

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование автоматизированной системы приточно-вытяжной вентиляции нефтеперекачивающей станции

УДК 681.586:622.692.4.05:697.92

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3–8Т32	Сабадин Евгений Станиславович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения АиР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за 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>ние результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>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</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения АиР	Громаков Евгений Иванович	Доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т32	Сабадин Евгений Станиславович		

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Отделение школы (НОЦ) _____ Отделение автоматизации и робототехники _____
Уровень образования – бакалавр
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2018 г.	Основная часть	60
02.05.2018 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
03.05.2018 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры СУМ	Семенов Николай Михайлович			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения АиР	Громаков Евгений Иванович	Доцент, к.т.н		

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 110 страниц машинописного текста, 39 рисунков, 35 таблиц, 7 приложений, 1 список использованных источников на 36 наименований.

Ключевые слова: автоматизированная система, насос, насосная станция, насосная станция перекачки нефти, перекачка, насосный агрегат, давление, температура, вибрация, подшипник, вал, электродвигатель, электропривод, нефтеперекачивающая станция, головная нефтеперекачивающая станция, подпорная нефтеперекачивающая станция, узел подключения, фильтр, регулятор давления, гашение ударной волны, ударная волна, комплекс технических средств, программно-технический комплекс, программируемый логический контроллер, нефть, SCADA-система, видеокадр, мнемосхема, автоматизированное рабочее место, структура, иерархия, схема, технология, процесс.

Объектом исследования является нефтеперекачивающая станция.

Цель работы – концептуальное проектирование автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляции нефтеперекачивающей станции с использованием программно-технического комплекса на основе программируемого логического контроллера и SCADA-системы.

Проектируемая система может быть применена на предприятиях нефтегазового комплекса и предназначена для дистанционного управления технологическим процессом насосной перекачки нефти нефтеперекачивающей станции (включая контроль технологических параметров).

При выполнении работы были использованы следующие программные продукты:

- Microsoft Office 2016;
- Autodesk AutoCAD LT 2018;
- Simple SCADA 2.0.

Содержание

Глоссарий	9
Обозначения и сокращения	11
Цвета, используемые при проектировании видеокадров	13
Введение	14
1 Техническое задание	16
1.1 Цель, задачи и функции АСУ ТП	16
1.2 Назначение, состав и характеристика объекта	16
1.3 Требования к АСУ ТП	17
1.3.1 Общие требования к АСУ ТП	17
1.3.2 Требования к структуре АСУ ТП	17
1.3.3 Требования к автоматизируемым функциям АСУ ТП	19
1.3.4 Требования к расширению и модернизации АСУ ТП	19
1.3.5 Требования по стандартизации и унификации	20
1.4 Требования к видам обеспечений АСУ ТП	20
1.4.1 Требования к техническому обеспечению АСУ ТП	20
1.4.2 Требования к программному обеспечению АСУ ТП	21
1.4.3 Требования к информационному обеспечению АСУ ТП	22
1.4.4 Требования к математическому обеспечению АСУ ТП	22
2 Основная часть	23
2.1 Описание технологического процесса на НПС	23
2.2 Выбор архитектуры и профиля АС	26
2.3 Разработка структурной схемы	31
2.4 Разработка схем автоматизации	34
2.5 Разработка схемы информационных потоков	35
2.6 Выбор комплекса технических средств	37
2.6.1 Выбор контроллерного оборудования	38
2.6.1.1 Модуль центрального процессора 1756-L62	42
2.6.1.2 Источник питания 1756-PA72	43
2.6.1.3 Шасси 1756-A4, 1756-A7	43
2.6.1.4 Модуль коммуникационный Ethernet 1756-EN2TR	44
2.6.1.5 Модуль ввода дискретных сигналов 1756-IB32	44
2.6.1.6 Модуль вывода дискретных сигналов 1756-OB32	45
2.6.1.7 Модуль ввода аналоговых сигналов 1756-IF16H	46
2.6.2 Выбор полевого оборудования	46
2.6.2.1 Манометры WKA 233.50 и 733.51	46
2.6.2.2 Датчики давления Метран-150	48
2.6.2.3 Термопреобразователь сопротивления Метран-2000	50
2.6.2.4 Газоанализатор ИДК-09	51
2.6.3 Выбор исполнительных устройств	52
2.6.3.1 Электропривод АУМА	52
2.6.4 Нормирование погрешности канала измерения	53
2.7 Разработка схем соединений внешних проводов	54
2.8 Разработка алгоритмов управления	56

2.9	Разработка алгоритмов автоматического управления технологическим параметром	57
2.10	Разработка мнемосхем	61
2.10.1	Общая информация	61
2.10.2	Основные функции	63
2.10.2.1	Управление	63
2.10.2.2	Отображение	64
2.10.2.3	Перечень соглашений	65
3.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	70
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования	70
3.2	Анализ конкурентных технических решений	70
3.3	SWOT – анализ	73
3.4	Планирование научно-исследовательских работ	74
3.4.1	Структура работ в рамках научного исследования	74
3.4.2	Разработка графика проведения научного исследования	75
3.5	Бюджет научно-технического исследования	78
3.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование	78
3.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы	78
3.5.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	79
3.5.5	Накладные расходы	80
3.5.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	80
3.7	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	81
4.	Социальная ответственность	87
4.1.	Профессиональная социальная безопасность	87
4.1.1.	Анализ вредных факторов	88
4.1.2.	Анализ опасных факторов	92
4.2.	Экологическая безопасность	94
4.3.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
4.1.1.	Пожарная безопасность	96
4.2.	Особенности законодательного регулирования проектных решений	97
	Заключение	100
	Список использованных источников	101

Глоссарий

Термин	Определение
Автоматизированная система управления (АСУ)	Комплекс аппаратных и программных средств, а также персонала, предназначенный для управления для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин «автоматизированная», в отличие от термина «автоматическая» подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.
Интерфейс (RS-232, 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.
Профиль автоматизированной системы (АС)	Понятие «профиль» (ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10000-1-99) определяется как <i>множество, состоящее из одного или нескольких базовых стандартов и(или) МФС, а также, при необходимости, из определений выбранных классов, соответствующих подмножеств, вариантов и параметров, определенных в данных базовых стандартах или МФС, необходимое для выполнения конкретной функции</i> . Иными словами, понятие «профиль» можно расшифровать как <i>подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий, необходимые для реализации требуемых наборов функций АС</i> . Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая <i>OSE/RM</i> (Open System Environment/Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 10000-3-99.
Протокол (Profibus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, DeviceNet, ProfiNet, ControlNet и др.)	Набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение интеллектуальными устройствами.
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы.
Технологический процесс (ТП)	Последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. ТП состоит из рабочих операций, которые, в свою очередь, складываются из рабочих движений (приемов).
Архитектура АС	Набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС.
SCADA-система (от англ. – Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)	Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных.








Термин	Определение
ФЮРА.425280	<p>ФЮРА – четырехзначный буквенный код организации-разработчика, назначаемый по кодификатору (для ТПУ утвержден код ФЮРА).</p> <p>425280 – код классификационной характеристики проектной продукции по Общероссийскому классификатору продукции (Программно-технические комплексы для распределенного автоматизированного управления технологическим объектом, многофункциональные)</p>
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.
ОРС-сервер	Программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС.
Стандарт	<p>Образец, эталон, модель, принимаемые за исходные данные для сопоставления с ними др. подобных объектов.</p> <p>Стандарт в РФ – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.</p>
Объект управления (ОУ)	Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания автоматизированной системы управления.
Программируемый логический контроллер (ПЛК)	<p>Специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.</p> <p>В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода/вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды.</p> <p>ПЛК являются устройствами реального времени.</p>
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	Программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида АС.
Тэг	Идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

Обозначения и сокращения

Аббревиатура	Расшифровка
ANSI/ISA	American National Standards Institute/Instrument Society of America – Американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей
API	Application Program Interface – интерфейс прикладных программ
EEI	External Environment Interface – интерфейс внешнего окружения
HMI	Human Machine Interface – человеко-машинный интерфейс
IP	International Protection – степень защиты
ODBC	Open DataBase Connectivity – программный интерфейс доступа к БД
OLE	Object Linking and Embedding – протокол, определяющий взаимоотношение различных прикладных программ при их компоновке в единый объект/документ
OPC	Object Protocol Control – OLE для управления процессами
OSE/RM	Open System Environment/Reference Model – базовая модель среды открытых систем
OSI	Open System Interconnection – эталонная модель взаимодействия открытых информационных систем
PLC	Programmable Logic Controller – программируемый логический контроллер
SNMP	Simple Network Management Protocol – протокол управления сетями связи на основе архитектуры TCP/IP
АКБ	Аккумуляторная батарея
АРМ	Автоматизированное рабочее место
АС (АСУ)	Автоматизированная система (автоматизированная система управления)
АСУ ТП	Автоматизированная система управления технологическим процессом
АЦП	Аналогово-цифровой преобразователь
БГУВ	Блок гашения ударной волны
БД	База данных
БУУ	Бак улавливания утечек
ГОСТ	Государственный стандарт
ДВК	Довзрывоопасная концентрация
ЗИП	Запасные части, инструменты и принадлежности
ЗРА	Запорно-регулирующая аппаратура
ИБП	Источник бесперебойного питания
ИК	Измерительный канал
ИМ (ИУ)	Исполнительный механизм (исполнительное устройство)
КВО/КВЗ	Концевой выключатель открытия/закрытия
КИП	Контрольно-измерительные приборы
КМХ	Контроль метрологических характеристик
КРД (ПРД)	Камера (площадка) регулирования давления
КТС	Комплекс технических средств
ЛВС	Локальная вычислительная сеть

Аббревиатура	Расшифровка
МВО/МВЗ	Моментный выключатель открытия/закрытия
МИ	Методика измерений
НА	Насосный агрегат
НКПР	Нижний концентрационный предел распространения пламени
НПС (ПНПС)	Нефтеперекачивающая станция (подпорная)
НТД	Нормативно-техническая документация
ОУ (ОР)	Объект управления (регулирования)
ПЛК	Программируемый логический контроллер
ППО (ПО)	Прикладное программное обеспечение (программное обеспечение)
ПТК (ПТС)	Программно-технический комплекс (программно-технические средства)
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
СИ	Средство измерения
СУБД	Система управления базами данных
СК	Сухой контакт
ТЗ	Техническое задание
ТП	Технологический процесс
ТС (ТСП)	Термопреобразователь сопротивления (платиновый)
УПН	Установка подготовки нефти
УСО	Устройство сопряжения (связи) с объектом – устройство ввода/вывода
УУН	Узел учета нефти
ФГУ	Фильтр-грязеуловитель
ЦАП	Цифро-аналоговый преобразователь
ЧМИ	Человеко-машинный интерфейс
ЭВМ	Электронно-вычислительная машина

Цвета, используемые при проектировании видеокадров

Цвет	Название	RGB-код	Описание
	Темно-серый	40, 40, 40	Фон видеокадра
	Светло-серый	159, 159, 159	Неактивное состояние дискретного параметра Дренажная линия трубопровода Технологическое оборудование Нет связи с задвижкой Насос отключен Аналоговый параметр в норме
	Желтый	255, 255, 0	Предупредительное состояние дискретного параметра Газовая линия трубопровода Допустимое значение параметра «уровень» Задвижка закрыта Нарушение допустимых норм аналогового параметра
	Зеленый	0, 255, 0	Рабочее состояние дискретного параметра Водяная линия трубопровода Задвижка открыта Насос включен
	Красный	255, 0, 0	Аварийное состояние дискретного параметра Аварийное значение параметра «уровень» Неисправность Авария задвижки Авария насоса Нарушение предельных норм аналогового параметра
	Коричневый	109, 54, 0	Нефтяная (эмульсионная) линия трубопровода Канал в режиме маскирования
	Фиолетовый	208, 0, 208	Канал в режиме имитации

Введение

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций [26].

Для достижения высокой степени автоматизации требуется применение дополнительного оборудования: датчиков (сенсоров), устройств ввода/вывода/ввода-вывода, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств и механизмов. Современные устройства используют электронную технику и методы вычислений, иногда напоминающие нервные и мыслительные функции человеческого мозга.

Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. Изначально реализовывала лишь частичная автоматизация отдельных операций технологического процесса. Сегодня же, сфера применения автоматизации является достаточно обширной и охватывает множество основных и вспомогательных операций технологических процессов. Более того, сейчас можно говорить о полной автоматизации процессов и производств, при которой роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за функционированием оборудования, а также настройкой и наладкой различной аппаратуры.

В последнее время функции, выполняемые автоматизированными системами, непрерывно пополняются задачами автоматической перенастройки оборудования для удовлетворения изменяющимся условиям работы, что позволяет достичь наиболее эффективных и оптимальных режимов работы разнообразных установок. Кроме того, с помощью автоматизации удастся повысить и уровень безопасности в работе.

Именно поэтому целью выпускной квалификационной работы стало проектирование автоматизированной системы управления приточно-вытяжной вентиляции на нефтеперекачивающей станции. Разработка данного проекта позволит систематизировать и расширить базу теоретических знаний, а также приобрести практические навыки в сфере проектирования автоматизированных систем объектов нефтегазовой отрасли.

Для достижения поставленной цели в процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- 1 разработка технического задания;
- 2 изучение и описание технологического процесса;
- 3 разработка графических материалов:
 - принципиальной технологической схемы;
 - схемы структурной комплекса технических средств;
 - схем автоматизации;
 - схем соединений внешних проводок;
 - чертежей видеокадров (мнемосхем);
- 4 выбор комплекса технических средств;
- 5 разработка перечней входных/выходных сигналов и данных;
- 6 описание алгоритмов.

1 Техническое задание

1.1 Цель, задачи и функции АСУ ТП

Целью создания автоматизированной системы управления (АСУ) приточно-вытяжной вентиляции нефтеперекачивающей станции (НПС) является реализация функций автоматизированного управления технологическим процессом.

Основные задачи и функции АСУ ТП:

- повышение безопасности и надежности эксплуатации приточно-вытяжной вентиляции;
- оптимальное управление приточно-вытяжной вентиляцией;
- контроль за состоянием технологического оборудования;
- управление технологическим оборудованием;
- формирование отчетов по работе оборудования;
- отображение состояния технологических объектов;
- сигнализация об аварийных ситуациях;
- передача команд управления оборудованием;
- ведение отчетов и расчетных операций;
- оперативно-справочные задачи.

