ очищают водным раствором метилдиэтанолamina (Б), промывают водным конденсатом (В) и направляют в адсорбер паров воды А-2/1, заполненный композитным адсорбентом, подготовленный газ (Г) выводят с установки. Адсорберы А-2/1-3 также оснащены устройствами для косвенного подогрева/охлаждения адсорбента. После проскока влаги поток газа переключают на адсорбер А-2/3, находившийся на стадии ожидания.

Кислый газ (Д) смешивают с воздухом (Е), подаваемым в количестве, меньшем, чем стехиометрическое, окисляют сероводород в реакторе Р-1 с неподвижным слоем катализатора до серы, отходящий газ (Ж) направляют на рециркуляцию в ХК-1. Серу конденсируют и выводят (З) с установки для последующего охлаждения с получением комовой серы или на гранулирование.

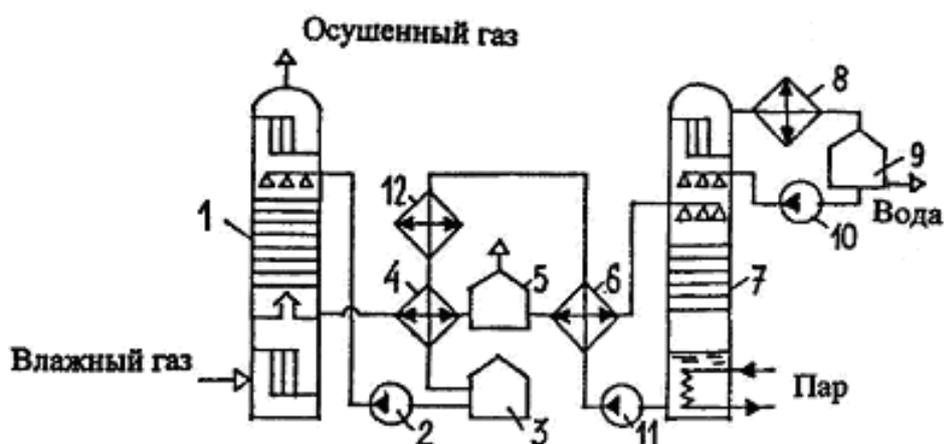
Регенерацию адсорбентов проводят при (130-150) °С (температура десорбции) подавая во внутреннее пространство встроенных теплообменных элементов адсорберов А-1/2 и А-2/2 нагретый воздух, получаемый в каталитическом подогревателе воздуха НВК-1, а также небольшой поток подготовленного газа (до 3%к расходу сырьевого газа) в качестве вытеснителя. Десорбат охлаждают атмосферным воздухом в холодильнике-конденсаторе ХК-1, сконденсированные углеводородный (И) и водный конденсат (В) выводят с установки. Водный конденсат частично используют для промывки газа в АД-1. Охлажденный газ газодувкой ГД-1 рециркулируют в поток сырьевого газа.

По окончании регенерации адсорберы А-1/2 и А-2/2 охлаждают продувкой атмосферным воздухом и переводят в режим ожидания. Периодически, по мере сокращения продолжительности адсорбционного цикла из-за накопления в адсорберах остаточных тяжелых углеводородов, проводят углубленную регенерацию адсорбентов путем нагрева до (200-250) °С.

Часть обессеренного газа используют в качестве топлива в НВК-1, где его смешивают с 4-5-ти кратным избытком воздуха, подогретого до 300-350°С. Углеводороды топлива окисляются в беспламенном режиме на катализаторе блочно-сотового типа до углекислого газа и воды. Суммарное содержание окислов азота и СО при этом не превышает 10 мг/м³. Подогретый воздух с температурой (750 – 800) °С охлаждают до (400 – 450) °С, подогревая воздух, подаваемый в НВК-1, и направляют на нагрев адсорберов А-1/2 и А-2/2, находящихся на стадии регенерации, а также на подогрев регенерационной секции АД-1, и далее газодувкой ГД-2 выводят в дымовую трубу ТД-1.

Степень отбензинивания газа регулируют по заданию изменением режимных параметров. Глубина осушки постоянна и составляет минус 60°С. Температуру в аппаратах поддерживают на оптимальном уровне, обеспечивающем заданную глубину очистки с помощью системы нагрева и охлаждения (на схеме показана условно). Используемые адсорбенты, абсорбенты и катализаторы допущены к применению в нефтегазовой промышленности и производятся российскими предприятиями.

1.2 Абсорбционная сушка газа



1 - абсорбер; 2, 10, 11 - насосы; 3, 9 - емкости; 4, 6 - теплообменники; 5 - выветриватель; 7 – десорбер (выпарная колонна); 8 - конденсатор - холодильник; 12-холодильник

Рисунок 2 – Принципиальная технологическая схема абсорбционной осушки газа

Газ, требующий осушки, поступает в абсорбер 1. В нижней скрубберной секции он очищается от взвешенных капель жидкости и поднимается вверх, проходя через систему тарелок.

Навстречу газу по тарелкам стекает концентрированный раствор ДЭГ, закачиваемый в абсорбер насосом 2 из емкости 3.

Раствор ДЭГ поглощает пары воды. Далее газ проходит через верхнюю скрубберную секцию, где освобождается от захваченных капель раствора и выходит из аппарата.

Остальная часть технологической схемы служит для восстановления абсорбента. Использованный раствор ДЭГ, содержащий 2...2,5 % воды, отбирается с нижней глухой тарелки абсорбера 1, подогревается в теплообменнике 4 встречным потоком регенерированного раствора и направляется в выветриватель 5, где освобождается от неконденсирующихся газов. Далее раствор снова подогревается в теплообменнике 6 и поступает в десорбер (выпарную колонну) 7.

Выпарная колонна состоит из двух частей: собственно колонны тарельчатого типа, в которой из раствора ДЭГ, стекающего вниз выпаривается влага встречным потоком острого водяного пара и паров ДЭГ (верхняя основная часть колонны) и кипятыльника (нижняя часть колонны), где происходит нагревание раствора до температуры (150 – 160) °С и испарение воды.

Водяной пар из десорбера поступает в конденсатор-холодильник 8, где он конденсируется и собирается в емкости 9.

Часть полученной воды насосом 10 закачивается в верхнюю часть колонны, чтобы несколько снизить там температуру и уменьшить испарение, а, соответственно, и унос ДЭГ.

Регенерированный горячий раствор ДЭГ прокачивается через теплообменники 6 и 4, холодильник 12 и поступает в емкость 3.

2 Разработка автоматизированной системы

2.1 Разработка технического задания

Техническое задание (ТЗ) содержит требования к разрабатываемой автоматизированной системе. ТЗ включает общие сведения, требования к функциональности и внешнему виду, состав системы и предполагаемые виды работ. Техническое задание должно содержать чёткие формулировки, подробные описания, поясняющие рисунки и схемы. ТЗ позволяет разработчику ознакомиться со всеми требованиями и разработать систему, которая будет удовлетворять требования заказчика.

При подготовке технического задания учитывается:

- тип описываемого объекта (программное обеспечение, аппаратное обеспечение, услуга и т.д.);
- цель создания технического задания;
- требования к оформлению (по шаблону заказчика или по ГОСТ);
- необходимость корректировки технического задания по мере работы над проектом;

Разработанное в соответствии с требованиями ГОСТ 34.602-89, ГОСТ 21.208-2013, ГОСТ 21.408-2013, техническое задание приведено в приложении Б.

2.2 Система автоматизированного управления

В соответствии с разработанным техническим заданием, необходимо разработать:

- схему автоматизации развернутого типа по ГОСТ 21.208-2013 и ГОСТ 21.408-2013;
- схему внешних соединений с подбором кабелей;
- структурную схему автоматизации;
- мнемосхему технологического процесса;

- алгоритмы сбора данных и автоматического регулирования;
- провести подбор комплекса аппаратно-технических средств по техническому заданию.

2.3 Структура и функции системы автоматического управления

Управление насосным агрегатом который направляет ГЖС в теплообменник осуществляется в двух режимах: «местный» или «дистанционный» (режим «дистанционный» задается с АРМ оператора).

Если режим «дистанционный» не задан, осуществляется управление насосом кнопками по месту (включение / отключение);

Архитектура АСУ УКПГ носит централизованный характер, т.е. имеет в своем составе для нескольких технологических объектов один микропроцессорный контроллер.

В состав АСУ входят следующие составные части:

- а) АРМ оператора;
- б) уровень микропроцессорного контролера;
- в) уровень полевых приборов.

Функцию взаимодействия диспетчерского пункта с технологическим оборудованием в системе контроля и управления несет микропроцессорный контроллер, который является основой любой системы диспетчерского контроля и управления.

Блоки теплообменников по оборудованию и протекающим в них технологическим процессам сравнительно легко поддаются автоматизации. Процессы, связанные с пуском, остановом и контролем за состоянием теплообменников и входящего в состав силового оборудования, осуществляются в строго установленной последовательности автоматически, без непосредственного участия обслуживающего персонала.

На УКПГ автоматически выполняются следующие операции:

- пуск и останов агрегатов с выдержкой по времени как перед пуском после получения импульса управления, так и между отдельными операциями;

- включение одного или нескольких насосных агрегатов в установленной последовательности, причем включение производится либо на полное напряжение (прямой пуск), либо на пониженное с последующим включением на полное напряжение после установленной выдержки (ступенчатый пуск);

- создание и поддержание необходимого разрежения во всасывающем трубопроводе и насосе перед пуском, если он не находится под заливом;

- открытие и закрытие задвижек на трубопроводах в определенном порядке при пуске и останове насосов;

- контроль за выполнением установленного режима при пуске, работе и останове насосов, отключение работающего насоса при нарушении режима его работы и включение резервного насоса;

- передача сигналов о работе насосных агрегатов и аварийных ситуациях на диспетчерский пункт;

- защита насосных агрегатов при перегреве подшипников, вследствие работы насоса без залива, при перегрузке приводного электродвигателя и т.п.

В подогревателе может проводиться автоматическое регулирование подачи газа и регулирование температуры. Оно может осуществляться либо на входе воды в печь, либо на выходе из него путем дросселирования задвижками на трубопроводах или изменением скорости вращения насоса. Проводятся контроль за давлением нефти во всасывающей и напорной линиях насосов, температурой подшипников и сальников. При появлении перечисленных недопустимых отклонений срабатывает реле защиты, выключая агрегаты из работы. Последующее включение агрегатов в работу возможно лишь после устранения неполадок.

Система управления УКПГ предназначена для автоматического контроля технологических параметров и текущего состояния оборудования, автоматического или ручного дистанционного управления оборудованием

насосных станций с целью поддержания требуемых значений давления нагнетания воды в скважины.

2.4 Реализация структурной схемы

Объектом управления является УКПГ. В абсорберах осуществляется замер перепада давления, уровня газа, в подогревателе температуры, а в трубопроводах – давления на всасывании насосного агрегата, также давление и температура газа, поступающего в печь. Исполнительными устройствами являются клапаны с электроприводом.

Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой. Трехуровневая структура приведена на рисунке 3.