1.2 Назначение, состав и характеристика объекта

Расчетная температура окружающего воздуха на открытых площадках находится в диапазоне от – 50 до + 40 °С. Расчетная температура окружающего воздуха в закрытых помещениях – от + 18 до + 25 °С.

Режим работы объекта – круглосуточный, круглогодичный.

Состав вентиляционного оборудования представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Состав вентиляционного оборудования

№	Наименование объекта / сооружения
1	Группа промышленных вентиляторов (приточно-вытяжной системы).
2	Система воздуховодов.
3	Воздухозаборная решетка.

4	Воздушный клапан с электроприводом.
5	Воздушный фильтр.
6	Калорифер.
7	Шумоглушитель.
8	Распределители воздуха и адаптеры (решетки и диффузоры).
9	Переточные решетки.
10	Рекуператор.

1.3 Требования к АСУ ТП

1.3.1 Общие требования к АСУ ТП

АСУ ТП приточно-вытяжной вентиляции должна строиться как открытая иерархически распределенная система, с использованием стандартных протоколов межуровневого обмена.

Программно-технические средства (ПТС) системы, входящие в комплекс технических средств (КТС) должны иметь необходимые сертификаты соответствия.

На всех уровнях АСУ ТП должна быть обеспечена защита от несанкционированного доступа к ее функциям и информации с помощью паролей, определяющих права доступа, ключей или других способов.

1.3.2 Требования к структуре АСУ ТП

Структура АСУ ТП должна быть предусмотрена такой, чтобы исключить наличие узлов (единичных элементов и связей), отказ которых приведет к отказу АСУ ТП в целом.

Проектируемая АСУ ТП должна строиться по трехуровневому иерархическому принципу (приложение Б).

К нулевому (нижнему) уровню АСУ ТП должны относиться:

- местные и показывающие приборы;
- первичные средства измерения и датчики технологических параметров;
- исполнительные механизмы;
- аппаратура местного управления.

Связь между оборудованием нулевого и первого (среднего) уровней должна осуществляться при помощи проводных связей, посредством унифицированных аналоговых и дискретных электрических сигналов.

Средний уровень АСУ ТП должен быть построен на программируемом логическом контроллере (ПЛК).

Второй (верхний) уровень АСУ ТП должен быть представлен автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора. АРМ выполняет функции предоставления оператору необходимой информации и приема от него команд управления автоматизируемыми объектами.

Обобщенная структура управления приведена в приложении В.

АРМ оператора предоставляет персонализированный доступ к данным по любым функциональным задачам как в мнемографическом представлении (мнемосхемы, тренды, гистограммы и пр.), так и в табличном виде (сводки, рапорты, отчеты и т.д.).

Так же ко второму уровню АСУ ТП относится серверное оборудование (сервер БД, сервер ввода/вывода). Сервер БД выполняет функции долгосрочного хранения, обработки и предоставления информации по запросу. Сервер ввода/вывода выполняет функции краткосрочного хранения, обработки и предоставления информации на АРМ оператора.

Обмен данными между оборудованием среднего и верхнего уровней должен осуществляться при помощи резервированных специализированных промышленных компьютерных сетей высокой производительности.

Резервирование сети Ethernet должно быть выполнено на физическом уровне посредством установки отдельных коммутаторов и подключением их к среднему уровню. Также все АРМ должны быть оснащены дополнительной сетевой платой, позволяющей подключаться к резервированной сети Ethernet.

Системное и прикладное программное обеспечение АРМ операторов должно включать:

- операционная система;
- SCADA-система;

- база данных реального времени с функцией архивирования;
- средства антивирусной защиты;
- средства резервного копирования и восстановления систем;
- специализированное прикладное ПО.

1.3.3 Требования к автоматизируемым функциям АСУ ТП

Автоматизация должна предусматривать следующее:

1 Местный контроль:

- давления на выкиде приточного вентилятора №1, 2;
- давления на выкиде вытяжного вентилятора №1, 2.

2 Дистанционный контроль:

- загазованности в помещении;
- температуры теплоносителя;
- температуры помещения;
- температуры окружающей среды;

3 Контроль состояния, местное и дистанционное (ручное с АРМ оператора и автоматическое (АСУ ТП)) управление электроприводной запорной арматурой.

1.3.4 Требования к расширению и модернизации АСУ ТП

В шкафу АСУ ТП должно быть предусмотрено не менее 15 % свободного места для размещения дополнительного оборудования. Контроллеры должны иметь 20 % запас по аналоговым входам/выходам и 30 % запас по дискретным входам/выходам.

Должна обеспечиваться возможность по наращиванию АСУ ТП путем непосредственного дополнения, а не изменения, технических средств и минимального изменения ПО и конфигурации АСУ ТП.

1.3.5 Требования по стандартизации и унификации

Проектируемая АСУ ТП должна быть универсальной и соответствовать современным тенденциям в области создания систем по функциональному развитию, удобству эксплуатации и обслуживания.

Технические и программные решения, применяемые в проектируемой АСУ ТП, должны быть максимально унифицированы.

1.4 Требования к видам обеспечений АСУ ТП

1.4.1 Требования к техническому обеспечению АСУ ТП

Оборудование нижнего уровня должно удовлетворять следующим требованиям:

- выходной сигнал интеллектуальных датчиков: 4-20 мА + HART;
- выходной сигнал сигнализаторов: 24 В СК;
- присоединение к процессу: резьбовое или фланцевое;
- взрывозащищенное исполнение.

Оборудование, размещаемое во взрывоопасных зонах, должно иметь вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» или «взрывонепроницаемая оболочка» и уровень взрывозащиты не хуже, чем «взрывобезопасное электрооборудование».

Контроль и управление электроприводной запорной из АСУ ТП должен быть выполнен с помощью дискретных сигналов 24 В СК.

Управление насосными агрегатами должно быть выполнено с помощью дискретных сигналов 220 В.

Монтаж приборов и преобразователей должен предусматриваться непосредственно на технологических трубопроводах или оборудовании с помощью закладных конструкций и отборных устройств. Для возможности монтажа манометров и датчиков давлений/перепадов давлений, без остановки технологического процесса, конструкцией отборного устройства должен быть предусмотрен вентиль.

Первый уровень АСУ ТП должен быть построен на программируемых логических контроллерах (ПЛК).

Второй уровень АСУ ТП должен быть представлен АРМ оператора, предназначенный для автоматизации следующих функций:

1 дистанционный контроль за:

- ходом ТП;
- состоянием технологического оборудования;
- состоянием средств КИПиА;

2 выполнение автоматического, дистанционного ручного управления технологическим оборудованием;

3 настройка параметров функционирования объекта;

4 ведение архива технологической информации;

5 изготовление печатных копий отчетов и сообщений АСУ ТП.

1.4.2 Требования к программному обеспечению АСУ ТП

Прикладное программное обеспечение (ППО) контроллерного оборудования должно разрабатываться на стандартных языках программирования в соответствии с требованиями нормативного документа ИЕС (МЭК) 61131-3. Проектируемая АСУ ТП должна иметь полный набор аппаратного и программного обеспечения для создания и редактирования аппаратной конфигурации и баз данных системы. Загрузка измененных или созданных программ в отдельные узлы при работе системы должна осуществляться без нарушения ее работы.

Программное обеспечение АСУ ТП должно обеспечивать выполнение следующих функций:

- отображение на мнемосхемах АРМ оператора данных о состоянии оборудования и ходе технологического процесса;
- операции над переменными – их вычисление, масштабирование, линеаризация и т.д.;
- управление контурами регулирования;
- алгоритмы технологических защит и блокировок.

1.4.3 Требования к информационному обеспечению АСУ ТП

Для обеспечения консервативности восприятия информации у оператора и выработки им рабочих навыков в системе должна быть предусмотрена иерархическая организация соответствующей технологической информации в естественной, привычной для технологического персонала форме:

- установка;
- технологический блок или участок;
- единица оборудования;
- параметр.

1.4.4 Требования к математическому обеспечению АСУ ТП

Алгоритмы, входящие в состав математического обеспечения АСУ ТП, должны обладать полнотой и четкостью, а также предусматривать выполнение всех требуемых функций системы.

Под полнотой алгоритма следует понимать охват им всей совокупности вспомогательных процессов ТП и их отдельного взаимодействия друг с другом, под четкостью – охват всех возможных вариантов исхода возникающих в системе ситуаций и содержание конкретных действий для их предотвращения.

В рамках математического обеспечения должны быть разработаны следующие алгоритмы:

- алгоритмы управления исполнительными механизмами и сигнализаторами;
- алгоритмы обработки сигналов;
- алгоритмы сигнализаций, защит и блокировок.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса на НПС

Приточно-вытяжной вентиляцией называют специальную эффективную систему вентиляции, в основе которой лежит замена формирующегося в процессе эксплуатации здания воздуха на свежий воздух с улицы. То есть данный тип вентиляционных систем обеспечивает приток нового воздуха в помещение и удаление застоявшегося воздуха из здания наружу.

Чистый свежий воздух является одним из необходимых условий для нормальной жизнедеятельности человека. Часто вредный фактор для организма человека на производстве связан с наличием промышленной пыли, продуктов горения, выбросов газов. Для решения данной проблемы разрабатываются различные вентиляционные системы, среди которых самой популярной на сегодняшний день считается приточно-вытяжная система вентиляции. Обеспечивая постоянное отведение отработанного воздуха из помещения, своевременно очищая и нагревая поступающий воздух, рекуперация тепла.

Кратность воздухообмена рассчитывается исходя из следующих основных параметров:

- назначение помещения;
- объем помещения и интенсивность его использования.

Нормативная кратность воздухообмена определена для каждого типа помещений строительными нормами и правилами - СНиПами. Для воздухообмена щитового помещения и мастерской котельного цеха ТЭЦ норма составляет от 180 до 240 м³ в час. Норма для одного человека составляет 30 м³ в час.

Согласно названию, приточно-вытяжная система в своем составе имеет две независимых части, которые обеспечивают нормальное функционирование всей системы. Так приточная часть системы обеспечивает принудительное поступление воздуха в помещение его нагрев, очистку при необходимости также может его и охлаждать. Назначение второй части также становится понятным из его названия, а именно обеспечивает отток воздуха из рабочей зоны. Очень часто

в этом случае используют просто воздуховод, тем не менее, иногда могут устанавливаться специальные вытяжные системы.

Так как в зимний период необходимо нагревать поступающий с улицы воздух, для этого использовано комплексное решение, в которой участвуют несколько теплообменников. Первоочередным нагревателем является калорифер, он может быть либо электрическим, либо водяным. Электрический используется в небольших помещениях: жилые помещения, малые офисы. Для больших помещений, как и в нашем случае, свыше 150 м², используют водный калорифер (подключается к системе центрального или автономного водяного отопления). Для поддержания стабильной работы и точного регулирования температуры в помещении, плавно изменяется мощность нагревателя. Для обеспечения такой тонкой настройки используется узел обвязки. Он позволяет плавно регулировать поток жидкости в калорифер, изменяя тем самым его теплоотдачу и поддерживая температуру воздуха в помещении на заданном уровне, согласно нормативно-технической документации.

Для обеспечения дополнительной эффективности нагревательной системы вентиляции, дополнительным более точным контролем температуры в помещении и для повышения коэффициента полезного действия приточно-вытяжной системы вентиляции, мной был добавлен в данный проект рекуператор. Обоснованием данной доработки является один из основных минусов комбинированной вытяжной и приточной вентиляции - снижение КПД. Для его увеличения на 10-15% была разработана система приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией. Её основой является устройство, называемое рекуператором, главной задачей которого является экономия энергосбережения.

Принцип действия приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией достаточно несложен: выходящий из помещения теплый воздух направляется в теплообменник. В нем он нагревает встречный поток чистого холодного воздуха, идущего в помещение на его замену. Потoki теплого отработанного и холодного чистого воздуха не смешиваются между собой, а только участвуют в процессах теплового обмена.

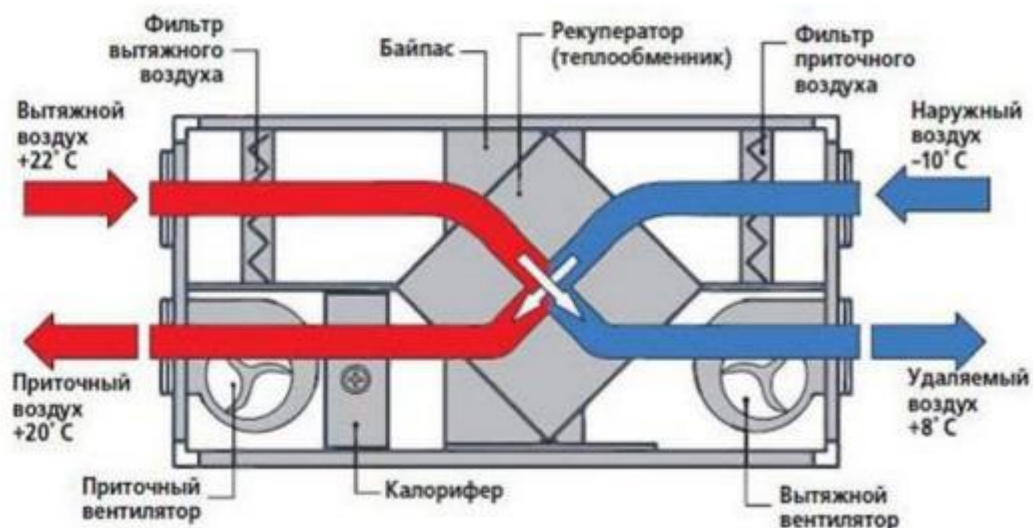


Рисунок 1 – Принцип работы приточно-вытяжной вентиляции

Системы вентиляции с рекуперацией могут монтироваться не только в жилых или офисных помещениях, но и в гаражах или помещениях производственного типа или помещениях с высоким содержанием вредных веществ.

Производители выпускают устройства, рассчитанные на различные объёмы помещений и с фильтрами разной степени очистки.

В настоящее время набирают популярность электронно-коммутируемые вентиляторы с двигателем постоянного тока и встроенным регулятором скорости вращения (аналог DC-инверторных двигателей компрессоров кондиционеров). Новые вентиляторы сохраняют высокий КПД во всем диапазоне скоростей вращения, имеют встроенную защиту от пропадания фазы, перегрева или механической блокировки рабочего колеса. На базе таких вентиляторов возможно создание систем с переменным расходом воздуха.

Основным источником шума при работе вентилятора являются турбулентные завихрения воздуха на его лопастях, то есть аэродинамические шумы. Для снижения этих шумов используется звукопоглощающий материал, которым облицовываются одна или несколько стенок шумоглушителя. Степень звукопоглощения определяется, в первую очередь, длиной шумоглушителя — удовлетворительных результатов можно добиться, используя шумоглушители длиной не менее 1 метра.

2.2 Выбор архитектуры и профиля АС

При разработке архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС следует обратить внимание на ее профиль [1]. Профиль – это набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи. Методологической основой для разработки профиля АС выбрана модель OSE/RM, определяющая концептуальный базис и систематический подход к классификации интерфейсов и сервисов АС как открытой программно-технической системы.

Основными целями применения профилей при создании и применении АС являются:

- снижение трудоемкости, длительности, стоимости и улучшение других технико-экономических показателей проектов АС;
- повышение качества разрабатываемых или применяемых покупных компонентов и АС в целом при их разработке, приобретении, развитии и модернизации;
- обеспечение расширяемости АС по набору прикладных функций и масштабируемости в зависимости от размерности решаемых задач;
- обеспечение возможности функциональной интеграции в АС задач, ранее решавшихся отдельно;
- обеспечение переносимости прикладного программного обеспечения между разными аппаратно-программными платформами.

Профили АС включают в себя следующие группы [1]:

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

В качестве различных профилей АС выбраны:

- профиль прикладного программного обеспечения (ППО) – SCADA-система Simple SCADA 2.0 (с обязательным интегрированным HMI);
- профиль среды АС – операционная система Windows 10;

– профиль защиты информации - включает в себя стандартные средства защиты Windows 10;

– профиль инструментальных средств – основан на использовании среды OpenPCS.

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

- внешняя среда (полевой уровень) АС;
- платформа сервисов;
- ППО (верхний уровень).

Уровни взаимодействуют между собой посредством интерфейсов.

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM [1] представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Концептуальная OSE/RM модель ПО АС

Как видно из рисунка 1 эталонная модель является трехмерной. По вертикали в ней можно выделить следующие компоненты:

- приложение;
- платформу;
- внешнюю среду;
- интерфейс приложения с платформой;

- интерфейс платформы с внешней средой.

По горизонтали имеются следующие компоненты (функциональные области):

- службы операционной системы;
- службы интерфейса «человек-машина»;
- служба управления данными;
- служба обмена данными;
- служба машинной графики;
- служба сетевого управления.

К третьему измерению относятся:

- служба поддержки разработки ПО;
- службы защиты информации;
- интернационализация;
- служба поддержки распределенной системы.

Концептуальная эталонная OSE/RM-модель компьютеризированной среды управления технологическими процессами предусматривает выделение трех сущностей:

- ППО (SCADA, HMI, СУБД);
- прикладные платформы сервисов ПО;
- прикладные платформы внешнего окружения и интерфейсов между ними.

Наиболее актуальными архитектурами АС являются открытые распределенные АС с архитектурой «клиент-сервер». Такими являются практически все современные SCADA-системы, использующие стандарты OPC.

Стандарты OPC – это стандарты подключаемости компонентов АС. Они разработаны с целью сокращения затрат на создание и сопровождение приложений промышленной автоматизации. Их применение решает вопросы обмена данными с устройствами разных производителей или по разным протоколам обмена данными.

Девиз OPC: открытые коммуникации по открытым протоколам. OPC – это набор спецификаций стандартов. Каждый стандарт описывает набор функций определенного назначения. Текущие стандарты:

- OPC DA (Data Access);
- OPC AE (Alarms & Events);
- OPC DX (Data eXchange);
- OPC HDA (Historical Data Access);
- OPC Security;
- OPC XML-DA.

На рисунке 2 приведена структура OPC взаимодействий в АС.

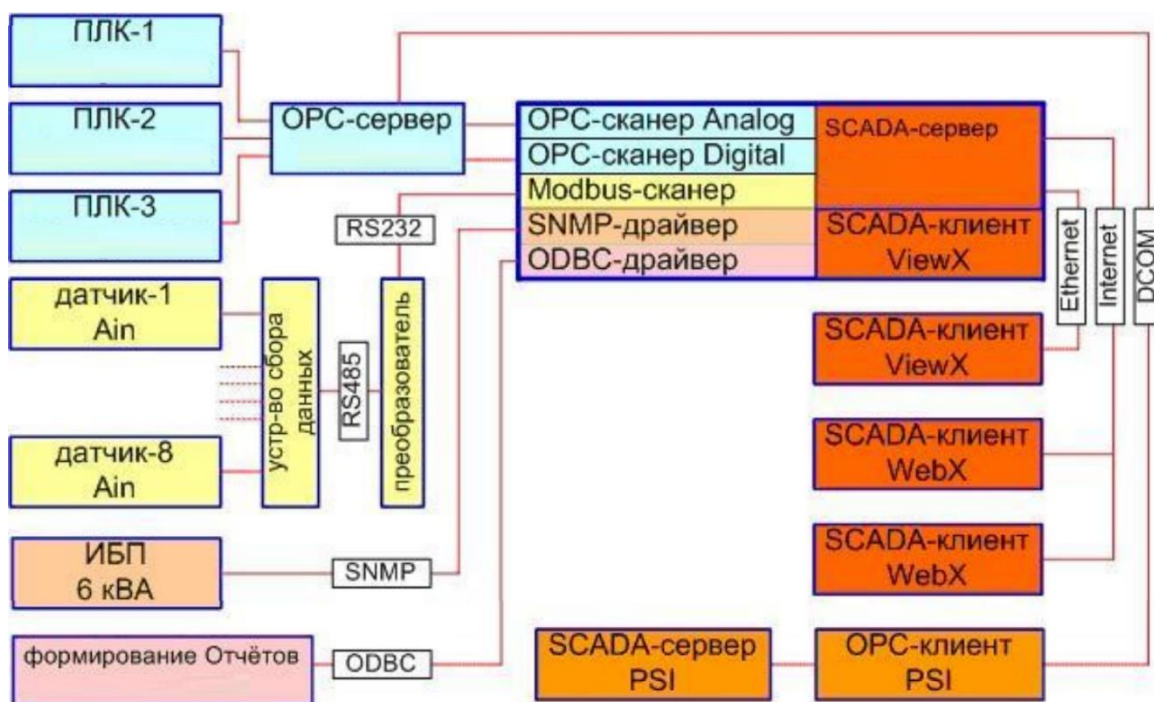


Рисунок 2 – Структура OPC взаимодействий

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

Используемые информационные протоколы в рамках модели OSI:

- физический уровень: RS-232, RS-485;

- канальный уровень: Ethernet (семейство IEEE 802.3), ModBus;
- сетевой уровень: IPv4;
- транспортный уровень: TCP, HDCL.

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

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

Основополагающим документом в области защиты информации в распределенных системах являются рекомендации X.800, принятые МККТТ (сейчас ИТУ-Т) в 1991 г. Подмножество указанных рекомендаций составляет профиль защиты информации в АС с учетом распределения функций защиты информации по уровням концептуальной модели АС и взаимосвязи функций и применяемых механизмов защиты информации.

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

- с контролем производительности и корректности функционирования системы в целом;
- управлением конфигурацией прикладного программного обеспечения, тиражированием версий;

- управлением доступом пользователей к ресурсам системы и конфигурацией ресурсов;
- перенастройкой приложений в связи с изменениями прикладных функций АС;
- настройкой пользовательских интерфейсов (генерация экранных форм и отчетов);
- ведением БД системы;
- восстановлением работоспособности системы после сбоев и аварий.

2.3 Разработка структурной схемы

Структурная схема АСУ ТП построена по трехуровневому иерархическому принципу.

К нулевому уровню относятся:

- манометры избыточного и дифференциального давления;
- датчики избыточного и дифференциального давления;
- датчики загазованности;
- световые и светозвуковые сигнализаторы;
- электроприводные задвижки.

На нулевом уровне обеспечиваются:

- первичные измерения технологических параметров;
- контроль состояния технологического оборудования;
- формирование световых и звуковых предупредительных и аварийных сигналов;
- формирование управляющих воздействий с помощью кнопок местного управления;
- передача значений технологических параметров и информации о состоянии оборудования на первый уровень системы;
- исполнение команд управления.

Первый уровень АСУ ТП представлен построен на базе ПЛК.

Контроллер размещается в шкафу ПЛК. В этом же шкафу на шасси модули ввода/вывода контроллерного оборудования. Для трансляции диагностических данных с датчиков на АРМ оператора, в контроллере используются аналоговые модули с поддержкой HART-протокола.

Подключение аналоговых датчиков к модулям ввода/вывода контроллерного оборудования осуществляется через искробезопасные барьеры и повторители источников питания. Подключение дискретных датчиков и исполнительных механизмов (ИМ) осуществляется через реле.

Для питания шкафного оборудования в шкафу ПЛК предусмотрен шкаф питания, в котором установлены источники бесперебойного питания (ИБП) с аккумуляторными батареями (АКБ).

На первом уровне АСУ ТП выполняется:

- сбор и первичная обработка информации, поступающей от датчиков и измерительных преобразователей;
- сбор и первичная обработка информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров;
- передача данных, поступающих от контроллеров, встроенных в блоки управления технологических агрегатов и установок;
- обмен информацией (прием и передача) со средним уровнем управления;
- управление технологическим процессом на основе собранной информации и команд, поступивших со среднего уровня управления от оператора-технолога;
- автоматическое тестирование элементов местной автоматики и контроллеров блоков управления;
- передача информации на верхний уровень управления.

Второй уровень АСУ ТП представлен АРМ оператора, который выполняет функции предоставления оператору необходимой информации и приема от него команд управления автоматизируемыми объектами.

АРМ оператора предоставляет персонализированный доступ к данным по любым функциональным задачам как в мнемографическом представлении (мнемосхемы, тренды, гистограммы и пр.), так и в табличном виде (сводки, рапорты, отчеты и т.д.).

Для вывода сводок и отчетов предусмотрены принтеры, подключенные в общую локально-вычислительную сеть (ЛВС).

Так же ко второму уровню АСУ ТП относится серверное оборудование (сервер БД, сервер ввода/вывода). Сервер БД выполняет функции долгосрочного хранения, обработки и предоставления информации по запросу. Сервер ввода/вывода выполняет функции краткосрочного хранения, обработки и предоставления информации на АРМ оператора.

АРМ оператора связан с ПЛК первого уровня посредством сети Ethernet, через серверную стойку при помощи коммутаторов.

Системное и прикладное программное обеспечение АРМ операторов включает:

- операционная система (лицензия);
- SCADA-система;
- база данных реального времени с функцией архивирования;
- средства антивирусной защиты;
- средства резервного копирования и восстановления систем;
- специализированное прикладное ПО.

На втором уровне АСУ ТП выполняется:

- сбор и концентрация информации от контроллеров и станций нижнего уровня управления;
- сбор и концентрация информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров от контроллеров и станций нижнего уровня управления;
- внутренняя обработка и хранение информации, формирование БД;
- индикация и регистрация информации;
- составление оперативных сводок, отчетных и справочных документов;

- формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий по поддержанию заданных технологических режимов;
- диагностика работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

2.4 Разработка схем автоматизации

Схемы автоматического контроля и управления предназначены для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации технологических процессов.

Схемы автоматизации являются техническими документами, определяющими функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На схемах автоматизации изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок [1].

При разработке схем автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

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

В данной работе схемы автоматизации разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

Функциональная схема приведена в приложении Г. На схемах отображены автоматизируемые функции технологического процесса согласно п. 1.3.3.

2.5 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков включает в себя три уровня сбора и хранения информации [1]:

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

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых и дискретных сигналов, а также данные о вычислениях и преобразованиях.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Таким образом, средний уровень может быть представлен маршрутизатором информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранным формам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Эти сигналы передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, передаваемые в ЛВС в формате стандарта OPC, включают в себя:

- давление (МПа);
- перепад давления (МПа);
- загазованность (%);
- температура (°С);
- состояние работы агрегата.

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

1	2		3	4		5
A	BB	_	CCC	DDD	_	E

Здесь:

1 Обозначение измеряемого параметра (согласно ГОСТ 21.208-2013 и ANSI/ISA-5.1-2009).

2 Функциональный признак прибора (согласно ГОСТ 21.208-2013 и ANSI/ISA-5.1-2009).

3 Код объекта.

4 Позиционное обозначение прибора (согласно схемам автоматизации).

5 Постфикс (при наличии).

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

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

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

Отчеты формируются по заданным шаблонам:

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

Историческая подсистема АС сохраняет информацию изменений технологических параметров для сигналов с заранее определенной детальностью. Сохранение данных в БД происходит при помощи модуля (сервера) истории SCADA-пакета Simple SCADA 2.0.

Схема информационных потоков приведена в приложении Е.

Схема принципиальная информационных потоков приведена в альбоме схем.

Для регуляризации информации в БД используются таблицы и поля записи. Поля записей канала (на примере канала контроля загазованности в помещении насосной перекачки нефти) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Поля записи аналогового датчика

Имя поля	Значение	Комментарий
code	AT_020201	Код канала
description	primary circuit/gas	Описание (первичная цепь/загазованность)
type	ai (exi)	Тип сигнала (аналоговый, искробезопасная цепь)
address	04_02	Адрес (модуль контроллера_ввод)
event code	0101	Код технологического события
alarm code	0102	Код аварии
sample (sec)	1	Интервал выборки (опроса)
raw value	6	Первичное значение
converted value	12,5	Преобразованное значение (% НКПР)
attention	yes	Внимание – предупреждение (да/нет)
alarm state	no	Аварийное состояние (да/нет)
coefficient	6,25	Коэффициент преобразования
units	% НКПР	Единицы измерения
min	0	Минимальное значение
max	100	Максимальное значение

2.6 Выбор комплекса технических средств

Комплекс технических средств (КТС) АСУ ТП включает в себя:

- измерительные устройства;
- исполнительные механизмы;
- контроллерное оборудование;
- коммутационную аппаратуру;
- вспомогательное оборудование.

Измерительные устройства осуществляют информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управле-

ния. Контроллерное оборудование обрабатывает сигналы, поступающие с измерительных устройств, осуществляет алгоритмы управления и выполнение задач вычисления, выдает сигналы управления на исполнительные устройства.

Задачей выбора программно-технических средств (ПТС) реализации проекта является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости [1].