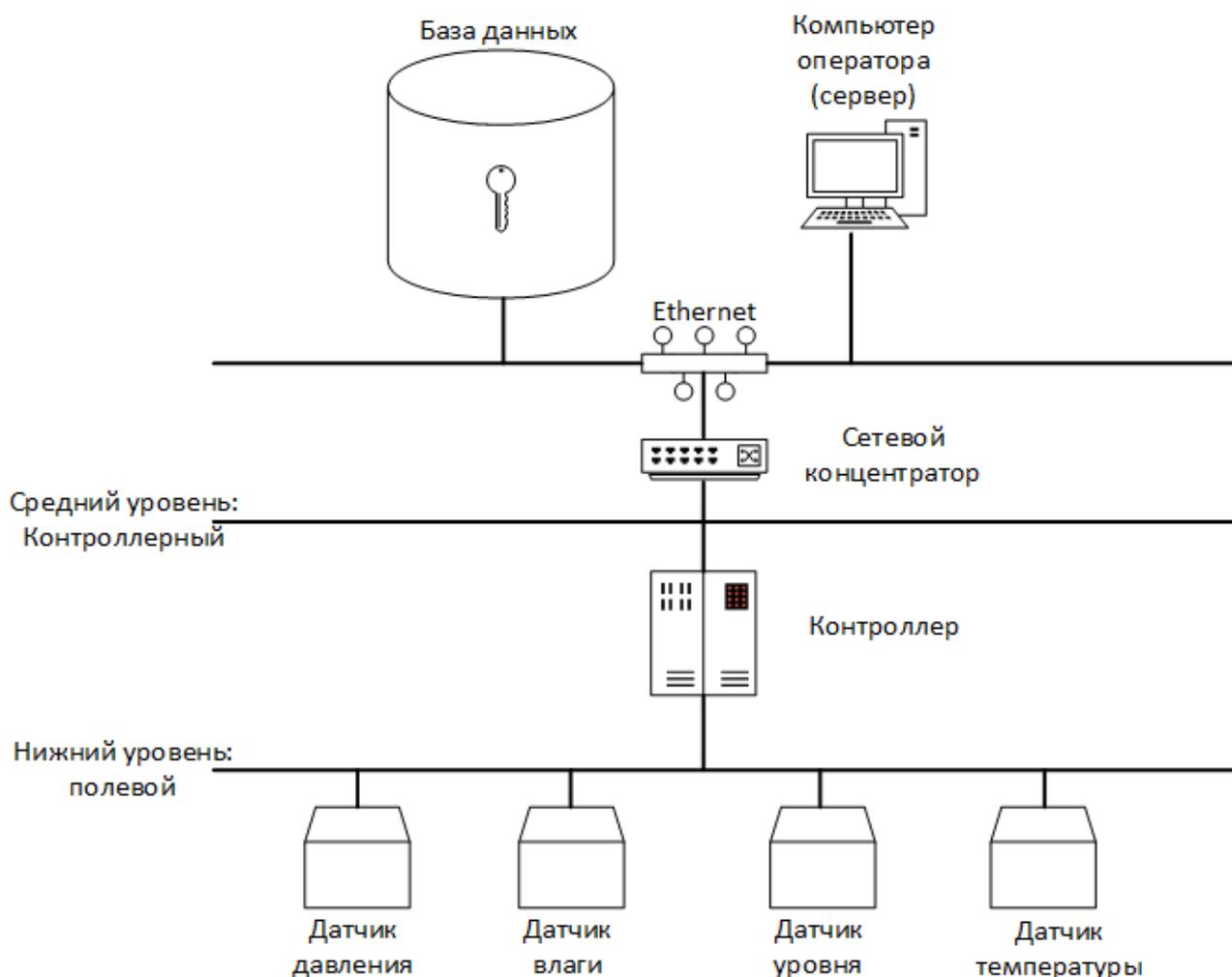


Рисунок 3 – Трехуровневая структурная схема

Нижний (полевой) уровень состоит из первичных датчиков (пять датчиков температуры, четыре сигнализатора уровня, четыре датчика давления, один расходомер, и исполнительных устройств (клапанов с электроприводом).

Средний (контроллерный) уровень состоит из локального контроллера.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит из коммуникационного контроллера, который играет роль концентратора, а также компьютеров и сервера базы данных, объединенных в локальную сеть Ethernet. На компьютерах диспетчера и операторов установлены операционная система WindowsXP и программное обеспечение Trace Mode 6.09.

Информация с датчиков полевого уровня поступает на средний уровень управления локальному контроллеру (ПЛК). Он выполняет следующие функции:

- сбор, первичную обработку и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое логическое управление и регулирование;
- исполнение команд с пункта управления;
- обмен информацией с пунктами управления.

Информация с локального контроллера направляется в сеть диспетчерского пункта через коммуникационный контроллер верхнего уровня, который реализует следующие функции:

- сбор данных с локальных контроллеров;
- обработка данных, включая масштабирование;
- поддержание единого времени в системе;
- синхронизация работы подсистем;
- организация архивов по выбранным параметрам;
- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем.

ДП включает несколько станций управления, представляющих собой АРМ диспетчера/оператора. Также здесь установлен сервер базы данных.

Компьютерные экраны диспетчера предназначены для отображения хода технологического процесса и оперативного управления.

Все аппаратные средства системы управления объединены между собой каналами связи. На нижнем уровне контроллер взаимодействует с датчиками и исполнительными устройствами. Связь между локальным контроллером и контроллером верхнего уровня осуществляется на базе интерфейса Ethernet.

Связь автоматизированных рабочих мест оперативного персонала между собой, а также с контроллером верхнего уровня осуществляется посредством сети Ethernet.

2.5 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;

– задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования [3].

В соответствии с заданием разработана функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-13 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [4] и ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [5].

2.6 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков, приведена на рисунке 4. Она 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 аналоговых сигналов и дискретных сигналов устройств ввода/вывода, а также данные о вычислениях и преобразованиях.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является одновременно приемником и источником данных от внешних систем. На этом уровне ПЛК формирует пакетные потоки информации из данных, собранных на нижнем уровне.

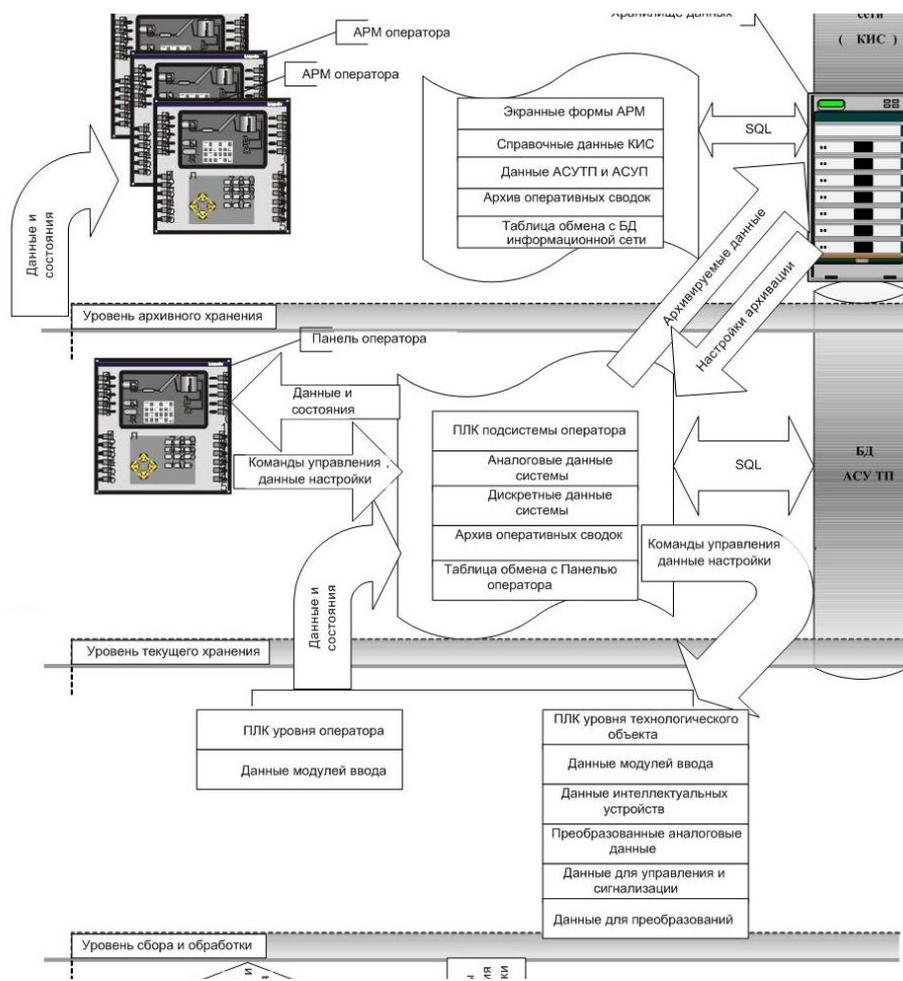


Рисунок 4 – Схема информационных потоков

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

- уровень в теплообменнике Т-1, мм;
- уровень раздела фаз, мм;
- давление газа на входе теплообменнике Т-1, МПа;
- обводнённость входящего газа, %;
- качество сливаемой промывочной воды, %;
- температура газа в теплообменнике Т-1, °С;
- давление в теплообменнике Т-1, МПа;
- давление газа на выходе теплообменнике Т-1, МПа;
- обводнённость готового газа, %;
- расход готового газа, м³/ч.

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

AAA_BBB_CCCC,

где:

1 AAA – параметр, состоящий из 3-х символов, который принимает следующие значения:

- URV – уровень;
- DAV – давление;
- TRM – температура;
- FLO – расход;
- OBV – обводнённость;

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

- RZD – разделитель;
- INP – трубная обвязка, подходящая к теплообменнику Т-1;
- OUT – трубная обвязка, отходящая от теплообменника Т-1.

3 CCCC – уточнение, включающее не более 4 символов:

- DIAP – в рамках рабочего диапазона;
- HIGH – верхнее предельное значение;
- LOW – нижнее предельное значение.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Верхний уровень представляет собой базы данных КИС и АСУ ТП. Информация для операторов АРМ структурируется наборами экранных форм. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов, все отчеты формируются в формате XML.

Выбор программно-технических средств реализации проекта АС включает в себя: проведение анализа вариантов, непосредственный выбор компонентов АС и проведение анализа их совместимости.

В состав программно-технических средств АС блока теплообменников:

- измерительные устройства – осуществляющие сбор информации о ходе ТП;
- исполнительные устройства – преобразующие электрическую энергию в иные виды физических величин для осуществления воздействия на ОУ;
- контроллерное оборудование – выполняющее задачи вычисления и логические операций.

2.7 Разработка схемы внешних проводов

При разработке схемы внешних проводов был принят общий контур заземления РЕ, согласно техническому заданию все полевые устройства должны быть заземлены. Марку кабеля выбрали КВВГ Э нг. Данный кабель представляет собой медные жилы с ПВХ изоляцией и защитным слоем. При этом использовался тип с экранированной защитой от магнитных полей. Кабель не горючего типа соответствует требованиям к ПУЭ. Данная марка кабеля предназначена для подключения к электроприемникам с напряжением до 660 В и частотой 100 Гц. Схема внешних проводов приведена в приложении Е.

3 Анализ и выбор оптимального контроллерного оборудования и датчиков

3.1 Выбор датчиков

3.1.1 Выбор расходомера

Для измерения расхода были рассмотрены OPTISWIRL 4070 фирмы KROHNE, Endress Hauser Prowirl 72 F и SITRANS FX300 [1]. В итоге выбран вихревой расходомер OPTISWIRL 4070 фирмы KROHNE (рисунок 5).

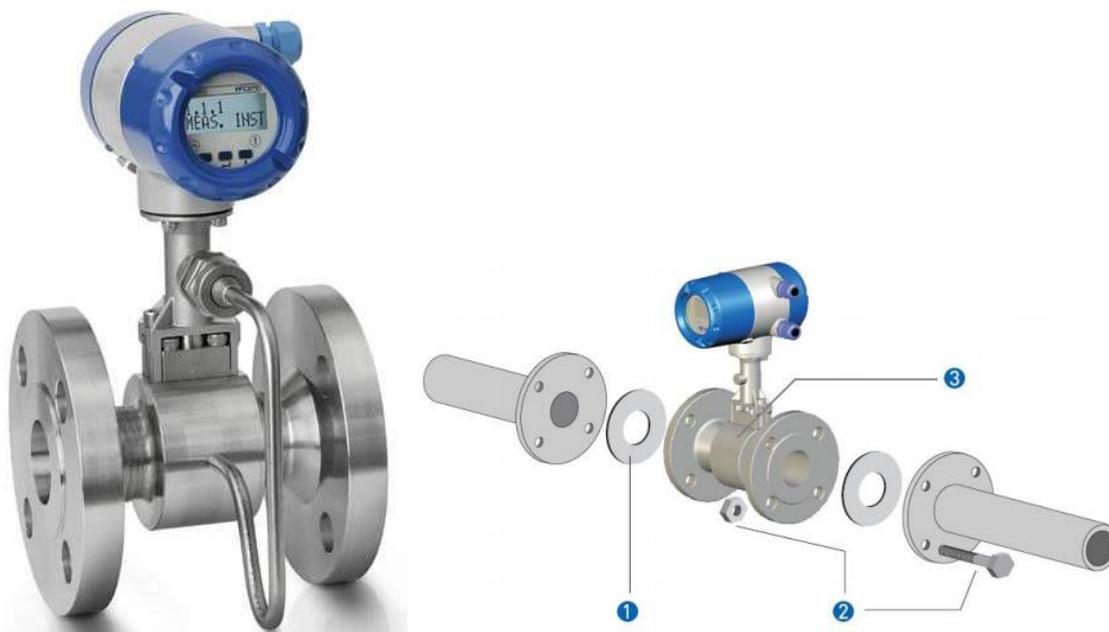


Рисунок 5 – Расходомер OPTISWIRL 4070 фирмы KROHNE

Вихревые расходомеры предназначены для измерения объемного расхода газов, пара и жидкостей в заполненных продуктом трубопроводах. Принцип действия вихревых расходомеров основан на вихревой дорожке Кармана [6]. В измерительной трубке такого расходомера предусмотрено тело обтекания, создающее вихри. Частота вихреобразования (f) пропорциональна скорости потока (v). Безразмерное число Струхала описывает отношения между частотой вихреобразования (f), шириной тела обтекания (b) и средней скоростью потока (v). Принципы измерения (рисунок 6): частота вихреобразования записывается в первичном преобразователе и далее анализируется электронным конвертером прибора.