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования

ПЛК предназначены для построения современных АСУ ТП и позволяют выполнять оперативное управление с использованием промышленных ЭВМ, автоматическое регулирование, программное управление, логическую защиту, блокировку, сигнализацию и регистрацию событий.

При выборе контроллерного оборудования были рассмотрены три варианта контроллеров, а именно:

- Allen Bradley 1756 ControlLogix (см. рис. 3);
- Schneider Electric Modicon Quantum (см. рис. 4);
- Siemens SIMATIC S7-300 (см. рис. 5).

Сравнительный анализ рассматриваемого контроллерного оборудования приведен в таблице 3 [2, 3, 4].

Таблица 3 – Сравнительный анализ ПЛК

Параметр	<i>Allen Bradley 1756 ControlLogix</i>	<i>Schneider Electric Modicon Quantum</i>	<i>Siemens SIMATIC S7-300</i>
<i>I</i>	2	3	4
Архитектура	модульная	модульная	модульная
Языки программирования	<ul style="list-style-type: none"> - LD; - FBD; - ST; - SCL 	<ul style="list-style-type: none"> - LD; - ST; - FBD; - SFC; - IL 	<ul style="list-style-type: none"> - LAD; - FBD; - STL; - SCL; - CFC; - GRAPH; - HiGraph
Резервирование	полная поддержка	возможность горячего резервирования	возможность горячего резервирования
Диапазон рабочих температур, °С	от 0 до плюс 60	от 0 до плюс 60	от 0 до плюс 60
Опции связи	<ul style="list-style-type: none"> - Ethernet/IP; - ControlNet; - DeviceNet; - Data Highway Plus; - Remote I/O; - SynchLink; - Third-party process and device networks 	<ul style="list-style-type: none"> - Ethernet TCP/IP; - AS-I; - Modbus Plus; - INTERBUS; - PROFIBUS DP; 	<ul style="list-style-type: none"> - MPI; - PROFIBUS; - Industrial Ethernet; - PROFINet; - AS-I; - BAC-net; - Modbus TCP; - Modbus RTU
Память данных и логики	4 Мб	7 Мб	8 Мб
Память ввода вывода	478 Кб	не менее 512 Кб	384 Кб (+ 128 Кб flash)
Количество входных/выходных каналов	суммарно не более 128 000, из которых не более 128 000 дискретных и не более 4 000 аналоговых	не более 63 488 дискретных и не более 3 968 аналоговых	не более 65 536 дискретных и не более 4 096 аналоговых

В соответствии с требованиями (см. п. 1.3, 1.4.1) с учетом функциональных возможностей и характеристик для реализации АСУ ТП был выбран Allen Bradley 1756 ControlLogix (см. рис. 3). Дальнейший выбор составляющих системы осуществлялся по [2, 5 ... 11].



Рисунок 3 – Allen Bradley 1759 ControlLogix



Рисунок 4 – Schneider Electric Modicon Quantum



Рисунок 5 – Siemens SIMATIC S7-300

Таким образом, в соответствии с требованиями пп. 1.3, 1.4.1 были выбраны следующие модули, входящие в состав ПЛК:

- модуль центрального процессора (ЦП) ControlLogix 1756-L62 (см. рис. 6);
- модуль источника питания (ИП) ControlLogix 1756-PA72 (см. рис. 7);
- шасси на 4 и 7 слотов ControlLogix 1756-A4 (см. рис. 8) и 1756-A7 (см. рис. 9) соответственно;
- модуль коммуникационный Ethernet ControlLogix 1756-EN2TR (см. рис. 10);

- модуль ввода дискретных сигналов ControlLogix 1756-IB32 (см. рис. 11);
- модуль вывода дискретных сигналов ControlLogix 1756-OB32 (см. рис. 12);
- модуль ввода аналоговых сигналов с поддержкой протокола HART ControlLogix 1756-IF16H (см. рис. 13).

В качестве устройства защиты от импульсных перенапряжений и помех (УЗИП) интерфейса RS-485 выбран УЗИП DTR 2/6/1500-L.

Для организации связи контроллерного оборудования с АРМ оператора выбрано компактные неуправляемые коммутаторы MOXA EDS-205 для монтажа на DIN-рейку.



Рисунок 6 – Модуль ЦП 1756-L62



Рисунок 7 – ИП 1756-PA72

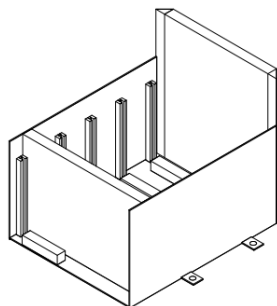


Рисунок 8 – Шасси 1756-A4

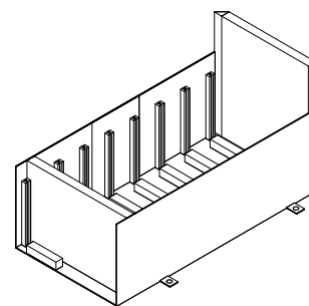


Рисунок 9 – Шасси 1756-A7



Рисунок 10 – Модуль коммуникационный Ethernet 1756-EN2TR



Рисунок 11 – Модуль DI 1756-IB32



Рисунок 12 – Модуль DO 1756-OB32



Рисунок 13 – Модуль AI 1756-IF16H

2.6.1.1 Модуль центрального процессора 1756-L62

Модуль центрального процессора предназначен непосредственно для контроля и управления ходом ТП. Внешний вид выбранного модуля ЦП приведен на рисунке 6. Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 4 [2].

Таблица 4 – Технические характеристики модуля ЦП 1756-L62

Технические характеристики	Значение
Задачи контроллера	<ul style="list-style-type: none"> – 32 задачи; – 100 программ/задач; – задачи при событиях: все триггеры событий;
Встроенный порт	RS-232
Опции связи	<ul style="list-style-type: none"> – EtherNet/IP; – ControlNet; – DeviceNet; – Data Highway Plus; – Remote I/O; – SynchLink; – Third-party process and device networks
Количество соединений, макс.	250
Сетевые соединения (на один модуль)	256 Ethernet/IP; 128 TCP
Поддержка резервирования	полная
Языки программирования	LD; ST; FBD; SFC
Память: <ul style="list-style-type: none"> – программная – ввода/вывода 	<ul style="list-style-type: none"> 4 Мб 478 Кб
Количество входных/выходных каналов (не более): <ul style="list-style-type: none"> – всего – дискретных – аналоговых 	<ul style="list-style-type: none"> 128 000 128 000 4 000
Характеристики окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.2 Источник питания 1756-PA72

Источники питания предназначены для подачи электрической энергии в шасси контроллера. Внешний вид выбранного источника питания приведен на рисунке 7. Технические характеристики источника питания приведены в таблице 5 [9].

Таблица 5 – Технические характеристики ИП 1756-PA72

Технические характеристики	Значение
Входное напряжение: – диапазон, VAC – номинальное, VAC – частота, Гц	85 ... 265 120/240 47 ... 63
Мощность (не более): – входная – выходная	100 В·А/100 Вт 75 Вт @ 0 ... + 60 °С
Пусковой ток, А	20
Значения тока, А	1,5 @ 1,2 VDC 4 @ 3,3 VDC 10 @ 5,1 VDC 2,8 @ 24 VDC
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.3 Шасси 1756-A4, 1756-A7

Шасси предназначено для организации высокоскоростного канала связи и распределения питающего напряжения (мощности) между подключенными в шасси модулями. Внешний вид шасси 1756-A4 и 1756-A7 показан на рисунках 8 и 9 соответственно. Технические характеристики шасси указаны в таблице 6 [2, 5].

Таблица 6 – Технические характеристики шасси 1756-A4 и 1756-F7

Технические характеристики	Значение
Количество слотов, шт.:	
– 1756-A4	4
– 1756-A7	7
Рассеиваемая мощность (не более), Вт:	
– 1756-A4	4
– 1756-A7	4,5
Распределяемый ток, А:	
– шасси/слот @ 1,2 VDC	1,5/—
– шасси/слот @ 3,3 VDC	4/4
– шасси/слот @ 5,1 VDC	10/6
– шасси/слот @ 24 VDC	2,8/2,8
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °C влажность 5 ... 95 %

2.6.1.4 Модуль коммуникационный Ethernet 1756-EN2TR

Коммуникационный модуль Ethernet предназначен для маршрутизации и обмена данными между контроллерным оборудованием и стойками расширения контроллера, а также для организации связи между первым и вторым уровнями АСУ ТП.

Внешний вид коммуникационного модуля Ethernet 1756-EN2TR показан на рисунке 10. Технические характеристики модуля приведены в таблице 7 [7].

Таблица 7 – Технические характеристики коммуникационного модуля 1756-EN2TR

Технические характеристики	Значение
Скорость соединения, Мбит/с	10/100
Ток потребления, А	1
Рассеиваемая мощность, Вт	5,1
Напряжение изоляции, В	30 (продолж.)
Количество портов	– 2 Ethernet RJ45 Cat.5; – USB 1.1 (12 Мбит/с)
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °C влажность 5 ... 95 %

2.6.1.5 Модуль ввода дискретных сигналов 1756-IB32

Модуль ввода дискретных сигналов предназначен для преобразования входных дискретных сигналов контроллера в его внутренние логические сигналы и переменные. Внешний вид модуля ввода дискретных сигналов 1756-IB32 показан на рисунке 11. Технические характеристики модуля приведены в таблице 8 [6, 10].

Таблица 8 – Технические характеристики модуля ввода дискретных сигналов 1756-IB32

Технические характеристики	Значение
Количество вводов	32 (16 точек/общих)
Напряжение, VDC:	
– диапазон	10 ... 31,2
– номинальное	24
Рассеиваемая мощность, Вт	6,2 @ + 60 °С
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Задержка переключения, мс (не более):	
– из лог. "0" в лог. "1"	2,38
– из лог. "1" в лог. "0"	18,42
Цикл опроса, мс	0,2 ... 750
Защита от перемены полярности	да
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.6 Модуль вывода дискретных сигналов 1756-OB32

Модуль вывода дискретных сигналов предназначен для преобразования внутренних логических сигналов и переменных контроллера в его выходные дискретные сигналы. Внешний вид модуля вывода дискретных сигналов 1756-OB32 показан на рисунке 12. Технические характеристики модуля приведены в таблице [6, 10].

Таблица 9 – Технические характеристики модуля вывода дискретных сигналов 1756-OB32

Технические характеристики	Значение
Количество выводов	32 (16 точек/общих)
Выходное напряжение, VDC:	
– диапазон	10 ... 31,2
– номинальное	24
Ток, А (не более):	
– на точку	0,5 @ + 50 °С
– на модуль	16 @ + 50 °С
Рассеиваемая мощность, Вт	4,8 @ + 60 °С
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Задержка переключения, мс (не более):	
– из лог. "0" в лог. "1"	1/0,06 ном.
– из лог. "1" в лог. "0"	1/0,2 ном.
Цикл опроса, мс	0,2 ... 750
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.1.7 Модуль ввода аналоговых сигналов 1756-IF16H

Модуль ввода аналоговых сигналов предназначен для аналого-цифрового преобразования входных аналоговых сигналов контроллера и формирования цифровых величин, используемых центральным процессором в ходе выполнения программы. Внешний вид модуля ввода аналоговых сигналов показан на рисунке 13. Технические характеристики модуля приведены в таблице 10 [6, 11].

Таблица 10 – Технические характеристики модуля ввода аналоговых сигналов 1756-IF16H

Технические характеристики	Значение
Количество вводов	16/1 HART-модем на модуль
Диапазон входного тока	0 ... 20 мА; 4 ... 20 мА
Разрешающая способность	16 ... 21 бит
Входное сопротивление	> 1 МОм – по напряжению 249 Ом – по току
Защита от перенапряжения	30 VDC – по напряжению 8 VDC – по току
Напряжение изоляции, В	250 (продолж.)
Характеристики окружающей среды	температура 0 ... + 60 °С влажность 5 ... 95 %

2.6.2 Выбор полевого оборудования

Выбор полевого оборудования осуществлялся в соответствии с требованиями пп. 1.3, 1.4.1. В процессе выбора оборудования были множество вендоров, производящих различные типы оборудования (манометры, датчики давления и др.) в результате чего были подобраны максимально удовлетворяющие выдвинутым требованиям приборы.

2.6.2.1 Манометры WIKA 233.50 и 733.51

Манометр WIKA 233.50 (см. рис. 14) с трубкой Бурдона предназначен для измерения и местной индикации давления невязких, жидких некристаллизующихся и газообразных сред.

Дифференциальный манометр WIKA 733.51 (см. рис. 15) с разделительной мембраной камер высокого и низкого давлений предназначен для контроля состояния фильтров путем измерения и местной индикации дифференциального давления агрессивных невязких, жидких некристаллизующихся и газообразных сред.



Рисунок 14 – Манометр WIKA 233.50



Рисунок 15 – Манометр WIKA 733.51

Технические характеристики выбранных манометров приведены в таблицах 11 [12, 13].

Таблица 11 – Технические характеристики манометров WIKA 233.50 и 733.51

Технические характеристики	Значение
Манометр избыточного давления WIKA 233.50	
Измерительная система	трубка Бурдона
Номинальный размер	160 мм
Диапазон измерений	от 0 ... 26 бар
Предельное давление	диапазон измерений
– постоянное	0,9 · диапазона измерений
– переменное	1,3 · диапазона измерений
– кратковременное	
Допустимая температура	
– окружающая	– 20 ... + 60 °С
– измеряемой среды	не более + 100 °С
Класс точности	1,0
Степень пылевлагозащиты	IP65
Присоединение к процессу	G ½ В наружная
Материалы:	
– чувствительный элемент	нержавеющая сталь
– механизм	нержавеющая сталь
– корпус	нержавеющая сталь
– стекло	многослойное, безопасное
– кольцо	байонетное, нержавеющая сталь
– гидрозаполнение	глицерин
Манометр дифференциального давления WIKA 733.51	
Измерительная система	разделительная мембрана
Номинальный размер	160 мм
Диапазон измерений	от 0 ... 400 мбар
Предельное давление	диапазон измерений
– постоянное	0,9 · диапазона измерений
– переменное	

Таблица 11 – Технические характеристики манометров WIKA 233.50 и 733.51

Технические характеристики	Значение
Манометр дифференциального давления WIKA 733.51	
Допустимая температура – окружающая – измеряемой среды	– 40 ... + 60 °С не более + 100 °С
Класс точности	1,6
Степень пылевлагозащиты	IP65
Присоединение к процессу	2 × G ¼ В внутренняя
Материалы: – чувствительный элемент – механизм – корпус – стекло – кольцо – гидрозаполнение	нержавеющая сталь нержавеющая сталь нержавеющая сталь многослойное, безопасное байонетное, нержавеющая сталь силиконовое масло

Для крепления манометров на горизонтальных и вертикальных трубопроводах предлагается использование закладных конструкций ЗК51246464-015-2-2014 (см. рис. 16), трехходовых кранов (см. рис. 17) и манифольдов (см. рис. 18).

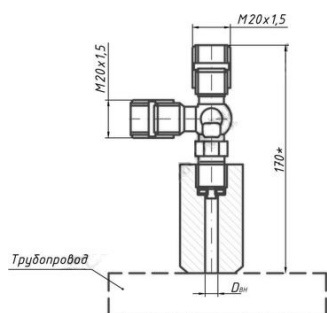


Рисунок 16 –
ЗК51246464-015-2-2014



Рисунок 17 – Трехходовой кран



Рисунок 18 – Манифольд

2.6.2.2 Датчики давления Метран-150

Датчики давления Метран-150 предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин – давления избыточного, абсолютного, разности давлений, гидростатического давления нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал дистанционной передачи и цифровой сигнал на базе HART-протокола [16].

Для измерения избыточного давления выбрана модель Метран-150TG (см. рис. 19), для измерения дифференциального – Метран-150CD (см. рис. 20).



Рисунок 19 – Метран-150TG



Рисунок 20 – Метран-150CD

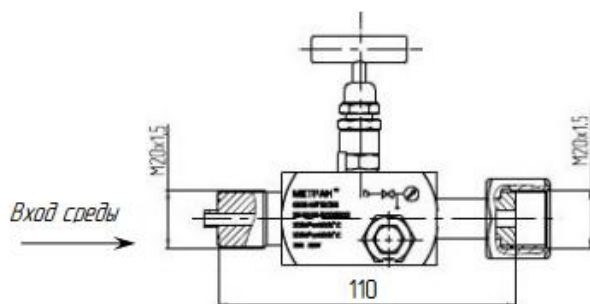


Рисунок 21 – Одновентильный блок

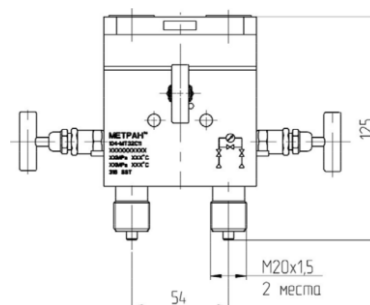


Рисунок 22 – Трехвентильный блок

Установку датчиков давления на трубопроводы предлагается осуществлять с помощью одновентильных клапанных блоков 0106MT12CB1 (см. рис. 21) для датчиков избыточного давления и трехвентильных клапанных блоков 0104MT32C11 (см. рис. 22) для датчиков дифференциального давления.

Технические характеристики датчиков и клапанных блоков приведены в таблице 12 [16, 17].

Таблица 12 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Датчик избыточного давления Метран-150TG	
Диапазон измерений	(– 101,3) ... 160 кПа / (– 101,3) ... 6,0 МПа
Заполняющая жидкость	силикон
Наличие ЖКИ	нет
Тип присоединения к клапанному блоку	резьба наружная М20х1,5
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIICT5
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 80
Степень пылевлагозащиты	IP66
Допускаемая относительная погрешность	не более ± 0,05 %
Выходной сигнал	4 ... 20 мА + HART

Таблица 12 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Датчик дифференциального давления Метран-150CD	
Диапазон измерений	0 ... 63 кПа (0,063 МПа)
Заполняющая жидкость	силикон
Наличие ЖКИ	нет
Тип присоединения к клапанному блоку	фланец традиционный
Маркировка взрывозащиты	0ExiaIICT5
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 80
Степень пылевлагозащиты	IP66
Допускаемая относительная погрешность	не более ± 0,05 %
Выходной сигнал	4 ... 20 мА + HART
Клапанный блок 0106MT12CB1	
Тип блока	запорно-сравливающий
Материал	нержавеющая сталь
Уплотнение	фторопласт (PTFE)
Температурный предел, °С	до 200
Подключение:	
– к датчику	гайка накидная М20х1,5 резьба наружная М20х1,5
– к процессу	
Клапанный блок 0104MT32C11	
Тип блока	трехвентильный
Материал	нержавеющая сталь
Уплотнение	фторопласт (PTFE)
Температурный предел, °С	до 200
Подключение:	
– к датчику	традиционный фланец резьба наружная М20х1,5
– к процессу	

2.6.2.3 Термопреобразователь сопротивления Метран-2000

Термопреобразователь сопротивления (ТС) Метран-2000 (см. рис. 23) предназначен для измерения температуры малогабаритных подшипников и поверхности твердых тел.

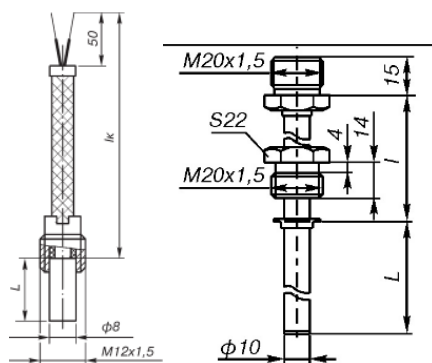


Рисунок 23 – ТСП Метран-2000

Основные технические характеристики ТСП Метран-2000 приведены в таблице 13 [18].

Таблица 13 – Технические характеристики ТСП Метран-2000

Технические характеристики	Значение
Тип НСХ	Pt100
Диапазон измерений, °С	– 50 ... + 120
Класс допуска	В
Схема соединения	четырёхпроводное
Количество чувствительных элементов	1
Исполнение	подшипниковый ТС в гильзе Ø 8 мм
Тип присоединения к процессу	резьба наружная М12х1,5
Маркировка взрывозащиты	1ExdIICT6 X
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 60
Степень пылевлагозащиты	IP65

2.6.2.4 Газоанализатор ИДК-09

Газоанализаторы ИДК-09 (см. рис. 24) предназначены для измерений до-взрывоопасных концентраций метана, пропана, гексана и объемной доли диоксида углерода в воздухе рабочей зоны. [21].



Рисунок 24 – Газоанализатор ИДК-09



Рисунок 25 – Блок искрозащиты БИЗ-09

Для формирования питания и обеспечения искробезопасности цепей ИДК-09 используется блок искрозащиты БИЗ-09 (см. рис. 25) [21].

Основные технические характеристики газоанализатора и блока искрозащиты приведены в таблице 14 [21].

Таблица 14 – Технические характеристики

Технические характеристики	Значение
Газоанализатор ИДК-09	
Диапазон измерений, % НКПР	0 ... 100
Температура окружающей среды, °С	– 40 ... + 50
Предел допускаемой основной абсолютной погрешности	± 5 %
Маркировка взрывозащиты	1ExiaIICT4 X
Степень пылевлагозащиты	IP65

Технические характеристики	Значение
Газоанализатор ИДК-09	
Выходной сигнал	4 ... 20 мА + HART
Блок искрозащиты БИЗ-09	
Маркировка взрывозащиты	[Exia] IIC
Степень пылевлагозащиты	IP20

2.6.3 Выбор исполнительных устройств

2.6.3.1 Электропривод AUMA

Многооборотные электроприводы AUMA SAExC 07.1 с блоком управления AUMATIC ACExС 01.1 (см. рис. 25) предназначены для управления промышленной арматурой, например, вентилями, задвижками, заслонками или кранами [23].



Рисунок 25 – Электропривод AUMA SAExC 07.1 с БУ AUMATIC ACExС 1.01

Технические характеристики электропривода с блоком управления приведены в таблице 15 [23].

Таблица 15 – Технические характеристики электропривода AUMA SAExC 07.1 с блоком управления AUMATIC ACExС 1.01

Технические характеристики	Значение
Взрывозащита	II2G EEx de IIC T4
Режим работы	кратковременный
Блок концевых выключателей	1 НО + 1 НЗ
Блок моментных выключателей	1 НО + 1НЗ
Ручной дублер	да
Внешнее питание электроники	24 VDC
Управление	24 VDC
Степень пылевлагозащиты	IP67
Температура окружающей среды, °С	- 40 ... + 40

2.6.4 Нормирование погрешности канала измерения

Нормирование погрешности канала измерения выполняется в соответствии с РМГ 62-2003 «Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации» [24].

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления.

Требование к погрешности канала измерения не более $\pm 0,05$ %. Разрядность АЦП составляет 16 разрядов.

Расчет допустимой погрешности измерений датчика давления производится по формуле (1):

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

где $\delta = 0,25$ % – требуемая суммарная погрешность измерения канала измерений при доверительной вероятности 0,95;

δ_2 – погрешность передачи по каналу измерений;

δ_3 – погрешность, вносимая АЦП;

δ_4, δ_5 – дополнительные погрешности, вносимые температурой окружающего воздуха и продолжительностью эксплуатации соответственно.

Погрешность передачи по каналу измерений согласно рекомендаций РМГ 62-20003 [24]:

$$\delta_2 = \frac{0,25 \cdot 43}{100} = 0,1075. \quad (2)$$

Погрешность, вносимая 16-тиразрядным АЦП, рассчитывается по формуле (3):

$$\delta_3 = \frac{0,25 \cdot 100}{2^{16}} = 0,0004. \quad (3)$$

При расчете также учитываются дополнительные погрешности, вызываемые влиянием:

- температуры окружающего воздуха;

– продолжительности эксплуатации.

Дополнительная погрешность, вносимая влиянием температуры окружающего воздуха, устанавливается рекомендациями РМГ 62-2003 [24]:

$$\delta_4 = \frac{0,25 \cdot 26}{100} = 0,065. \quad (4)$$

Дополнительная погрешность, вносимая продолжительностью эксплуатации, устанавливается рекомендациями РМГ 62-2003 [24]:

$$\delta_5 = \frac{0,25 \cdot 19}{100} = 0,0475. \quad (5)$$

Таким образом, с помощью формулы (1) с учетом результатов расчетов (2) ... (5) определим расчетную величину основной погрешности канала измерения давления:

$$\delta_1 \leq \sqrt{0,25^2 - (0,1075^2 + 0,0004^2 + 0,065^2 + 0,0475^2)} = 0,2161. \quad (6)$$

Как видно по результатам расчетов (6), расчетная основная погрешность выбранного канала не превышает допустимой погрешности. Следовательно, требования ТЗ соблюдены, и прибор пригоден для использования.

2.7 Разработка схем соединений внешних проводок

Схемы соединений внешних проводок разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408-2013. Схемы внешних проводок разрабатывались для следующего комплекса технических средств:

1 первичные и внешние приборы:

- манометры избыточного давления WIKA 233.50;
- манометры дифференциального давления WIKA 733.51;
- датчики избыточного давления Метран-150TG;
- термопреобразователи сопротивления Метран-2000.

Согласно схемам соединений внешних проводок (альбом схем) для обмена информацией между полевым и контроллерным уровнем используется тип кабелей КВВНнг.

Кабели контрольные с медными жилами с изоляцией из холодостойкого поливинилхлоридного пластика и оболочкой из холодостойкого поливинилхлоридного пластика пониженной горючести КВВГнг(А)-LS предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 0,66 кВ частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1 кВ [25].

Технические характеристики кабельной продукции приведены в таблице 16 [25].

Таблица 16 – Технические характеристики кабельной продукции

Технические характеристики	Значение
Диапазон эксплуатационных температур, °С	– 50 ... + 50
Номинальная толщина изоляции жил, мм	0,6
Электрическое сопротивление изоляции жил при температуре + 20 °С, МОм/1 км (не менее)	10
Срок службы, лет (не менее)	15

Схемы соединений внешних проводок приведены в приложении Д.

2.8 Разработка алгоритмов управления

Данный раздел предусматривает собой текстовое, графическое и табличное описание функций АСУ ТП, которые реализуются в программном обеспечении среднего уровня (ПО ПЛК):

- сбор информации о текущем состоянии технологического процесса;
- обработка технологических параметров;
- контроль состояния технологического оборудования;
- автоматическое управление ТП, в т.ч. аварийные блокировки и защиты;
- обработка и выполнение команд оператора.

Алгоритм контроля и управления АСУ ТП имеет иерархическую модульную структуру, где каждый алгоритмический модуль является отдельным, функционально законченным элементом алгоритма:

- 1-й уровень: модули контроля состояния и управления элементарными объектами и модули обработки технологических параметров;
- 2-й уровень: модули контроля технологических параметров и аварийной защиты и блокировок элементарных объектов;
- 3-й уровень: модули контроля состояния и аварийной защиты и блокировок технологических подсистем.

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

При представлении алгоритмов в виде блок-схем использованы элементы, приведенные в таблице 20.

Таблица 20 – Элементы блок-схем

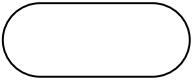
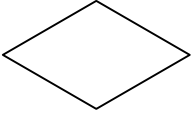
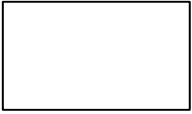





Элемент	Описание
	Терминатор (точка начала выполнения – входа/точка завершения выполнения – выхода)
	Проверка условия (выражение может быть построено с использованием побитовых логических операций)
	Процесс присвоения значения (значение может быть переменной или выражением, построенным с использованием арифметических или побитовых логических операций)

Таблица 20 – Элементы блок-схем

Элемент	Описание
	Предопределенный процесс
	Данные оперативного сообщения (информационного, предупредительного или аварийного)
	Перенаправление/назначение перенаправления на текущей странице схемы
	Перенаправление на следующий лист схемы
	Назначение перенаправления с предыдущего листа схемы

2.9 Разработка алгоритмов автоматического управления технологическим параметром

В процессе работы приточно-вытяжной вентиляции на НПС необходимо поддерживать давление воздуха в трубопроводе на выходе, чтобы оно не превышало заданного уровня, исходя из условий прочности трубопровода, и не падало ниже заданного уровня. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление в трубопроводе на выходе агрегата. 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.

Определим передаточные функции основных элементов структурной схемы регулирования [3].

Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и составляет 5 метров. Динамика объекта управления $W(p)$, выраженная как отношение «расход вещества через клапан» (объемный расход жидкости после

клапана) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода согласно [3] для схемы управления насосом дросселированием потока на линии нагнетания передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(d)} = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p}, \quad (3)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad (4)$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad (5)$$

$$c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad (6)$$

$$f = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (7)$$

L – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления на трубопроводе;

τ_0 – запаздывание;

T – постоянная времени.