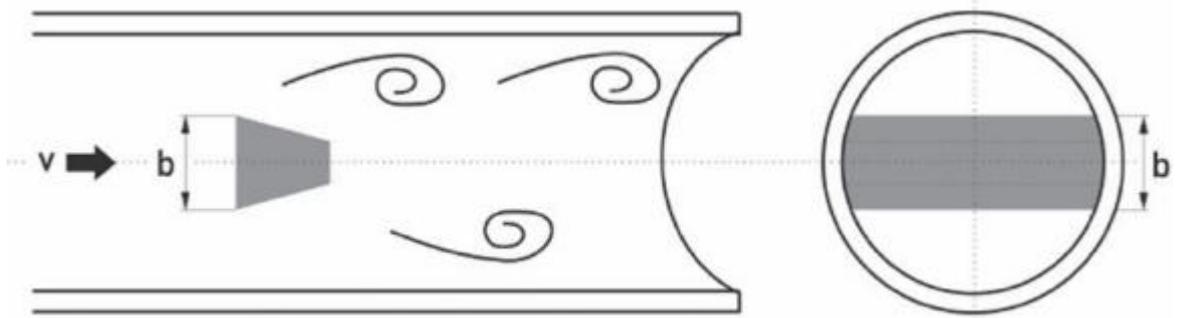


Рисунок 6 – Принцип действия расходомера

Основные технические характеристики расходомера OPTISWIRL 4070:

- принцип действия: вихревая дорожка Кармана;
- температура окружающей среды: от минус 40 °С до 65 °С (для взрывозащищенных версий);
- погрешность: $\pm 1,0\%$ при $Re \geq 20\,000$ для газов и пара; $\pm 2,0\%$ при $10\,000 \leq Re \leq 20\,000$ для жидкостей, газов и пара;
- температура продукта: от минус 40 °С до 240 °С;
- измеряемые продукты: жидкости, газы и пар;
- рабочее давление: ≤ 10 МПа;
- сенсор: нержавеющая сталь 1.4404 / 316L; 1.4539;
- фланцевое исполнение: от DN15 до DN300; от 12,7 мм до 304,8 мм;
- напряжение питания: (14 – 30) В постоянного тока;
- выходной сигнал: (4 – 20) мА/HART®;
- взрывозащищённое исполнение: есть.

3.1.2 Выбор датчиков давления

Выбор датчика давления проходил из следующих вариантов приборов: датчик давления GHM серии S10, датчик давления EGE-Elektronik серии DN 752 и преобразователь давления JUMO dTRANS p20. В результате был выбран преобразователь давления JUMO dTRANS p20 (рисунок 7). Выбор основан на показателях надежности, стоимости датчика, а также типу выходного сигнала и типу защиты [6].

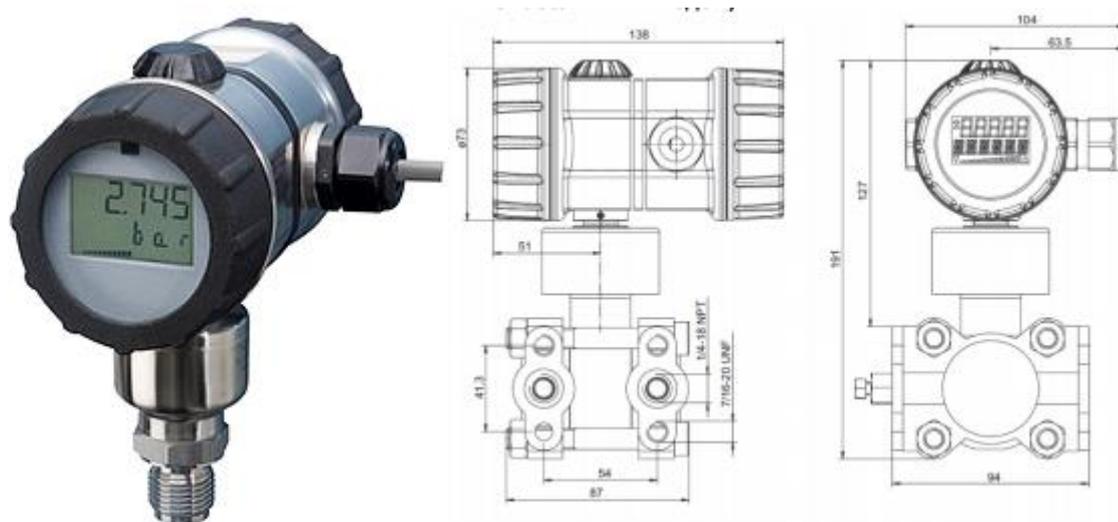


Рисунок 7 – Преобразователь давления JUMO dTRANS p20

Преобразователь давления JUMO dTRANS p20 с интерфейсом HART объединяет в себе высочайшую точность и простоту управления. Он служит для измерения относительного и абсолютного давлений газов, паров и жидкостей. Встроенный ЖК-дисплей отображает измеряемую величину и данные прибора. 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 PEKA.

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

Для специальных применений имеется возможность подключения к различным мембранным разделителям.

Измерительный преобразователь является программируемым, это позволяет оптимально настраивать его для решения различных измерительных задач. Для настройки через интерфейсы имеется удобная setup-программа (опция). Ручное управление по месту легко и быстро осуществляется с помощью поворотной кнопки [6].

Основные технические характеристики датчика давления JUMO dTRANS p2:

- сенсор: мембрана из нержавеющей стали, пьезорезистивный принцип измерения;
- диапазоны измерения:
 - $-0,06 \dots 0,06$; $-0,1 \dots 0,4$ / $2,5$ / 10 / 60 МПа (отн. давления);
 - $0 \dots 0,06$ / $0,4$ / $2,5$ / 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: от минус 40 до 120°C или от минус 40 до 200°C,
- температура окружающей среды: от минус 50 до 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 $M20 \times 1,5$ / $G \frac{1}{2}''$ / $\frac{1}{2}''$ NPT мембранный разделитель по DIN/ANSI.

3.1.3 Выбор датчика температуры

Выбор датчика температуры проходил из следующих вариантов приборов: ДТСхх5 ОВЕН, JUMO 90.1820 и WIKA типа Pt100. В результате в качестве датчиков температуры был выбран термoeлемент JUMO 90.1820 (Рисунок 8). Выбор основан на стоимости датчика, при этом он обладает

необходимым выходным сигналом 4-20 мА с протоколом HART, при этом имеются искробезопасное и взрывобезопасное исполнение [7].

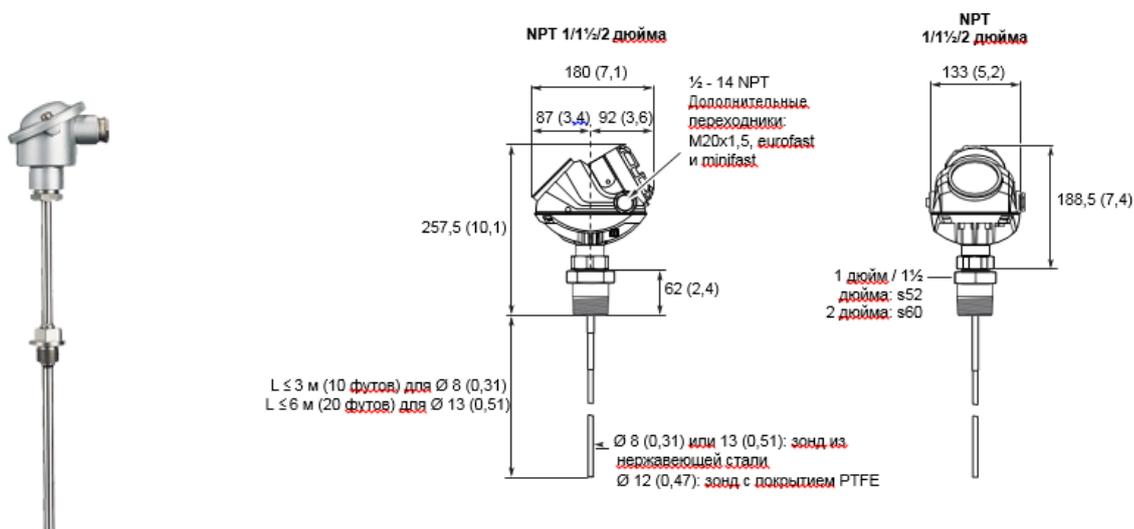


Рисунок 8 – Датчик температуры JUMO 90.1820

Термоэлемент для технологических процессов (химическое оборудование, нефтехимия, сосуды под давлением и т.д.) используется для измерения температуры в жидких и газообразных средах.

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 JUMO 90.1820:

- диапазон измеряемых температур: от минус 200 до 600°C;

- температура окружающей среды: от минус 50 до 60°C;
- присоединительные головки формы А, В, ВUZ, ВUZH, ВEGF и XD-AD;
- выходной сигнал: (4 – 20) мА/HART ®;
- защитная трубка: нержавеющая сталь 1.4571, сталь 1.4749 и 1.4841, титан, тантал, инконель, хастеллой Ø 9, 11, 15, 22 и 24 мм;
- исполнения со встроенным ЖК индикатором в головке формы ВUZH, XD-A., XD-S;
- виды взрывозащиты: Ex ia IIC T1...T6 или Exd [ia] IIC T1...T6, или EEx d ia IIC T1...T6.

3.1.4 Выбор уровнемера

Выбор уровнемера проходил из следующих вариантов приборов: OPTIFLEX 4300 С Marine, Rosemount 5600 и TORRIX. В результате был выбран радарный уровнемер (TDR) OPTIFLEX 4300 С Marine компании KROHNE (рисунок 9). Выбор основан на показателях стоимости, принципу действия, выходному сигналу [7].

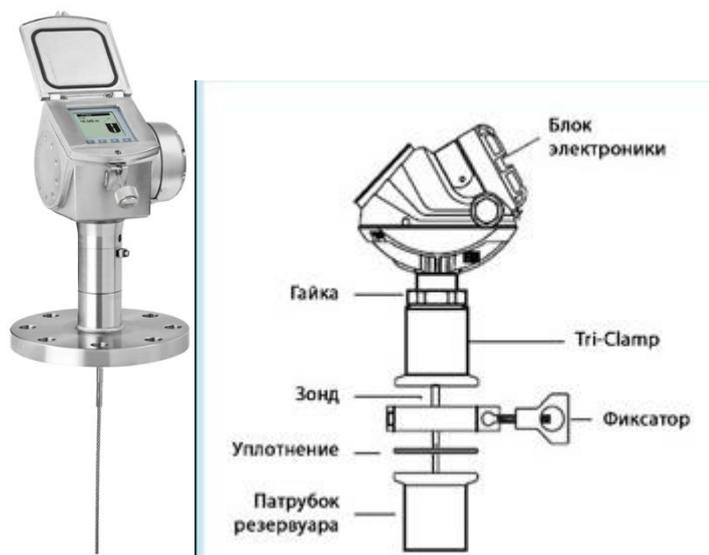


Рисунок 9 – Радарный уровнемер OPTIFLEX 4300 С Marine

Уровнемеры OPTIFLEX предназначены для контактного измерения уровня раздела фаз жидкостей, паст, шламов, пульп и различных сыпучих материалов.

Принцип работы уровнемеров OPTIFLEX основан на методе импульсной рефлектометрии (TDR, Time-Domain Reflectometer): по волноводу посылают зондирующий импульс и измеряют интервал времени двойного пробега этого импульса до места неоднородности волнового сопротивления (границы раздела веществ с разной диэлектрической проницаемостью) [7].

Основные технические характеристики уровнемера OPTIFLEX 4300 C Marine:

- диапазон измерений уровня: (10 – 20000) мм;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений уровня до 10 м: ± 3 мм;
- разрешающая способность: 1 мм;
- воспроизводимость: ± 1 мм;
- температура окружающей среды: от минус 40 до 80 °С;
- давление измеряемой среды: от минус 0,1 до 10,0 МПа;
- температура на фланце прибора: от минус 40 до 200 °С;
- номинальное напряжение питания постоянного тока: 24 В;
- аналоговый выход: (4 – 20) мА/ HART;
- взрывозащищённое исполнение: есть.

3.1.5. Выбор влагомера

Выбор влагомера проходил из следующих вариантов датчиков: FIZEPR-SW100.20, JUMO 907025/64 и BOECH. В результате был выбран влагомер JUMO 907025/64 (Рис. 10). Данный выбор основан согласно техническому заданию по виду выходного сигнала, виду защиты, погрешности, а также стоимости.



Рисунок 10 – Искробезопасный измерительный преобразователь относительной влажности JUMO 907025/64

Новые промышленные измерительные преобразователи в искробезопасном исполнении были разработаны специально для точного и безопасного определения относительной влажности в потенциально взрывоопасных зонах. Данная серия является принципиально новым стандартом, сочетающим в себе простоту монтажа и удобную эксплуатацию.

Модульная конструкция, состоящая из четырех отдельных частей (настенный кронштейн, нижняя часть корпуса, электронный модуль и датчики), существенно упрощает монтаж, эксплуатацию и техническое обслуживание. Универсальное использование практически для всех применений возможно с использованием до 5 сменных датчиков [7].

Все калибровочные коэффициенты хранятся в памяти датчика и считываются центральным процессором в момент присоединения, что исключает необходимость производить повторную калибровку датчика при его замене.

Основные технические характеристики искробезопасного измерительного преобразователя относительной влажности JUMO 907025/64:

- измерительный диапазон относительной влажности: (0 –100) %;
- погрешность измерения (включая нелинейность и воспроизводимость): $\pm 1\%$ (0 до 90 %) и $\pm 2\%$ (90 до 100 %);
- диапазон рабочего давления: (0 –10) МПа;
- диапазон измеряемых температур: от минус 40 до 180 °С;
- выходной сигнал: (4 – 20) мА (2-проводная цепь);
- длина кабеля: 2 м;
- пылевлагозащита: IP65;

- взрывозащищённое исполнение: есть.

3.2 Выбор исполнительных механизмов

3.2.1 Выбор регулирующего клапана

Пропускную способность клапана K_v ($\text{м}^3/\text{час}$) рассчитывают по формуле:

$$K_v = Q_{\max} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}},$$

где Δp_0 – потеря давления на клапане (ее принимают равной $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$);

Δp – изменение давления в трубопроводе до и после клапана;

ρ – плотность среды ($\text{кг}/\text{м}^3$);

$\rho_0 = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ – плотность воды (в соответствии с определением значения K_v).

Пропускная способность клапана должна быть не менее $304 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В соответствии зависимости диаметра трубопровода от расхода жидкости получен присоединительный размер клапана к трубопроводу – $D_y = 150 \text{ мм}$ [9].

В качестве регулирующего механизма будем использовать задвижку стальную клиновую фланцевую под электропривод 30с941нж фирмы «Нефтехимавтоматика» (Рисунок 11).



Рисунок 11 –Задвижка 30с941нж под электропривод

Основные технические характеристики задвижки 30с941нж:

- рабочее давление в трубопроводе: 16 МПа;
- тип соединения: фланцевое по ГОСТ 12815-80;
- рабочая среда: вода, пар, водогазонефтяные смеси, газы, нефтепродукты, углеводороды;
- присоединительный диаметр (D_y): 150 мм;
- температура рабочей среды: от минус 40°С до 425°С;
- материал корпуса: углеродистая сталь;
- способ управления: электропривод;
- климатическое исполнение: У1.

Для управления клапана выбран электропривод промышленный Н-В 03 фирмы «Нефтехимавтоматика» (Рисунок 12).



Рисунок 12 – Электропривод промышленный Н-В 03

Электропривод линейного перемещения (механизм электрический прямоходный, МЭП) имеет механизмы на основе червячного редуктора и трапецеидальной передачи [9].

Усилие сжимающее или растягивающее. Червячное колесо и винтовая гайка изготовлены из особого пластика, позволяющего бесшумную эксплуатацию. Корпус из алюминиевого сплава; защитная труба из анодированного алюминия; шток из нержавеющей стали AISI 304 или из анодированного алюминия. Механизмы снабжены длительной смазкой и не требуют дополнительного обслуживания. Широкая сфера применения, в том числе в шиберных и дисковых задвижках.

Основные технические характеристики привода Н-В 03:

- тип: многооборотный;
- крутящий момент на выходном валу: (25 – 63) кгс·м/Нм;
- частота вращения выходного вала: 24 об/мин;
- мощность электродвигателя: 3,2 кВт;
- напряжение питания: 380 В трёхфазного переменного тока (50 Гц);
- взрывозащита: есть.

3.2.2 Выбор регулятор асинхронного двигателя

Выбор преобразователя исходил из danfoss VLT, Lenze 8200, Innovert.

Для управления электроприводом будем использовать преобразователь частоты Lenze 8200 TMD/TML (Рисунок 13). Так как удовлетворяют техническим характеристикам по мощности, диапазона частоты, а также имеет функцию ПИД-регулирования, при этом стоимость ниже рассмотренных [9].



Рисунок 13 – Преобразователь частоты Lenze 8200 TMD/TML

Частотные преобразователи серии TMD/TML от компании Lenze AC Tech простые и несложные в настройке частотники в классе векторных преобразователей.

Lenze 8200 TMD/TML предназначены для выполнения стандартных функций частотного привода:

- регулирование частоты;
- регулирование крутящего момента;
- регулирование числа оборотов;
- ПИД – регулирование.

Преобразователи частоты Lenze 8200 TMD/TML работают в диапазоне мощностей и напряжений:

- 1 фаза (180 – 265) В – от 0,25 до 2,2 кВт.
- 3 фазы (320 – 528) В – от 0,37 до 7,5 кВт.

Конструкция частотников TMD/TML обеспечивает степень защиты IP20, серия предназначена для установки внутри шкафов.

Виды управления TMD/TML электродвигателем:

- скалярное управление;
- скалярное квадратичное управление;
- векторное управление без датчика;
- частота от 1 до 16 кГц.

Задание скорости Lenze 8200 TMD/TML:

- 4 фиксированные скорости;
- пульт управления;
- потенциометр;
- аналоговое управление (0 – 10) В или (4 – 20) мА.

Задание крутящего момента Lenze 8200 TMD/TML:

- пульт управления;
- аналоговое управление (0 – 10) В или (4 – 20) мА.

3.3 Выбор контроллерного оборудования

Для реализации среднего уровня рассмотрим несколько семейств ПЛК различных производителей.

Micro850 – семейство программируемых логических контроллеров фирмы Allen Bradley.

Micro850 спроектирован для вариантов применения, требующих дополнительные цифровые и аналоговые входы-выходы или аналоговые входы-выходы повышенной производительности.

Идеально пригоден для применения в условиях, где в максимальной степени будут использованы преимущества обмена данными через встроенные коммуникационные порты EtherNet/IP (только для передачи сообщений), которые применяются в сопряжении с ПК, компонентными человеко-машинными интерфейсами PanelView, а также приводами Kinetix и PowerFlex [9].

Используется 24-точечный и 48-точечный форм-фактор, аналогичный Micro830, и отличающийся применением расширительного модуля ввода-вывода 2085 с возможностью подключения до 4 дополнительных модулей ввода-вывода, и встроенный коммуникационный порт EtherNet/IP.

ОМС 8000 – семейство программируемых логических контроллеров фирмы «ОРБИТ МЕРРЕТ».

ПЛК ОМС 8000 имеет модульную архитектуру. Базовым устройством контроллера является основной модуль (рис. 11), к которому можно подключать различные модули расширения – до тридцати одного. Модули можно разместить вместе с основным модулем ПЛК или на расстоянии до 40 метров от него. Связь между модулями осуществляется по интерфейсу CAN. Питание основного модуля 100...250 В либо 24 В постоянного или переменного тока – в зависимости от заказа.

Основной модуль имеет три цифровых входа, входное напряжение которых идентично напряжению питания прибора (до 30 В). Также имеется шесть универсальных входов с общим проводом, гальванически развязанных с выходами и источником питания. Универсальные входы обеспечивают подключение и обработку:

- импульсного сигнала до 30 В;
- сухого контакта, или NPN-транзистора с открытым коллектором;
- напряжения до 30 В;

- тока до 20 мА;
- термосопротивления Pt 1000, Ni 1000, Pt 100;
- термисторов с положительным температурным коэффициентом типа КТУ81-2хх;
- термопар типов В, Е, J, К, L, N, R, S, Т;
- сопротивления до 3,9 кОм.

SIMATIC S7-1200 – семейство программируемых логических контроллеров фирмы Siemens.

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.

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 основе автоматизированной системы управления будем использовать ПЛК ОМС 8000 (Рис. 14). Так как по функционалу и необходимому объему

автоматизации удовлетворяет в полной мере. При этом его цена в разы ниже, чем рассмотренных других.



Рисунок 14 – ПЛК ОМС 8000

ПЛК ОМС 8000 – модульный программируемый логический контроллер. Главный модуль объединяет в себе расширенные возможности связи и обработки аналоговых сигналов, что позволяет самостоятельно решать широкий круг задач автоматизации процессов.

К главному модулю может быть подключено до 31 модуля расширения ввода/вывода через интерфейс CAN (Controller Area NetDIAP).

Главный модуль представлен в двух вариантах по напряжению питания: 80-250В AC/DC и 12-30В AC/DC. Главный модуль имеет 3 дискретных входа, которые активируются напряжением, равным напряжению питания, и 6 универсальных входов.

Шесть универсальных входов могут быть сконфигурированы для обработки следующих типов сигналов:

- импульсный PNP до 30В DC;
- импульсный, контактный NPN «открытый коллектор»;
- аналоговый вольтовый до 20В DC;
- аналоговый токовый до 20мА;
- аналоговый Pt 1000, Ni 1000, Pt 100 (только два входа).

Одна пара может быть сконфигурирована под сигналы последовательного интерфейса RS-485 для связи с внешними устройствами. Универсальные сигналы могут быть использованы в качестве двух полных квадратурных каналов для соединения с квадратурными энкодерами.

Модули имеют 5 дискретных выходов и варьируются по типу выходов: реле или «открытый коллектор».

ПЛК ОМС 8000 оборудован сетевым интерфейсом Ethernet 100 Base. Канал Ethernet используется для программирования контроллера, с его помощью контроллер может быть связан с другими ПЛК, устройствами человеко-машинного интерфейса и др.

Для отображения информации главный модуль оборудован цветным дисплеем TFT с разрешением 160x128 пиксел. В главном модуле предусмотрен разъем для установки съемной карты памяти MicroSD.

ПЛК ОМС 8000 выполнен на основе 32-разрядного микропроцессора ARM Cortex M3 с архитектурой ARMv7. Управление осуществляется встроенной операционной системой ProConOS eCLR v.3.0.0.

Для программирования ПЛК ОМС 8000 используется программа Multiprog 5.35 (KW-Software), снабжаемая библиотеками, включающими специализированные функции от ORBIT MERRET.

Основные технические характеристики главного модуля контроллера ОМС 8000:

- напряжение питания: 24 В DC;
- входы дискретные: 3 входа: (12 – 30В) DC;
- входы универсальные: 6 аналоговых/универсальных дискретных;
- вычислительная мощность: 0.1 мкс, 12 мкс (СЛОВО), 18 мкс (плавающая десятичная точка);
- визуализация: цветной дисплей TFT;
- связь: Ethernet 100Base, RS-485;
- внутренняя шина: CanBUS;
- часы реального времени: электрическая цепь управления временем и записью данных;
- карта microSD: 35 Гб;
- потребляемая мощность: макс. 5 ВА;

- рабочая температура: от минус 20 до 60 °С;
- степень защиты: IP40.

4 Разработка алгоритмов и SCADA

4.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве алгоритма сбора данных рассмотрим канал контроля температуры в теплообменнике. Алгоритм сбора данных представлен в приложении Ж.