Рассчитаем передаточную функцию объекта управления:

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

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

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

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{5 \cdot 0,0314}{\frac{480}{3600}} = 3,2 \text{ с},$$

$$W(p) = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p} = \frac{1}{0,354p+1} e^{-3,2p}.$$

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

Частотный преобразователь:

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

Электропривод

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

Задвижка

$$Q = k\omega$$

Трубопровод:

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

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

постоянная времени определена из технической документации, по кривой разгона.

Подставив численные значения в выражения получаем:

ПФ частотного преобразователя:

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{K_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}} \cdot p + 1} = \frac{15}{0,2 \cdot p + 1}$$

ПФ электропривода:

$$W_{\text{дв}}(p) = \frac{K_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} \cdot p + 1} = \frac{0,002}{0,08 \cdot p + 1}$$

График переходного процесса САР мы можем наблюдать на рисунке 28.

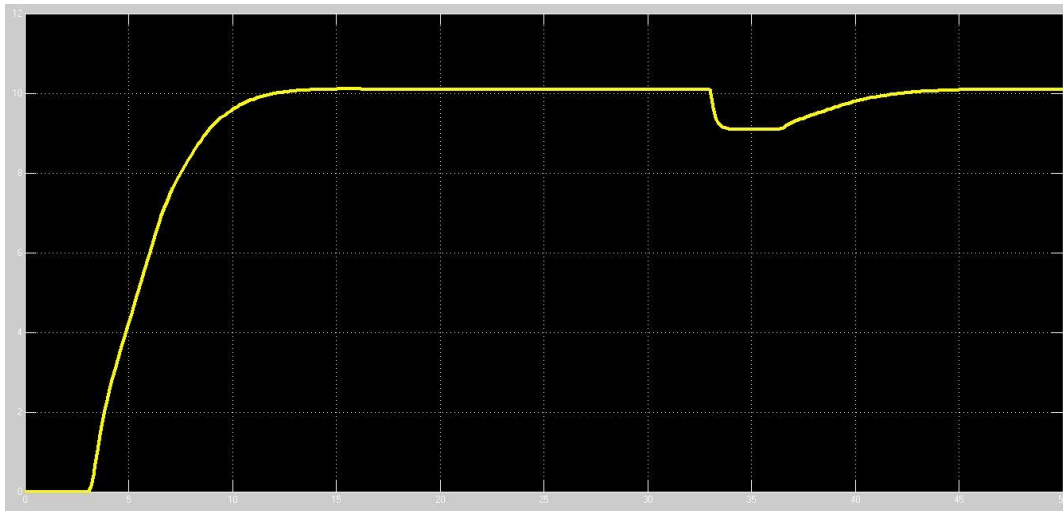


Рисунок 26 – График переходного процесса САР

В результате моделирования процесса получаем время переходного процесса 12 сек. Также наблюдаем поддержание заданного значения давления при возникновении возмущения.

2.10 Разработка мнемосхем

2.10.1 Общая информация

Управление в разрабатываемой АСУ ТП реализовано с использованием SCADA системы Simple SCADA 2.0. Данная SCADA-система предназначена для разработки и обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. Главная цель проекта – это простота и удобство для конечного пользователя. Simple SCADA 2.0 обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Иными словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры среднего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода, что позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей [27, 28].

Основные характеристики Simple SCADA 2.0 [27]:

- поддержка сенсорного экрана (протестировано на промышленных панелях и планшетах);
- наличие виртуальной клавиатуры;
- отправка E-mail сообщений;
- звонки, выполнение пользовательских AT-команд и отправка SMS сообщений через 3G/GSM модемы;
- горячее резервирование серверов Simple SCADA;
- возможность выполнения пользовательских SQL-запросов и обработки результата;
- полный доступ к БД из скриптов - создание, удаление таблиц и т.д.
- возможность организации клиент-серверной архитектуры с любым количеством клиентов.
- защищенный канал связи для безопасной работы в локальной сети и через интернет (защищается протоколом TLS);

- система скриптов с широким набором готовых процедур и функций для решения задач любой сложности;
- система событий для объектов (каждое событие может быть запрограммировано как угодно при помощи скриптов);
- работа с любым количеством (локальных или удаленных) OPC DA-серверов;
- редактор переменных и импорт тегов с OPC-серверов;
- наличие встроенного браузера OPC-серверов;
- возможность создания внутренних тегов;
- гибкая система прав пользователей;
- большая библиотека графики с изображениями, выполненными в едином минималистичном стиле с высоким качеством.
- база данных трендов и сообщений MySQL или MS SQL Server;
- неограниченное количество трендов, возможности просмотра минимума, максимума или среднего значения для любого тренда за выбранный интервал;
- групповое редактирование свойств объектов;
- импорт переменных из CSV файлов;
- группы трендов, сообщений, окон, переменных, текстур, скриптов (все списки могут быть разбиты на группы);
- ведение лога сообщений (аварии/предупреждения/оповещения – объем не ограничен);
- наличие журнала действий оператора;
- автоматическая цветовая подсветка элементов при выходе контролируемого значения за аварийные и предупреждающие границы.
- автоматически генерируемые сообщения при выходе контролируемого значения за аварийные и предупреждающие границы;
- возможность звукового оповещения при аварийных и предупреждающих сообщениях;

- возможность экспорта данных трендов и сообщений в Excel-файлы;
- автоматическая адаптация созданных мнемосхем под разрешение компьютера, на котором запускается проект;
- печать мнемосхем и графиков;
- возможность добавления пользовательских изображений в формате *.png (+ анимация);
- широкий набор компонентов для максимально быстрого создания мнемосхем;
- DirectX или OpenGL рендер по выбору пользователя;
- низкие системные требования;
- наличие подробной документации;
- компактность и переносимость.

2.10.2 Основные функции

2.10.2.1 Управление

Для ввода информации и управления приложением АРМ используются ПК-совместимая клавиатура и манипулятор типа «мышь». Клавиатура используется для ввода информации следующего типа:

- цифробуквенные строки текста в поля ввода;
- навигация по экранным формам;
- вызов специфических функций.

Цифробуквенные строки текста используются при вводе:

- целочисленных и вещественных значений при настройке и управлении регулирующими исполнительными механизмами;
- имени пользователя и пароля при регистрации;
- текстовой информации свободного формата.

Все управление АРМ реализовано с помощью манипулятора типа «мышь». Клавиатура используется для дублирования всех управляющих функций и для ввода цифробуквенной информации.

2.10.2.2 Отображение

Видимая часть экрана автоматизированного рабочего места (АРМ) делится на три области – сверху вниз:

- область навигации по экранным формам: 10 %;
- область отображения экранных форм: 85 %;
- область последних сообщений и текущего времени: 5 %.

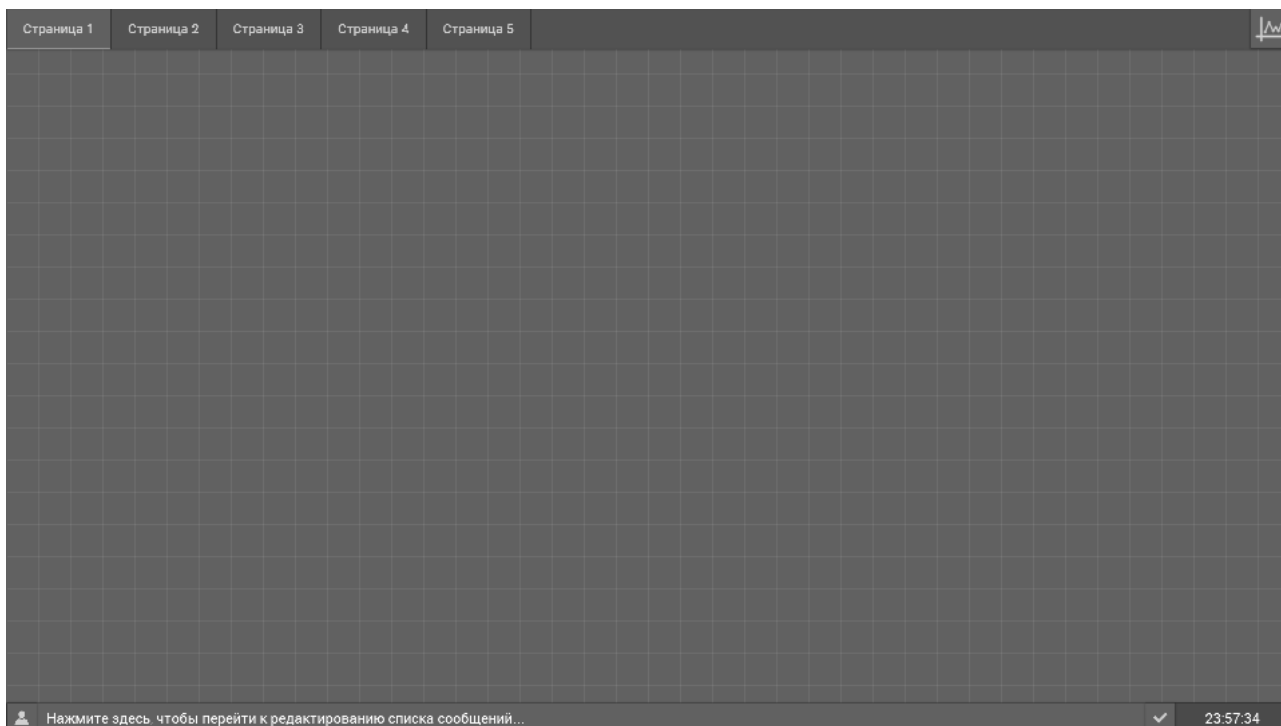


Рисунок 27 – Распределение экранного пространства дисплея

В области навигации по экранным формам размещены вкладки мнемосхем и кнопка трендов, нажатие на которую открывает соответствующее окно.

В области отображения экранных форм размещена непосредственно мнемосхема технологического процесса.

В области последних сообщений и текущего времени размещены кнопка смены пользователя и кнопка квитирования сообщений. Нажатие на кнопку смены пользователя вызывает открытие окна авторизации (см. рис. 28).

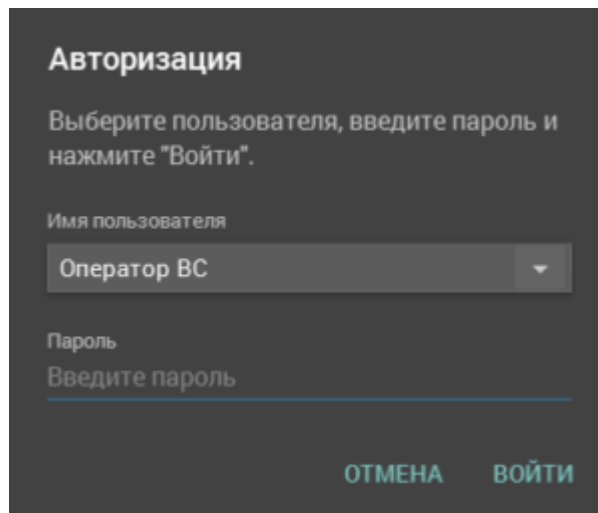


Рисунок 28 – Окно авторизации пользователя

Отображение заключается в выводе на экран АРМ следующей информации:

- состояния оборудования (электроздвижки, регуляторы, компрессоры), аварийных параметров;
- значений технологических параметров (давления, температуры, уровни, расходы);
- текущей даты и времени;
- аварийные сообщения.

2.10.2.3 Перечень соглашений

Структура элемента отображения технологического параметра приведена на рисунке 29.

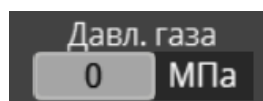


Рисунок 29 – Структура отображения технологического параметра

В проекте значения следующих технологических параметров выводятся в сером поле шрифтом черного цвета:

- давления (МПа);
- температуры (°С);
- загазованности (% НКПР).

Единицы измерения технологических параметров выводятся на черном поле шрифтом серого цвета. Каждый параметр подписывается сверху шрифтом серого цвета.

Если для технологического параметра определены допустимые и/или предельные границы, то при их нарушении поле вывода выглядит, как показано на рисунке 30.

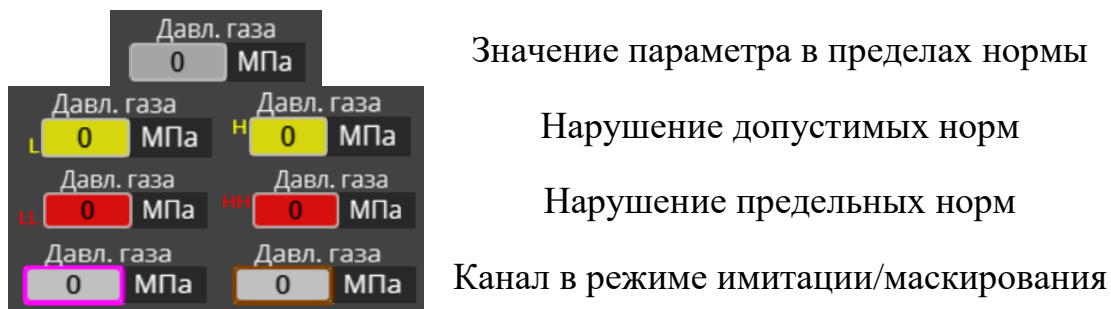


Рисунок 30 – Дерево состояний технологического параметра

Для индикации электроприводных задвижек используются индикаторы, показанные на рисунке 31.



Рисунок 31 – Индикатор электроприводной задвижки

При изображении состояния аварии электроприводных задвижек приняты следующие обозначения (см. рис. 32).



Рисунок 32 – Электроприводная задвижка в состоянии "Авария"

Положение задвижек отображается на мнемосхемах как показано на рисунке 33.



Рисунок 33 – Дерево состояний электроприводных задвижек

Для индикации движения арматуры приняты обозначения, которые показаны на рисунке 34.

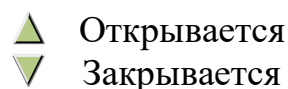


Рисунок 34 – Дерево состояний электроприводных задвижек

Для индикации состояния дискретных параметров принимаются обозначения, показанные на рисунке 35.