Алгоритм работает следующим образом: идет начало работы, после чего запускается подпрограмма инициализации устройства. Далее осуществляем проверку на достоверность, делаем проверку на КЗ и на обрыв линии. Если обнаруживается КЗ или ХХ, то на панель оператора сразу же выводится соответствующее сообщение об ошибке. После этого идет запуск инициализации уставок. Затем идет проверка каждой уставки, если будет выявлено, что где-то уставка вышла за рамки, то выдается соответствующее сообщение на экран оператора. При этом идет масштабирование сигнала с выводом единиц °С.

4.2 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

В процессе работы УКПГ необходимо поддерживать температуру в теплообменнике, чтобы она не превышала заданного уровня, исходя из условий технологического процесса, и не падало ниже заданного уровня. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем температуру в теплообменнике. 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.

Функциональная схема системы поддержания температуры в подогревателе приведена на рисунке 15.

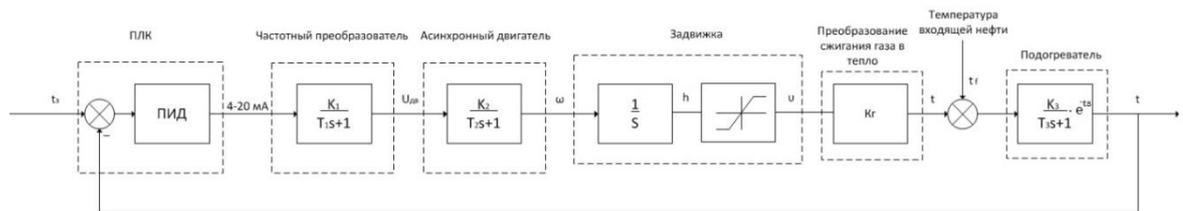


Рисунок 15 – функциональная схема поддержания температуры

Объектом управления является теплообменник. С панели оператора задается температура, которую необходимо поддерживать в теплообменнике. Далее эта температура подается на ПЛК. В ПЛК также подается значение с датчика температуры, происходит сравнение значений, и формируется выходной токовый сигнал. Этот сигнал подается на преобразователь, на выходе которого имеет напряжение питания электропривода задвижки. Задвижка с электроприводом преобразует электрическую энергию в поступательное движение штока задвижки, в результате чего происходит изменение температуры в теплообменнике.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором уравнений.

Частотный преобразователь:

$$T_{np} \frac{df}{dt} + f = k_{np} \cdot I \quad (1)$$

где I – токовый сигнал управления;

f – частота напряжения подаваемого на статор;

Задвижка с электроприводом:

$$T_{dv} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{dv} \cdot f \quad (2)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega \quad (3)$$

где ω – угловая скорость двигателя;

φ – перемещение заслонки;

Теплообменник и преобразование количества проходящего теплоносителя в тепло:

$$v = k\varphi \quad (4)$$

$$T_{nod} \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_{nod} \cdot v \quad (5)$$

где v – выделяемое тепло при изменении подачи теплоносителя;

θ – температура в теплообменнике;

Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для моделирования

K_1	T_1	k_2	T_2	K_3	T_3	K_r
15	0.2	20	0.08	0.075	225	2000

В процессе управления объектом необходимо поддерживать температуру на выходе равное 65°C , поэтому в качестве передаточной функции задания выступает ступенчатое воздействие, которое в момент запуска программы меняет свое значение с 0 до 65.

Модель с выделенными блоками показана на рисунке 16.

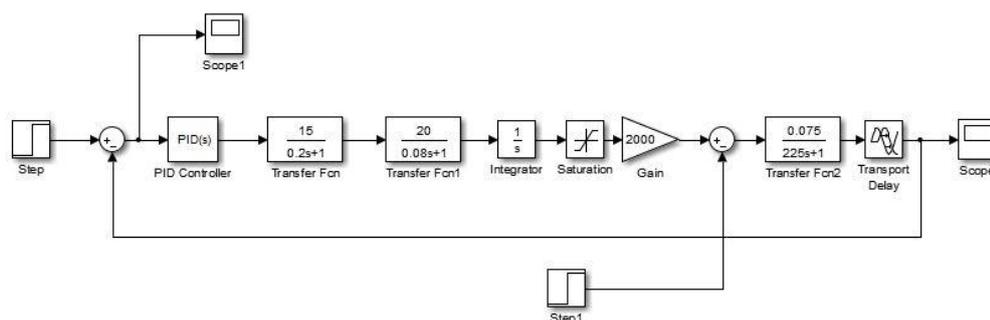


Рисунок 16 – модель САР

График переходного процесса САР мы можем наблюдать на рисунке 17.

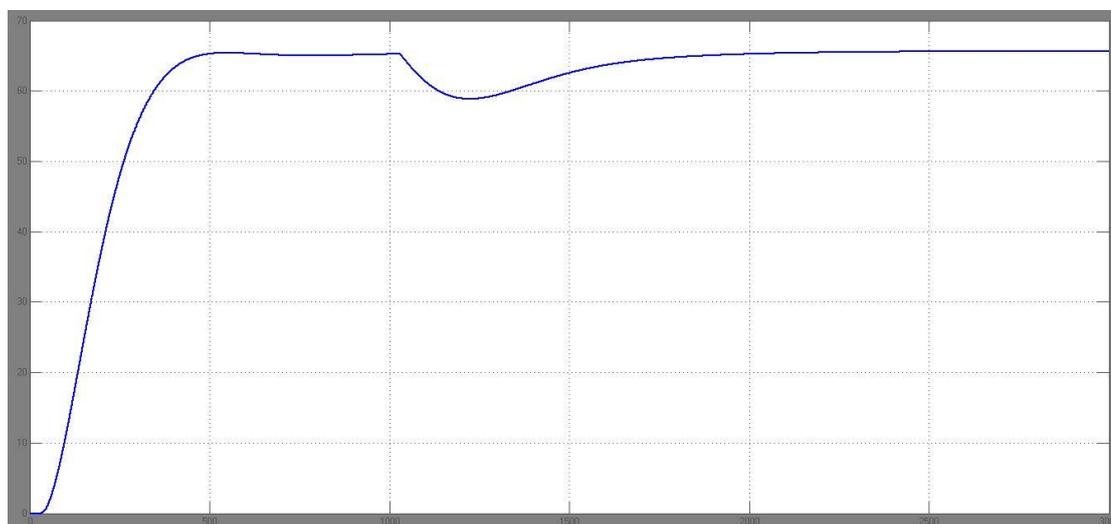


Рисунок 17 – График переходного процесса

Система устойчива, без перерегулирования, статическая ошибка нулевая. При введении возмущающего воздействия, система его компенсирует. Время переходного процесса около 480 секунд.

4.3 Разработка экранных форм АС теплообменника УКПГ

4.3.1 SCADA система для создания экранных форм

Управление в АС теплообменника УКПГ реализовано с использованием SCADA-системы MasterSCADA 3.x компании ИнСАТ.

MasterSCADA 3.x – это российская вертикально-интегрированная SCADA-система с многоуровневой клиент-серверной архитектурой. Система универсальна и используется для автоматизации и диспетчеризации объектов во всех отраслях промышленности.

Версия MasterSCADA 3 была выпущена в феврале 2009 года. С тех пор она постоянно развивалась, в нее внесено огромное количество улучшений и нового функционала [8].

Основные преимущества MasterSCADA 3.X

Открытость

Открытость программной платформы позволяет взаимодействовать с любыми видами оборудования и сторонними продуктами с помощью современных технологий, таких как: OPC DA/HDA/UA, OLE, DCOM, ActiveX, OLE DB, ODBC и других. Кроме того, открытый API позволяет осуществлять интеграцию со сторонними системами, например, ГИС-системами, MES или ERP.

Вертикальная интеграция

MasterSCADA 3.x имеет мощные средства горячего резервирования как на уровне SoftLogic-системы для программируемых логических контроллеров, так и на уровне серверов опроса и обработки информации, и АРМ-операторов.

Разработка всех уровней системы ведётся в единой интуитивно понятной среде, что позволяет выполнить настройку и полную отладку распределённого проекта на одном компьютере. Все модули расширения

встроены в общую оболочку. Пользователь всегда работает с единым внешним видом программы, состоящим из древовидного проекта, палитры библиотечных элементов и окна редактирования документов и свойств.

Полный набор инструментов

В стандартную комплектацию системы входят все необходимые проектировщику модули: среда разработки, среда исполнения, модули отчетов, трендов, журналов сообщений, разграничение прав доступа, архивирование, библиотеки объектов, изображений и алгоритмов.

Мощные вычислительные возможности

В Master SCADA 3.x предусмотрена возможность реализации алгоритмов с помощью встроенных редакторов различных языков: FBD, ST (стандарт МЭК 61131-3) и C#. Язык C# за счет доступа к внутренним функциям (API) MasterSCADA можно также использовать для автоматизации проектирования или создания сценариев работы в режиме исполнения.

Развитая система архивов

Архивация данных в Master SCADA 3.x может осуществляться в собственный файловый архив или в одну из распространенных СУБД (MS SQL, Oracle, Firebird, My SQL, Interbase, Sybase). Предоставление архивных данных оператору возможно в виде трендов, журналов и отчетов.

Master SCADA 3.X обладает мощной системой сообщений: системные сообщения стандартные, а также пользовательские, формируемые по любым определенным в проекте событиям. Сообщения делятся на разные категории с разным уровнем приоритета, что позволяет наглядно выдавать оператору (диспетчеру) информацию через всплывающее окно сообщений, строку статуса, журнал сообщений, уведомления по SMS и E-Mail.

Встроенный генератор отчетов

Отчеты в MasterSCADA 3.X предоставляют возможность обработки полученных данных, как заданием формул с использованием больших библиотек функций, так и с использованием языка сценариев C#. Кроме того, благодаря возможности включения любой графической информации, включая

графики, диаграммы, штрих-коды и прочее, отчёты предоставляют всю необходимую аналитическую информацию для оператора.

4.3.2 Разработка дерева экранных форм

Оператор АРМ может осуществлять навигацию экранных форм, используя кнопки прямого вызова. При старте проекта всплывает окно авторизации пользователя, в котором необходимо ввести логин и пароль. Если логин и пароль оказываются верными, появляется мнемосхема основных объектов теплообменников: теплообменник, каналы регулирования. Помимо этого, на мнемосхеме основных объектов у пользователя имеется прямой доступ к карте нормативных параметров теплообменника [8].

4.3.3 Разработка экранных форм АС

Интерфейс оператора содержит рабочее окно, состоящее из следующих областей:

- главное меню;
- область видеокadra;
- окно оперативных сообщений.

4.3.4 Главное меню

Вид главного меню представлен на рисунке 18.



Рисунок 18 – Главное меню

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

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

4.3.5 Область видеокadra

Видеокadры предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием.

В области видеокadra АРМ оператора доступна мнемосхема теплообменника Т-1.

На мнемосхеме «Теплообменник Т-1», которая приведена на рисунке 17, отображается работа следующих объектов и параметров:

- измеряемые и сигнализируемые параметры теплообменника;
- измеряемые параметры трубопроводов.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Целью данной работы является разработка системы автоматического управления оборудованием блока теплообменников.

5.1 Организация и планирование работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому

виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 2.

Таблица 2 – 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%
Проведение НИР				
Выбор направления исследования	2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р, И	Р-50%, И -100%
	3	Разработка и утверждение техзадания (ТЗ)	Р, И	Р-100%, И -100%
	4	Календарное планирование работ	Р, И	Р-50%, И -100%
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурных схем	И	И -100%
	6	Разработка функциональных схем	И	И -100%
	7	Выбор технических средств автоматизации	Р, И	Р-50% И -100%
	8	Выбор алгоритмов управления	Р, И	Р-50% И -100%
	9	Разработка экранной формы	И	И -100%
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	И	И -100%

5.1.1 Продолжительность этапов работ

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48, \quad (6)$$

В таблице 3 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 3 – Временные показатели проведения работ

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		Tmin, чел-дн.	Tmax, чел-дн.	Тож, чел-дн.	Тр, раб.дн		Ткд, кал.дн	
					Р	И	Р	И
1	Р	1	2	1,4	1,4	-	2	-
2	Р, И	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
3	Р, И	2	3	2,4	2,4	2,4	3	3
4	Р, И	1	2	1,4	0,7	1,4	1	2
5	И	2	3	2,4	-	2,4	-	3
6	И	5	10	7	-	7	-	10
7	Р, И	2	3	2,4	1,2	2,4	2	3
8	Р, И	3	6	4,2	2,1	4,2	3	6
9	Р, И	3	6	4,2	-	4,2	-	6
10	И	1	2	1,4	-	1,4	-	2
Итого					8,5	26,8	12	37

На основе таблицы 3 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта.