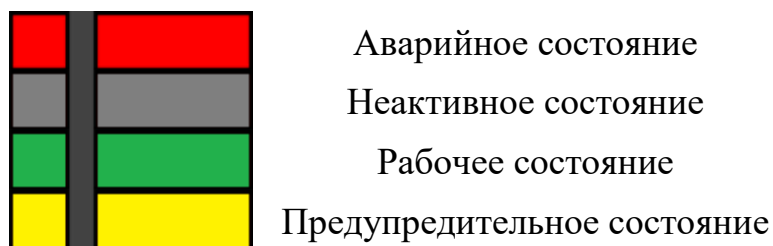


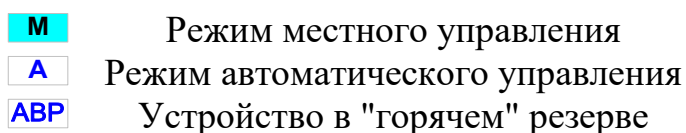
Рисунок 36 – Дерево состояний дискретного параметра

Для индикации состояний насосных использованы следующие обозначения (см. рис.).



Рисунок 37 – Дерево состояний насосного оборудования

Для индикации режимов работы оборудования приняты обозначения, показанные на рисунке 38.



Р Ручное (дистанционное) управление
Б Блокировка

Рисунок 38 – Дерево состояний насосного оборудования

Цветовая маркировка трубопроводов на мнемосхеме соответствует требованиям ГОСТ 14202-69.

Разработанные с учетом принятых соглашений мнемокадры приточно-вытяжной вентиляции на НПС приведены в приложении Ж.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Сабадин Евгений

Инженерная школа	ИШИТР	Отделение	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение назначения объекта и определение целевого рынка
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работ, составление графика работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. График проведения и бюджет НИ

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Сабадин Евгений		

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

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности нефтеперерабатывающие заводы, предприятия. Научное исследование рассчитано на крупные предприятия. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляции на нефтеперекачивающей станции. Автоматизированная система управления позволяет осуществлять процессы очистки газа без непосредственного участия обслуживающего персонала.

В таблице 21 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Томская нефть», «Б» - ОАО «Газпромнефть - Восток», «В» - АО «Микран»

Таблица 21 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средняя	А, Б, В	А, Б	Б, В	Б, В
	Крупная	А, Б, В	А	В	В

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

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоян-

ном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В таблице 22 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 22 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,04	5	1	4	0,2	0,04	0,16
Удобство в эксплуатации	0,05	3	2	4	0,15	0,1	0,2
Помехоустойчивость	0,06	2	3	2	0,12	0,18	0,12
Энергоэкономичность	0,08	3	4	2	0,24	0,32	0,16
Надежность	0,12	5	2	5	0,6	0,24	0,6
Уровень шума	0,04	2	2	2	0,08	0,08	0,08
Безопасность	0,12	5	3	5	0,6	0,36	0,6

Потребность в ресурсах памяти	0,04	2	5	3	0,08	0,2	0,12
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	2	2	1	0,04	0,04	0,02
Простота эксплуатации	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
Качество интеллектуального интерфейса	0,06	4	0	4	0,24	0	0,24
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,03	5	0	5	0,15	0	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,02	2	1	3	0,04	0,02	0,06
Уровень проникновения на рынок	0,02	1	5	3	0,02	0,1	0,06
Цена	0,05	3	5	1	0,15	0,25	0,05
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Послепродажное обслуживание	0,06	5	3	3	0,3	0,18	0,18
Финансирование научной разработки	0,02	2	1	1	0,04	0,02	0,02
Срок выхода на рынок	0,03	2	4	5	0,06	0,12	0,15
Наличие сертификации разработки	0,03	1	3	5	0,03	0,09	0,15
Итого:	1	63	52	67	3,64	2,67	3,61

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: повышение производительности, повышение надежности и безопасности, простота эксплуатации.

В целом проектируемая система АСУ ТП является наиболее конкурентоспособным техническим решением, как нам показывает оценочная карта конкурентоспособность разрабатываемой АСУ ТП составляет 3,64 в отличии от двух других рассмотренных у которых конкурентоспособность составляет 2,67 и 3,61 соответственно. Это позволяет нам успешно привлекать инвестиции в проект.

3.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 23 – SWOT анализ

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1. Простота настройки и эксплуатации системы	С2. Экологичность технологии	С3. Не требует уникального оборудования	С4. Наличие бюджетного финансирования	С5. Высококвалифицированный научный труд	Сл1. Отсутствие прототипа проекта	Сл2. Применение только для нефтяной промышленности	Сл3. Мало инжиниринговых компаний, способной построить производство под ключ	Сл4. Отсутствие необходимого оборудования	Сл5. Большой срок поставок используемого оборудования
Возможности	В1. Использование инфраструктуры ТПУ для распространения	0	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В2. Использование существующего программного обеспечения	+	0	-	0	+	-	-	-	-	-
	В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	+	+	-	0	+	-	-	-	-	-
	В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях	0	-	+	+	-	-	-	-	-	-
	В5. Получение финансирования для дальнейшего более глубокого исследования.	+	-	+	+	0	-	-	-	-	-
Угрозы	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	У2. Развитая конкуренция технологий производства	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	У3. Ограничения на экспорт технологии	-	-	-	-	-	-	-	+	0	0
	У4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями.	-	-	-	-	-	-	-	0	+	+

У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	-	-	-	-	-	+	-	-	0	+
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Данный анализ показывает в статическом режиме наши сильные и слабые стороны, а также правильно использовать возможности и угрозы. Это позволяет выстраивать маркетинговые и управленческие стратегии. В нашем случае можно сделать вывод, что на данный момент преимущества преобладают над недостатками.

3.4 Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

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 24.

Таблица 24 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель, инженер
	3	Проведение патентных исследований	Научный руководитель, инженер
	4	Разработка календарного плана	Научный руководитель, инженер
Проектирование автоматизированной системы	5	Описание технологического процесса	Научный руководитель, инженер
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
	7	Выбор архитектуры АС	Научный руководитель, инженер
	8	Разработка структурной схемы АС	Научный руководитель, инженер
	9	Разработка схемы информационных потоков АС	Инженер
	10	Выбор средств реализации АС	Инженер
	11	Разработка схемы соединения внешних проводок	Инженер
	12	Выбор алгоритма управления АС	Научный руководитель, инженер
	13	Разработка экранных форм АС	Научный руководитель, инженер
<i>Проведение ОКР</i>			
Оформление отчета, по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер

3.4.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

$T_{\text{ВЫД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВЫД}} = 52$);

$T_{\text{ПР}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПР}} = 12$).

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 12} = 1,213$$

В таблице 25 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 25 – Временные показатели проведения работ

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					T_{pi}		$T_{\text{К}}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$	НР	И	НР	И
Составление и утверждение технического задания	НР	3	5	3,8	3,8	—	5	—
Подбор и изучение материалов по теме	НР, И	10	13	11,2	5,6	5,6	7	7
Проведение патентных исследований	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2
Описание технологического процесса	НР, И	15	18	16,2	8,1	8,1	10	10
Разработка функциональной схема автоматизации	И	20	24	21,6	—	21,6	—	26
Выбор архитектуры АС	НР, И	5	7	5,8	2,9	2,9	4	4
Разработка структурной схемы АС	НР, И	3	5	3,8	1,9	1,9	3	3
Разработка схемы информационных потоков АС	И	4	6	4,8	—	4,8	—	3
Выбор средств реализации АС	И	2	3	2,4	—	2,4	—	3
Разработка схемы	И	1	3	1,8	—	1,8	—	2

соединения внешних проводов								
Выбор алгоритма управления АС	НР, И	4	6	4,8	2,4	2,4	3	3
Разработка экранных форм АС	НР, И	2	4	2,8	1,4	1,4	2	2
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	3	6	4,2	—	4,2	—	5
Итого					29,9	60,9	39	76

На основе таблицы 25 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. На рисунке 1 приведен календарный план-график за период времени дипломирования.



Рисунок 39 – Календарный план график проведения НИОКР

3.5 Бюджет научно-технического исследования

3.5.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 26 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 26 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Контроллер Allen Bradley Control Logix 1759	шт.	1	285 000	356250
Манометры WIKA 233	шт.	4	18 000	82800
Датчик давления Метран-150	шт.	4	64 200	295320
Термопреобразователь Метран 2000	шт.	2	57 900	133170
Вибропреобразователь ВК-310С	шт.	2	17 300	43250
Газоанализатор ИДК-09	шт.	1	20 000	25000
Клапан с электроприводом AUMA MATIC	шт.	2	197 000	492500
Итого:				693920

3.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включается затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы Allen Bradley. В таблице 27 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 27 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
Trace Mode	1	42 000	42000
итого:			42000

3.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Оклады исполнителей приняты согласно окладам ТПУ:

Руководитель – 33664 руб;

Инженер – 9489 руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

Где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн.

Таблица 28 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб	Районный коэффициент, %	Месячный должностной оклад работника, руб	Среднедневная заработная плата, руб	Продолжительность работ, дней	Зарботная плата основная, руб
Руководитель	33664	30	43763,2	1984,40	29,9	59333,69
Инженер	9489	30	12335,7	559,35	60,9	34064,51
Итого:						93398,20

3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30% (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во вне бюджетные фонды приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб
Руководитель проекта	59333,69
Инженер	34064,51
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,00
Итого:	28019,46

3.5.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$Z_{\text{накл}} = (693920 + 42000 + 93398,19 + 28019,46) \cdot 0,15 = 128600,65 \text{ руб}$$

где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы

3.5.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 30:

Таблица 30 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	693920
2. Затраты на специальное оборудование	42000

3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	93398,19
4. Отчисления во внебюджетные фонды	28019,46
5. Накладные расходы	128019,46
6. Бюджет затрат НИИ	985938,29

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. таблицу 12). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

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

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\max}} = \frac{985938,29}{1150000} = 0,86;$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией ООО «ТомскНИПИнефть». Система АСУ ТП разработана на базе контроллера Siemens S7-400H и датчиков Rosemount;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ЭЛЕСИ. Система АСУ ТП разработана на базе контроллеров Schneider Electric Modicon M238 и датчиков Yokogawa.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов составляет:

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат	985938,29	1100000	1150000

Для аналогов соответственно:

$$I_{финал}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\max}} = \frac{1100000}{1150000} = 0,96; I_{финал}^{a2} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{\max}} = \frac{1150000}{1150000} = 1;$$

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

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 31 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение роста производительности труда пользователя	0,3	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	5
3. Надёжность	0,2	4	2	2
4. Экономичность	0,2	5	4	4
5. Помехоустойчивость	0,1	4	5	5
ИТОГО	1	4,7	3,7	3,6

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,7;$$

$$\text{Аналог 1} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 3,7;$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 3,6.$$

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

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

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{4,7}{0,86} = 5,47; I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{3,7}{0,96} = 3,85; I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{3,6}{1} = 3,6.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

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

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,86	0,96	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,7	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	5,47	3,85	3,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,42	1,52

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

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т31	Сабадин Евгений Станиславович

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>4. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочей зоной является нефтеперекачивающая станция. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров приточно-вытяжной вентиляции. Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: повышенный уровень шума и вибрации, повышенный уровень электромагнитных излучений.</p> <p>Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток.</p> <p>Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара.</p>
<p>5. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.0.003-2015 2. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. 3. СП 51.13330.2011. 4. ГОСТ 31192.2-2005 5. СанПиН 2.2.4.1191-03 6. Гост Р 12.1.019 – 2009

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с работающей темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>В ходе анализа производственной среды на предмет вредных факторов было выявлено следующее:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шумов на рабочем месте. 2. Повышенный уровень вибрации. 3. Электромагнитные излучения.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); 	<p>Электрический ток (источником является датчики, исполнительные механизмы и другое электрооборудование автоматики)</p> <p>Пожар (На площадке перекачивается нефть, является легковоспламеняющейся жидкостью)</p>

<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Воздействие на селитебную зону не происходит.</p> <p>Гидросферу не значительное.</p> <p>Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом</p> <p>Воздействую на литосферу происходит в результате производства, обслуживания и утилизации оборудования.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Возможные ЧС на объекте: разлив нефти, возгорание, взрыв. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Рабочее место должно соответствовать требованиям: ГОСТ 12.2.003-91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности и настоящего стандарта».</p>
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т31	Сабадин Евгений Станиславович		

4. Социальная ответственность

Введение

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 модернизация автоматизированной системы управления технологическим процессом приточно-вытяжной вентиляции на нефтеперекачивающей станции. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является нефтеперекачивающая станция, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

4.1. Профессиональная социальная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 33.

Таблица 33 – Опасные и вредные фактора при работе

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы (по ГОСТ 12.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<i>Рабочим местом является помещение где установлена приточно-вытяжная вентиляция. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров приточно-вытяжной вентиляции.</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шумов 2. Повышенный уровень вибрации 3. Электромагнитные излучения 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электробезопасность 2. Пожаро-взрывобезопасность 	<p>Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [1] Вибрация – ГОСТ 31192.2-2005 [3] Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340 [5] Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 [6] Пожарная безопасность – СНиП 2.11.03-93 [7]</p>

4.1.1. Анализ вредных факторов

4.1.1.1. Повышенный уровень шума

Шум представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Он может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, преобразователями напряжения, работающими осветительным приборами дневного света, а также проникает извне.

Сильный шум вызывает трудности в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные движения, уменьшает на 5-12% производительность труда. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах. Длительное воздействие шума с уровнем звукового давления 90дБ снижает производительность труда на 30-60%. Неблагоприятное действие шума на человека зависит не только от уровня звукового давления, но и от частотного диапазона шума (наиболее важный для слухового восприятия интервал от 45 до 10000 Гц), а также от равномерности воздействия в течение рабочего времени.

При выполнении работ на рабочих местах в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещениях предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [30].

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011 [31].

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 34.

Таблица 34 – 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	500	1000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	50	60

При разработки проектируемой системы была произведена замена электрооборудования, которое является источником шума, такие как автоматические задвижки, электромагнитные реле, пожарные сигнализации, сигнализаторы загазованности. При этом основным источником шума работа задвижек, электроприводов. До разработки автоматизированной системы управления шум на площадке где установлена приточно-вытяжная вентиляция составлял 60 дБ, после внедрения автоматизированной установки уровень шума изменился незначительно до уровня 55 дБ. Так как использовано новое оборудование, которое является менее вырабатывает меньше шума. При этом дополнительных мер защиты, как наушники не требуется.