Таблица 4 – План-график

№	Вид работы	Исп-ли	Ткд	С 16.04.2020 г. по 24.05.2020 г.																											
1	Составление и утверждение задания НИР	Р	2																												
2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р И	1 2																												
3	Разработка и утверждение ТЗ	Р И	3 3																												
4	Календарное планирование работ	Р И	1 2																												
5	Разработка структурных схем	И	3																												
6	Разработка функциональных схем	И	10																												
7	Выбор технических средств автоматизации	Р И	2 3																												
8	Выбор алгоритмов управления	Р И	3 6																												
9	Разработка экранной формы	И	6																												
10	Составление пояснительной записки	И	2																												

5.2 Расчет затрат на выполнение проекта

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

5.2.1 Расчёт затрат на материалы

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (7)$$

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

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 5–20 % от стоимости материалов.

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	SvetoCopy	110	0,90	99
Печать на листе А4	–	110	1,5	165
Ручка	Pilot BPS-GP	1	50	50
Доступ в интернет	–	4 месяца	350	1400
Всего за материалы				1714
Итого с учетом транспортно-заготовительных расходов				1799

5.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

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

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/20,75 \quad (8)$$

учитывающей, что в году 249 рабочих день и, следовательно, в месяце в среднем 20,75 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Расчет заработной платы приведен в таблице 6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 4. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ГР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$. Вышеуказанное значение $K_{\text{доп.ЗП}}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{\text{и}} = 1,62$.

Таблица 6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	21 760	1048,67	9	1,699	16035,21
И	15 470	745,54	27	1,62	32609,92
Итого:					48645,13

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 30% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$C_{\text{соц.}} = C_{\text{эл.}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 48645,13 \cdot 0,3 = 14593,54$ руб

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{ЦЭ}, \quad (9)$$

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

ЦЭ – тариф на 1 кВт·час;

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

Для ТПУ $\text{ЦЭ} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (10)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C, \quad (11)$$

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

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

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\Delta_{об}$, руб.
Персональный компьютер	216·0,6	0,3	256,22
Струйный принтер	30	0,1	19,77
Итого:			275,99

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (12)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

Стоимость ПК 45000 руб, время использования 216 часов, тогда для него $C_{AM}(ПК) = (0,4 \cdot 45000 \cdot 216 \cdot 1) / 2408 = 1614,62$ руб. Стоимость принтера 12000 руб., его $F_D = 500$ час.; $N_A = 0,5$; $t_{рф} = 5$ час., тогда его $C_{AM}(Пр) = (0,5 \cdot 12000 \cdot 5 \cdot 1) / 500 = 60$ руб. Итого начислено амортизации 1674,62 руб.

5.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, в т.ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

Норма оплаты суточных – 100 руб./день.

Время пребывания в командировке составило 50 календарных дней (с учетом дней приезда и отъезда); оплата проживания в общежитии 50 руб./день·45 дней = 2250 руб. (основные расходы за счет принимающей стороны); оплата проезда по ж.д. в обе стороны – 4720 руб.; аренда специальных приборов – 4200 руб.; почтовые расходы – 240 руб.; консалтинговые услуги – 1500 руб. Итого по данному пункту $C_{\text{пр}} = (50 - 1) \cdot 100 + 2250 + 4720 + 4200 + 240 + 1500 = 17\,810$ руб.

5.2.7 Расчет прочих расходов

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

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1 \quad (13)$$

В нашем случае это:

$$C_{\text{проч.}} = (1714 + 48645,13 + 14593,54 + 275,99 + 1674,72 + 17810) \cdot 0,1 = 8471,34 \text{ руб.}$$

5.2.8 Расчет общей себестоимости

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт бюджета затрат исследовательского проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1714,0
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	48645,13
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	14593,54
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	275,99
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	1674,72
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	17 810
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	8471,34
Итого:		93184,72

Таким образом затраты на разработку составили 93184,72 руб.

5.2.9 Расчет прибыли

Прибыль проекта составляет 20% от расходов на разработку проекта.
 $P=93184,72 \cdot 0,2=18636,94$ руб.

5.2.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(93184,72 + 18636,94) \cdot 0,2 = 111821,66$ руб.

5.2.11 Цена разработки НИР

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

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 93184,72 + 18636,94 + 111821,66 = 223643,32 \text{ руб.}$$

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций, т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. (т.н. объекты инвестиций) с целью получения определенного результата в будущем. Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР и ОКР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет, в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Путем внедрения автоматизации, установки более нового оборудования позволило изменить объем производства. Современные и более надежные датчики позволяют проверять их один раз в 4 года, соответственно снижаются издержки на обслуживание и поверку. Увеличенное время наработки на отказ, повышает вероятность безотказности системы и простоя. Так как система удобна в обслуживании и полностью автоматизирована, снижается количество

обслуживающих операторов. После внедрения автоматизации увеличился срок службы (таблица 9).

Таблица 9 – Сравнение до и после модернизации УКПГ

Характеристики	До модернизации	После модернизации	Экономический эффект
Объем производства	100 т	200 т	Увеличение в 2 раза
Межповерочный интервал	1 год	4 года	Увеличение межповерочного интервала в 4 раза
Надежность	100 тыс. часов	150 тыс. часов	Увеличение времени наработки на отказ в 1,5 раз
Количество операторов	3	2	936000 руб/год
Срок службы	15 лет	25 лет	Увеличение срока службы на 10 лет

Увеличение производительности приводит к повышению выручки предприятия, увеличение межповерочного интервала снижает издержки на поверки, надежность системы снижает вероятность простоев производства, также повышенный срок службы снижает издержки на новую разработку и ремонт. Однако отсутствие соответствующих данных по объекту внедрения не позволяет в рамках данной работы дать количественную оценку экономического эффекта и следовательно, эффективности внедрения результатов ВКР.

6 Социальная ответственность

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 проектирование автоматизированной системы управления технологическим процессом блока теплообменников установки комплексной подготовки газа. Месторасположение объекта Томская область Парабель.

Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей, инфракрасному излучению, шуму, статическому электричеству. Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением, высокой напряженностью зрительной работы и большой нагрузкой на кисти рук при работе с периферийными устройствами ЭВМ.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности

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

Согласно [12] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти- или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежедневно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК[12] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

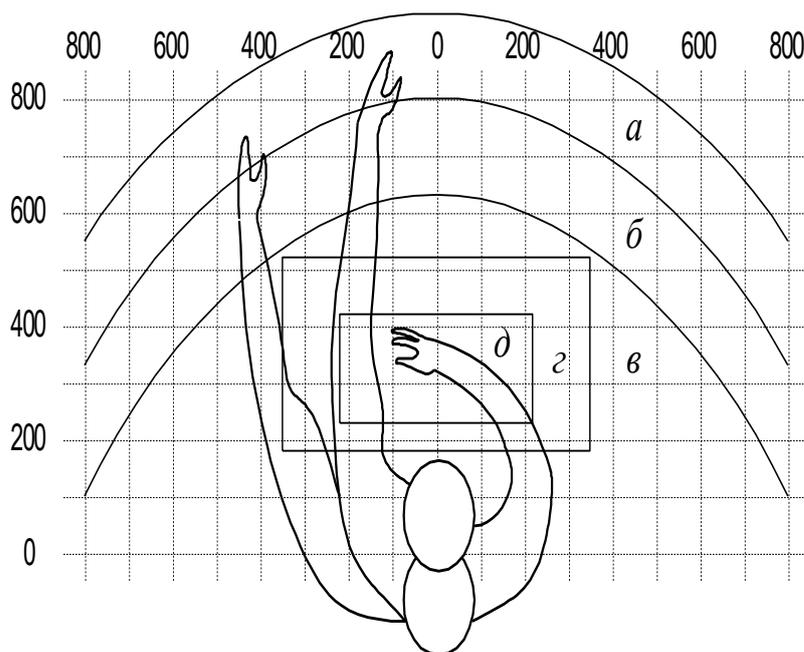
Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

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

6.1.2 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

6.1.2.1 Эргономические требования к рабочему месту



а – зона максимальной досягаемости;

б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в – зона легкой досягаемости ладони;

г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Рисунок 18 – Эргономические требования

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости (рисунок 18) согласно [10]:

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

6.1.2.2 Окраска и коэффициенты отражения

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

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

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

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

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

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

6.2 Производственная безопасность

6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственная безопасность включает в себя вопросы, связанные с организацией рабочего места разработчика системы стабилизации в соответствии с нормами промышленной санитарии, техники безопасности, эргономики и пожарной безопасности.

Выпускная квалификационная работа имеет физико-техническую тематику, поэтому будут проанализированы микроклимат помещения, освещённость рабочей зоны, шум и вибрации.

Так как работа ведётся в закрытом помещении с использованием персонального компьютера, требуется изучение и создание оптимальных условий труда, а также следует учесть организацию пожарной безопасности на предприятии. Так же необходимо учесть то, что никакого контакта с какими-либо вредными веществами (радиоактивные препараты) нет, следовательно, данный производственный фактор не будет рассматриваться.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-15. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Опасные и вредные фактора при работе оператора АСУ ТП

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изго- вление	Эксплу- атация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [2] Освещение – СП 52.13330.2011 [4] Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [5] Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [6] Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 [7] Пожарная безопасность – ГОСТ 12.1.004-91 [9] Вибрации – ГОСТ 31192.2-2005 [10]
2. Превышение уровня шума		+	+	
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+		
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	
6. Повышенный уровень вибрации			+	

6.2.1.1 Отклонения показателей микроклимата

Благоприятные (комфортные) метеорологические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных.

По степени физической тяжести работа оператора АСУ относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ [8].

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных значениях наблюдается высокий уровень работоспособности и обеспечивается нормальное состояние организма работника.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены оптимальные величины показателей микроклимата согласно требованиям [8] и приведены в таблице 11, а допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений приведены в таблице 12.

Таблица 11 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

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

Таблица 12 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

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

В зимнее время в помещении предусмотрена система отопления. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [8] и приведен в Таблице 13.

Таблица 13 – Расход свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20...40 м ³ на человека	Не менее 20

6.2.1.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света

Производственное освещение — неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

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

Работа оператора АСУ относится к IV разряду зрительной работы (средней точности). В таблице 14 приведены нормы освещённости помещения для данного разряда [9].

Таблица 14 – Нормирование освещённости для работы за ПК

Разряд зрительной работы	Характеристика	Подразряд	Освещенность (комбинированная система), Лк	Освещенность (общая система), Лк
IV	Средней точности	Б	500	200

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК [9], представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа	6-500
Освещенность на поверхности экрана ПК	не более 300 лк

Яркость бликов на экране ПК	не более 40 кд/м ²
Яркость светящихся поверхностей находящихся в поле зрения	не более 200 кд/м ²
Показатель ослеплённости для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях	не более 20
Показатель дискомфорта в дошкольных и учебных помещениях	не более 15
Соотношения яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

6.2.1.3 Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [10].

Источниками шумов на рабочей площадке в зоне теплообменников являются электроприводы, клапаны, работа насосных агрегатов, трансформаторов.

Источниками шумов в диспетчерской оператора являются работа серверов и компьютеров.

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [10]. Согласно данному документу при выполнении основной работы на персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) уровень шума на рабочем месте не должен превышать 60 дБА.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 16 (Допустимые уровни звукового давления).

Таблица 16 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	125	250	1000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	50	60

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

Так как уровни шумов находятся в допустимых зонах то дополнительных средств индивидуальной защиты от шумов не требуется.

6.2.1.4 Электробезопасность

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

Согласно с [14] рабочие места с ПЭВМ должны быть оборудованы защитным занулением; подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания; необходима изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [14]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия [14].

6.2.1.5 Вибрация

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [11].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

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

Нормы вибраций приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Гигиенические нормы вибрации

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

Основными источниками вибрации на площадке с блоком теплообменников являются работающие задвижки, электроприводы, насосные агрегаты.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы;
- Во время работы насосных агрегатов необходимо использовать средства индивидуальной защиты (специальные рукавицы, перчатки, прокладки, виброзащитная обувь).

6.3 Экологическая безопасность

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

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

Воздействие на атмосферу также незначительное, т. к. системы автоматики позволяют быстро реагировать на любые утечки, аварии и другие опасные ситуации.

Воздействие на гидросферу. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе

трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

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

6.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

В процессе эксплуатации установки комплексной подготовки нефти, а именно хранения осушки, очистки, хранения нефти и газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются «Методика по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу». Испарение нефти и нефтепродуктов с поверхностей происходит достаточно легко при любой температуре. При этом выделяются низкомолекулярные углеводороды с примесями, например, алканы и циклоалканы. Алканы сравнительно малоядовиты и поддаются биологическому разложению, в отличие от циклоалканов, которые плохо поддаются биологическому разложению.

6.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

- Максимальная герметизация производственного процесса;
- Сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти;

- Направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;
- Осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания;
- Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором.

На предприятии проводятся мероприятия по уменьшению удельных показателей выбросов, в частности установка фильтров на дыхательные клапаны резервуаров, сепараторов, отстойниках.

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

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации – это обстоятельства, возникающие в результате аварий, катастроф, стихийных бедствий, диверсий или иных факторов, при которых наблюдается резкое отклонение протекающих явлений и процессов от нормальных, что оказывает отрицательное воздействие на жизнеобеспечение, экономику, социальную сферу и природную среду.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

6.4.1 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые может инициировать объект исследований

Основными вероятными ЧС, при разработке и эксплуатации блока теплообменников на установке комплексной подготовки газа являются пожар и взрыв.

Возникновение пожара в помещении, где установлено дорогостоящее оборудование, приводит к большим материальным потерям и возникновению чрезвычайной ситуации. Возникновение чрезвычайной ситуации может привести к частичной потере информации, связанной с большими трудностями восстановления всей информации в полном объеме, либо к необратимой утрате важной информации.

Согласно нормам технологического проектирования [15], помещение в котором осуществлялась разработка автоматизированной системы управления групповой замерной установки, относится к категории В (пожароопасные).

Основные причины возникновения возгораний:

- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- перегрузка электрических сетей;
- применение неисправных электроприборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т. п.;
- курение в неустановленных местах.

В связи с тем, что установка комплексной подготовки нефти с блоком теплообменников, является взрывоопасной, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются сепараторы, отстойники и трубопроводы, перекачивающие газ, места соединений с исполнительными механизмами. В первую очередь необходимо распределительный шкаф автоматики вынести за блок бокс УКПГ.

6.4.2 Анализ вероятных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований

При вводе в эксплуатацию блока теплообменников установки комплексной подготовки нефти все также вероятными ЧС остаются пожар и взрыв. При этом также необходимо учесть, возможные ЧС аварий связанных с выбросом химических веществ или высокой степени загазованности.

Еще одним вероятным ЧС может быть авария на электроэнергетических установках с длительным перерывом электроснабжения всех потребителей.

6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций и разработка порядка действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами: работа с открытой электроаппаратурой; короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке дисплейной развертки; нарушенная изоляция электрических проводов; несоблюдение правил пожарной безопасности; наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.; наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

Источниками зажигания в диспетчерской могут быть электронные схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Для диспетчерской установлена категория пожарной опасности В - пожароопасные.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются

четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара: обеспечить подъезды к зданию; обесточивание электрических кабелей; наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах; наличие гидрантов с пожарными рукавами; телефонная связь с пожарной охраной; огнетушители: химический пенный ОП-10, порошковый ОП-4 и углекислотный ОУ-2.

Приведение в действие огнетушителя ОП-4.

- Выдернуть опломбированную чеку.
- Отойти от очага пожара на 3-4 м.
- Привести огнетушитель в действие:

с встроенным источником давления – отвести вверх рукоятку запуска газового баллончика, нажать кистью руки на ручку пистолета-распылителя; закачные огнетушители – нажать на ручку запуска.

- Допускается многократное пользование и прерывистое действие.
- Струю огнетушащего порошка направлять под углом 20-30 °С к горячей поверхности.
- После окончания тушения нажать на ручку запуска и выбросить остаток порошка в сторону от себя.

Не разрешается:

1. Эксплуатировать огнетушитель при появлении вмятин, вздутий или трещин на корпусе огнетушителя, на запорно-пусковой головке или на накидной гайке, а также при нарушении герметичности соединений узлов огнетушителя или при неисправности индикатора давления.
2. Располагать огнетушители вблизи отопительных приборов, допускать прямого попадания солнечных лучей на баллоны.
3. Наносить удары по огнетушителю или по источнику вытесняющего газа.
4. Направлять струю ОТВ при работе в сторону близко стоящих людей.

Для предотвращения образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений содержания взрывоопасных веществ применялось герметичное производственное оборудование, смонтированы системы рабочей и аварийной вентиляции, установлен отвод, удаление взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию в соответствии с ГОСТ 12.1.010-76 – Взрывобезопасность [16].

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

Для предотвращения аварий систем электроснабжения иметь резервную систему автономную. При этом учесть категорию потребителя I, спроектировать резервную систему с автоматическим переключением. При вводе в эксплуатацию отключить источники питания, подходящие к объекту до полного монтажа.

Заключение

В результате выполненной работы была спроектирована автоматизированная система «Блока подготовки теплообменников установки комплексной подготовки газа (УКПГ)».

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены особенности технологического процесса работы УКПГ. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации разделителя теплообменника, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Был произведён выбор комплекса аппаратно-технических средств реализации АС, а именно были подобраны ПЛК (OMC 8000), расходомеры (OPTISWIRL 4070), датчики давления (JUMO dTRANS p20), датчик температуры (JUMO 90.1820), уровнемер (OPTIFLEX 4300 C Marine), влагомер (JUMO 907025/64), задвижки (30с941нж с электроприводом Н-В 03) и преобразователь частоты (Lenze 8200 TMD/TML).

Также была разработана схема внешних проводок, благодаря которой в случае отказа системы существует возможность оперативно найти неисправности и легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы пуска/остановка технологического оборудования и управления сбором данных.

Таким образом, спроектированная АСУ теплообменника УКПГ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную АС в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями. Кроме того, SCADA-пакет, который используется на всех уровнях автоматизации, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

В разделе финансовый менеджмент, был построен план график работ для проектирования автоматизированной системы. Был посчитан бюджет на внедрение автоматизации и ее экономический эффект.

В разделе социальная ответственность были рассмотрены воздействия опасных и вредных факторов при работе в диспетчерской на оператора АСУ ТП. Рассмотрены нормирования показателей микроклимата, шума, освещенности. Дополнительных средств индивидуальной защиты не требуется. Была рассмотрена электробезопасность, указаны потенциальные источники поражения электрическим током. Были описаны эргономические требования к рабочему месту оператора АСУ ТП. Подробно рассмотрели ЧС – пожаробезопасность и взрывобезопасность. Описаны потенциальные источники возгорания и взрыва, а также меры безопасности.

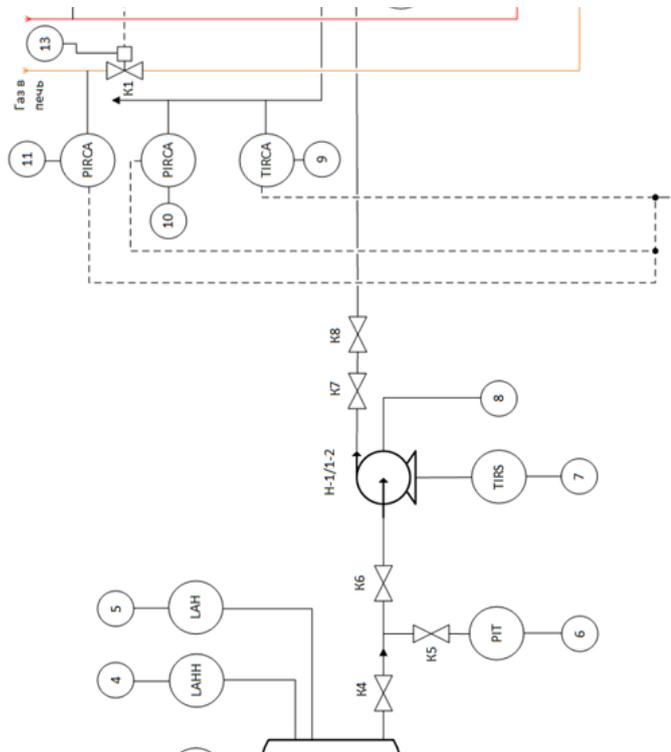
Источники используемой литературы

1. Основы нефтегазового дела: учебное пособие / В. Г. Крец, А. В. Шадрин; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016 – 200 с.
2. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
3. ГОСТ 21.208-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
4. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками).
5. 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.
6. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
7. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
8. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
9. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вицашк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
10. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.

11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
12. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
13. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.
14. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
15. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 671с.
16. ГОСТ Р 12.1.019-2009 (изм. №1) ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
17. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
18. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность. Настоящий стандарт распространяется на производственные процессы (включая транспортирование и хранение), в которых участвуют вещества, способные образовать взрывоопасную среду, и устанавливает общие требования по обеспечению их взрывобезопасности.
19. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Настоящий стандарт устанавливает требования к проведению измерений и оценке воздействия локальной вибрации на рабочем месте.

Приложение А (обязательное)

Функциональная схема автоматизации упрощенного типа



Приложение Б (обязательное)

Техническое задание

Задачи и цели создания АСУ ТП

АСУ ТП реализуются следующие задачи:

- осуществление централизованного контроля и управления технологическим процессом блоком теплообменников;
- предупреждение и предотвращение аварийных ситуаций на производстве;
- повышение эффективности технологических процессов разделителя жидкостей.

Целями создания АСУ ТП являются:

- стабилизация параметров технологического процесса;
- увеличение объёма производимой продукции;
- снижение технико-экономических затрат;
- увеличение качества подготавливаемого газа;
- повышения компетенции инженерно-технического персонала;
- повышение безопасности технологического процесса.

Назначение системы

АСУ ТП предназначена для:

- осуществления стабилизации заданных режимов технологического процесса посредством сбора информации о состоянии технологического процесса, её обработки, визуализации, и выдачи необходимых управляющих воздействий на исполнительную арматуру в режиме реального времени;
- анализа хода технологического процесса, предупреждения аварийных ситуаций и предотвращение аварий посредством переключения технологических узлов в безопасное состояние;

- предоставления административно-техническому производственному персоналу необходимой информации о ходе технологического процесса.

Требования к техническому обеспечению

Комплекс технических средств АС должен быть достаточным для выполнения всех автоматизированных функций АС.

Технические средства, устанавливаемые на открытых площадках, должны быть устойчивыми к воздействию температур от -40 °С до +60 °С, при этом их степень защиты от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

В программно-техническом комплексе АС должна существовать возможность развития системы, а именно должен обеспечиваться резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Измерительное и исполнительное оборудование, используемое в системе, должно отвечать требованиям взрывобезопасности. При выборе датчиков следует отдавать предпочтение приборам с искробезопасными цепями.

Контроллерное оборудование должно иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода.

Требования к метрологическому обеспечению

Измерительные каналы (ИК) системы должны обеспечивать передачу информации с нормируемой точностью. В качестве метрологической характеристики, которая подлежит нормированию, принимается предел допускаемой погрешности канала измерения в нормальных условиях (НУ).

Требуемые нормы погрешности измерения основных параметров технологического процесса приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Требования к погрешности каналов измерения

Измеряемый параметр	Значение погрешности
Температура (разность температур)	$\pm 1,0\%$
Давление (разность давлений)	$\pm 1,0\%$
Уровень	± 10 мм
Расход	$\pm 2,0 \%$
Обводненность	$\pm 1,0\%$

Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение АС должно быть достаточным для выполнения всех функций АС, реализуемых с применением средств вычислительной техники, а также иметь средства организации всех требуемых процессов обработки данных, позволяющие своевременно выполнять все автоматизированные функции во всех регламентированных режимах функционирования АС.

Программное обеспечение АС должно обладать следующими свойствами:

- функциональная достаточность (полнота);
- надежность (в том числе восстанавливаемость, наличие средств выявления ошибок);
- адаптируемость;
- модифицируемость;
- модульность построения;
- удобство эксплуатации.

Требования к информационному обеспечению

В состав информационного обеспечения должны входить следующие категории данных:

- текущие значения технологических параметров, поступающих в систему в результате опроса датчиков и первичной переработки информации;

- усреднённые или сглаженные за определенные периоды времени значения переменных;
- границы переменных различных уровней, настройки алгоритмов управления, информация привязки программного обеспечения к конкретному объекту;
- тексты программ и загрузочные модули.

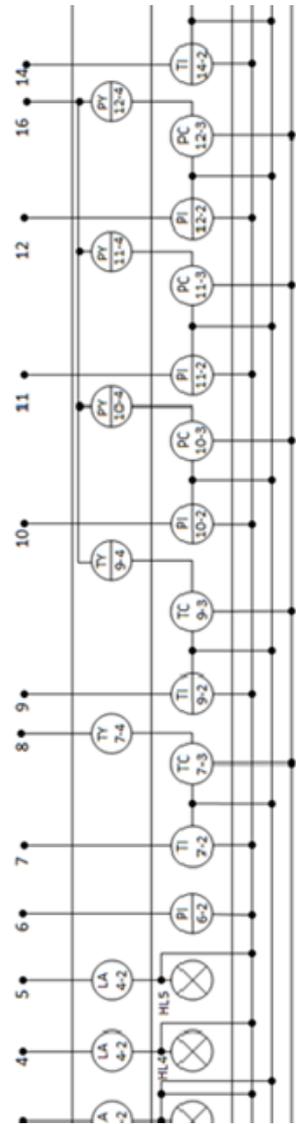
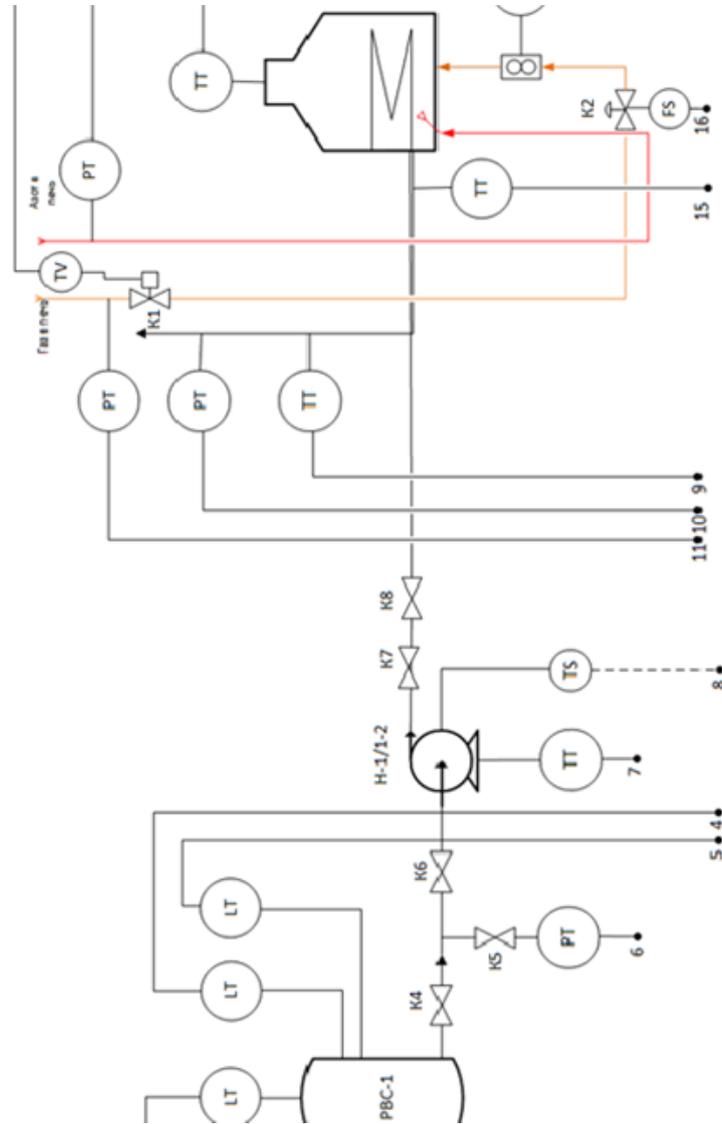
Для обмена информацией в рамках распределённой Системы должна быть создана база данных, обеспечивающая доступ к данным с локальных элементов сети, которыми являются:

- периферийные микропроцессорные устройства – подсистемы управления или контроллеры;
- многофункциональные операторские станции, автоматизированные рабочие места (АРМ);
- инженерная станция.

Для удобства работы технологов-операторов с большими объемами разнообразной информации, и для выработки соответствующих стереотипов взаимодействия с системой, информационное обеспечение Система должна быть структурирована и иметь иерархическую организацию.

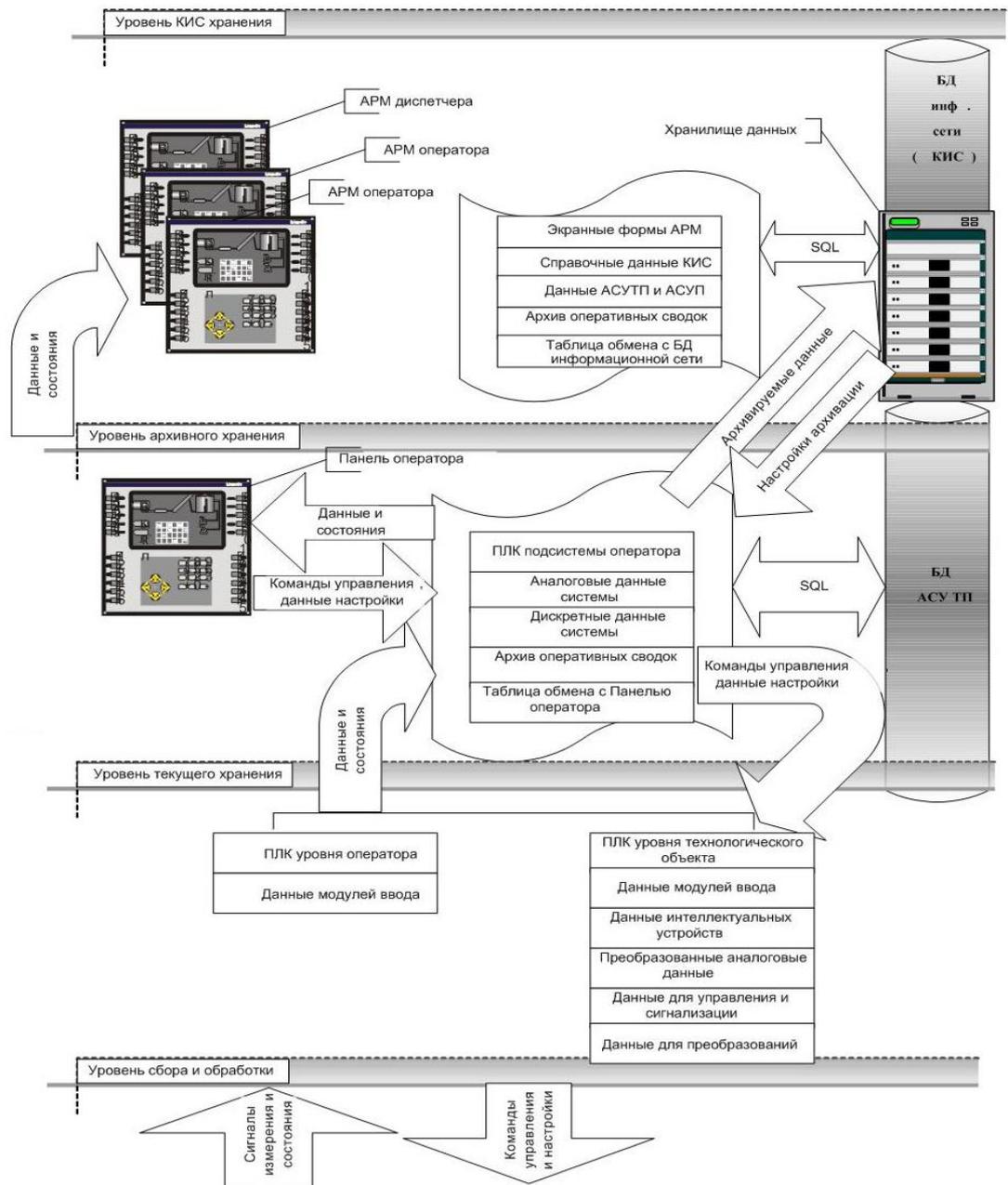
Приложение В (Обязательное)

Функциональная схема автоматизации развернутого типа



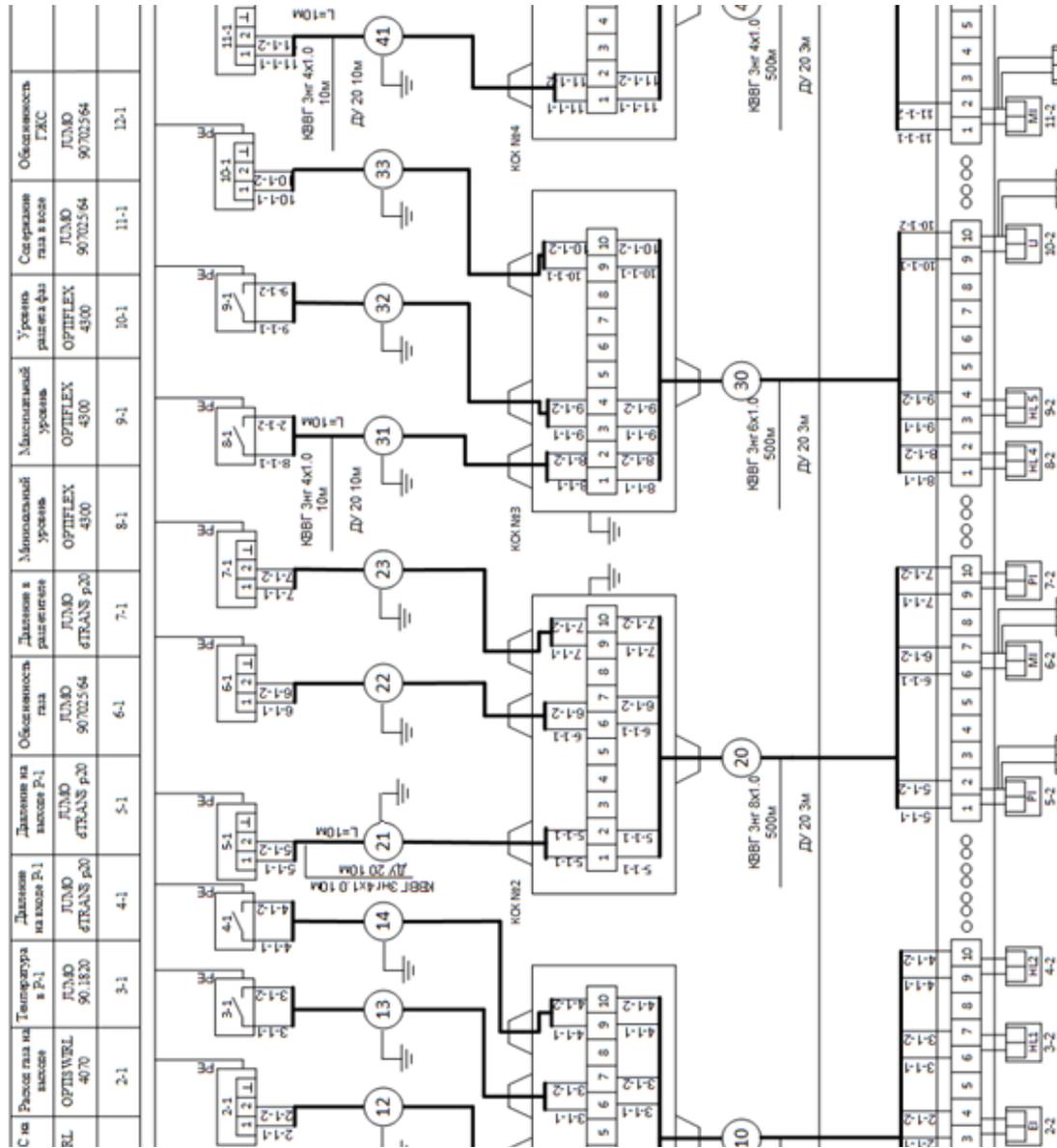
Приложение Г (обязательное)

Схема информационных потоков



Приложение Д (обязательное)

Схема внешних проводов



Приложение Е (обязательное)

Алгоритм сбора данных