При этом вблизи с магистральным насосным агрегатом, при работе с повышенной нагрузкой необходимо одевать наушники.

4.1.1.2. Повышенный уровень вибрации

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека [32].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

– частота f , Гц;

– амплитуда колебаний d , мм.

Таблица 35 – 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 является сам магистральный насосный агрегат, а также работающие задвижки, электроприводы, вентиляционная система.

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.

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

4.1.1.3. Повышенный уровень электромагнитного излучения

Все приборы, работающие от электросети, оказывают влияние на окружающее их электромагнитное поле – физическое поле, которое взаимодействует со всеми телами, обладающими хотя бы минимальным электрическим зарядом. К таким телам принадлежит и человеческий организм. Наше тело вырабатывает немало электрических импульсов. Сигналы нервной системы, сокращения сердечной мышцы и ряд других функций осуществляются при помощи тока электрических импульсов по живым волокнам. Электромагнитное излучение от приборов создает возмущения в физическом поле. В настоящий момент общая

«масса» таких возмущений уже стала критической и превратилась в своеобразный вид экологического загрязнения, который невозможно увидеть невооруженным глазом.

Чаще всего мы не ощущаем влияния электромагнитного излучения, но если оно достигает колоссальной мощности, то человек чувствует его как выброс тепла. Достаточно мощное излучение можно зафиксировать при помощи специальной аппаратуры. Но то влияние, которое оказывает на нас ежедневное «общение» с электроприборами и вычислительной техникой, остается незамеченным.

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

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 36 [5].

Таблица 35 – Допустимые уровни электромагнитного поля и длительность пребывания без СИЗ

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

После внедрения автоматизированного комплекса, уровень магнитного поля не превышает 200 А/м, а время пребывания обслуживающего персонала не более 2 часов в смену. Трансформаторы (активная часть) – помещены в металлических маслonaполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

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

4.1.2. Анализ опасных факторов Электробезопасность

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетокопроводящих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05 А, ток менее 0,05 А – безопасен (до 1000 В). С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности.

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

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

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

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

Площадь перерезу нулевого рабочего и нулевого защитного проводника в групповой трехпроводной сети должна быть на меньше площади перерезу фазового проводника. Все проводники должны отвечать номинальным параметрам сети и нагрузки, условиям окружающей среды, условиям деления проводников, температурному режиму и типам аппаратуры защиты, требованиям ПОЭ.

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

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

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

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

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа. Поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение».

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, установлено защитное отключение, защитное заземление и зануление [34].

При обслуживании системы автоматизации персоналу дополнительных защитных средства как резиновые перчатки, сапоги не требуются, т.к. основные исполнительные механизмы и датчики работают на низковольтном напряжении

4.2. Экологическая безопасность

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу. Выброс вредных веществ происходит:

- на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую арматуру;
- от оборудования, расположенного в блоках, через воздухопроводы и дефлекторы;
- при сжигании газа на факелах через трубы;
- при заполнении емкостей через воздушников и свечи рассеивания;
- при заполнении резервуаров через дыхательные клапаны;
- при сжигании газа на факеле;

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства.

На основе статистических данных об аварийных ситуациях на объектах транспортировки нефти целесообразно рассматривать аварию в виде отказа энергосистемы или порыва трубопроводов.

Максимальный выброс загрязняющих веществ в атмосферу возможен на площадке при отключении электроэнергии. При этом вся нефть направляется в резервуары, и отсепарированная газовая фракция сжигается на факеле.

Основными источниками вредных газовойделений на НПС являются емкости, сепараторы. Основными загрязнителями атмосферы при транспортировке нефти являются углеводороды, оксиды азота, оксид углерода, химреагенты и т.д.

Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу, отличаются по своим свойствам и оказывают различное воздействие на окружающую среду.

Электрическая часть данного проекта не влияет на окружающую

среду, то есть является экологически чистой, однако при возникновении пожара в целях предотвращения вредных последствий принимаются следующие меры:

1) производится механическая очистка загрязненного участка;

2) засыпается рекультивируемый участок адсорбирующими материалами, а при попадании фракций в водоем - используют крошку мелкопористого пенопласта, устанавливаются заградительные боны;

3) собирается адсорбирующий материал и вывозится на свалку;

Для ликвидации водяных и порошковых разливов применяется, прежде всего, сбор и откачка жидкости с водой с поверхности.

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

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

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

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

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

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1. Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [36].

Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

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.

К основным причинам пожаров на нефтегазодобывающих заводах можно отнести следующие:

- переполнение при наливке резервуара, что приводит к предельной концентрации взрывоопасной смеси под верхней крышей резервуара;
- короткие замыкания в цепях систем автоматики;
- нагрев резервуаров в летний период, особенно в районах с жарким климатом;
- несоблюдение правил пожарной безопасности на территории нефтебаз (курение и т. п.).

Пожарная безопасность резервуаров и резервуарных парков в соответствии с требованиями [35] должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения разлива и растекания нефти;

- предотвращения образования на территории резервуарных парков горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефти из резервуаров, оборудования, трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего резервуарный парк, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

В качестве основного средства тушения пожара нефти и нефтепродуктов принят 6% раствор пенообразователя. Инертность систем АПТ (с момента возникновения пожара до поступления пены) должна быть не более 3 мин.

Расчётное время тушения пожара пенным раствором принято в соответствии с ВНПБ 01-01-01 и составляет 15 минут. Продолжительность водотушения (охлаждение горящих резервуаров) составляет 4 часа по СНиП 2.11.03-93 [35].

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

4.4. Особенности законодательного регулирования проектных решений

1. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные факторы. Классификация». Настоящий стандарт распространяется на опасные и вредные производственные факторы, устанавливает их классификацию и содержит особенности разработки стандартов ССБТ на требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.

2. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. Санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

3. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Настоящий свод правил устанавливает нормы допустимого шума на территориях и в помещениях зданий различного назначения, порядок проведения акустических расчетов по оценке шумового режима на этих территориях и в помещениях зданий, порядок выбора и применения различных методов и средств для снижения расчетных или фактических уровней шума до требований санитарных норм, а также содержит указания по обеспечению в помещениях специального назначения оптимального акустического качества с точки зрения их функционального назначения.

4. 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

5. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарные правила устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к условиям производственных воздействий ЭМП, которые должны соблюдаться при проектировании, реконструкции, строительстве производственных объектов, при проектировании, изготовлении и эксплуатации отечественных и импортных технических средств, являющихся источниками ЭМП.

6. Гост Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность. Настоящий стандарт относится к группе стандартов, регламентирующих требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации.

7. СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы». Настоящие нормы распространяются на склады нефти и нефтепродуктов и устанавливают противопожарные требования к ним.

8. 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.

Заключение

В результате выполнения работы была разработана автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляции в соответствии с требованиями технического задания.

В ходе выполнения работы были изучен ход технологического процесса, разработаны принципиальная технологическая схема, схема функциональной структуры, схемы автоматизации, схема принципиальная информационных потоков и схемы соединений внешних проводок. Также, был осуществлен выбор программно-технического комплекса, произведена разработка перечня входных и выходных сигналов и данных. Кроме того, был разработан чертеж видеокadra, отражающий необходимые технологические параметры для контроля за безопасным ходом технологического процесса.

В результате, спроектированная автоматизированная система управления технологическим процессом приточно-вытяжной вентиляции нефтеперкачивающей насосной станции имеет высокую гибкость, может быть модернизирована и/или расширена, а также полностью удовлетворяет современным требованиям к автоматизированным системам.

В разделе финансовый менеджмент была рассмотрена конкурентоспособность разработки. Составлен бюджет затрат на НИИ, составлен план-график работ. А также дана оценка ресурсоэффективности проекта.

В разделе социальная ответственность рассмотрены опасные и вредные факторы на рабочем месте.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Громаков Е. И. Проектирование автоматизированных систем: учебно-методическое пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2015. – 130 с.
- 2 Technical data. 1756 ControlLogix Controllers. Publication 1756-TD001L-EN-P – June 2016.
- 3 Quantum Series Automation. Технические средства. Справочное руководство. 840 USE 100 00.
- 4 Siemens ST 70 – 2015.
- 5 Selection guide. ControlLogix Systems. 1756 Series Catalog Numbers. Publication 1756-SG001U-EN-P – February 2016.
- 6 Technical data. 1756 ControlLogix I/O Specifications. Publication 1756-TD002J-EN-P – November 2016.
- 7 Technical data. 1756 ControlLogix Communication Modules Specifications. Publication 1756-TD003I-EN-E – January 2016.
- 8 Technical data. 1756 ControlLogix Chassis Specifications. Publication 1756-TD006E-EN-E – October 2014.
- 9 Technical data. 1756 ControlLogix Power Supplies Specifications. Publication 1756-TD005F-EN-E – May 2016.
- 10 User manual. ControlLogix Digital I/O Modules. Publication 1756-UM058H-EN-P – May 2015.
- 11 ControlLogix HART I/O Modules. Publication 1756-PP016F-EN-P – November 2016.
- 12 WIKA типовой лист PM 02.02 – 03/2017.
- 13 WIKA типовой лист PM 07.05 – 03/2017.
- 14 WIKA data sheet AC 09.01 – 02/2017.
- 15 WIKA типовой лист AC 09.11 – 11/2015.
- 16 Датчики давления Метран-150. Руководство по эксплуатации СПГК.5225.000.00 РЭ, версия 2.16.
- 17 Клапанные блоки. Руководство по эксплуатации. СПГК.5291.000.00. РЭ.
- 18 Тематический каталог "Датчики температуры" – Метран, 2016.

19 Сигнализатор 2120. Полнофункциональный вибрационный сигнализатор уровня жидкости. Справочное руководство 00809-0107-4030. Ред.ЕА. Ноябрь, 2012.

20 Вибропреобразователи пьезоэлектрические с предусилителями серии ВК-310. Руководство по эксплуатации 4277-03200205435-01 РЭ.

21 Приложение к свидетельству № 62825 об утверждении типа средств измерений. Описание типа средств измерений. Газоанализаторы ИДК-09.

22 Устройства "СЕНС". Сигнализаторы взрывозащищенные ВС-5, ВС-5-2СФ-ГС, ВС-5-С, ВС-5-3С, ВС-5-2СФ, ВС-5-3СФ, ВС-5-ГС. Руководство по эксплуатации.

23 Многооборотный привод SAExC 07.1 – SAExC 16.1/SARExС 07.1 – SARExС 16.1 Intrusive с блоком управления AUMATIC ACExС 01.1 Modbus. Инструкция по монтажу, управлению и вводу в эксплуатацию Y004.636/009/ru/1.08.

24 РМГ 62-2003. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации.

25 Каталог выпускаемой продукции ООО "Томский кабельный завод", 2016.

26 Автоматизация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизация>, свободный.

27 Руководство Simple SCADA 2.0.

28 Руководство Simple SCADA 2.0. Скрипты.

29 ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные факторы. Классификация».

30 СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.

31 СП 51.13330.2011. Защита от шума.

32 ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация.

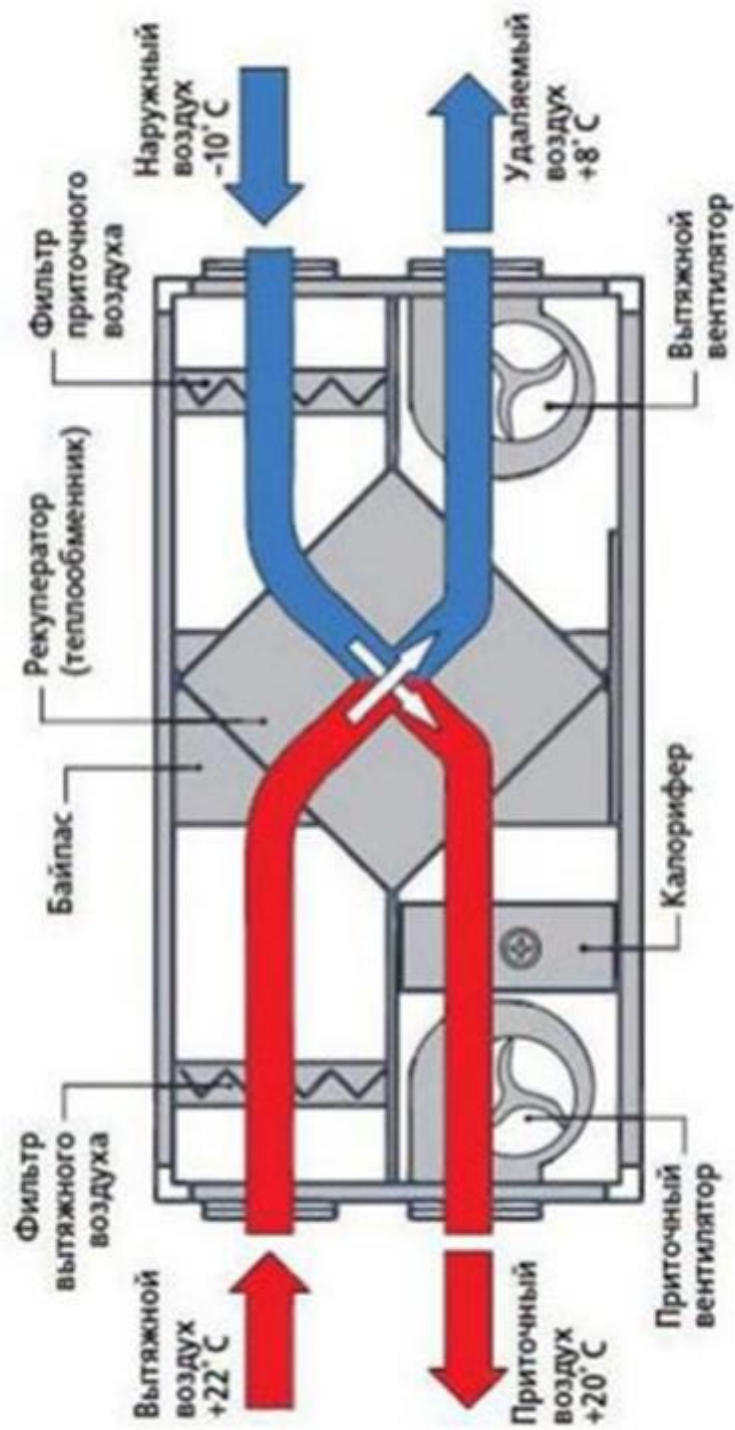
33 СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях.

34 Гост Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность.

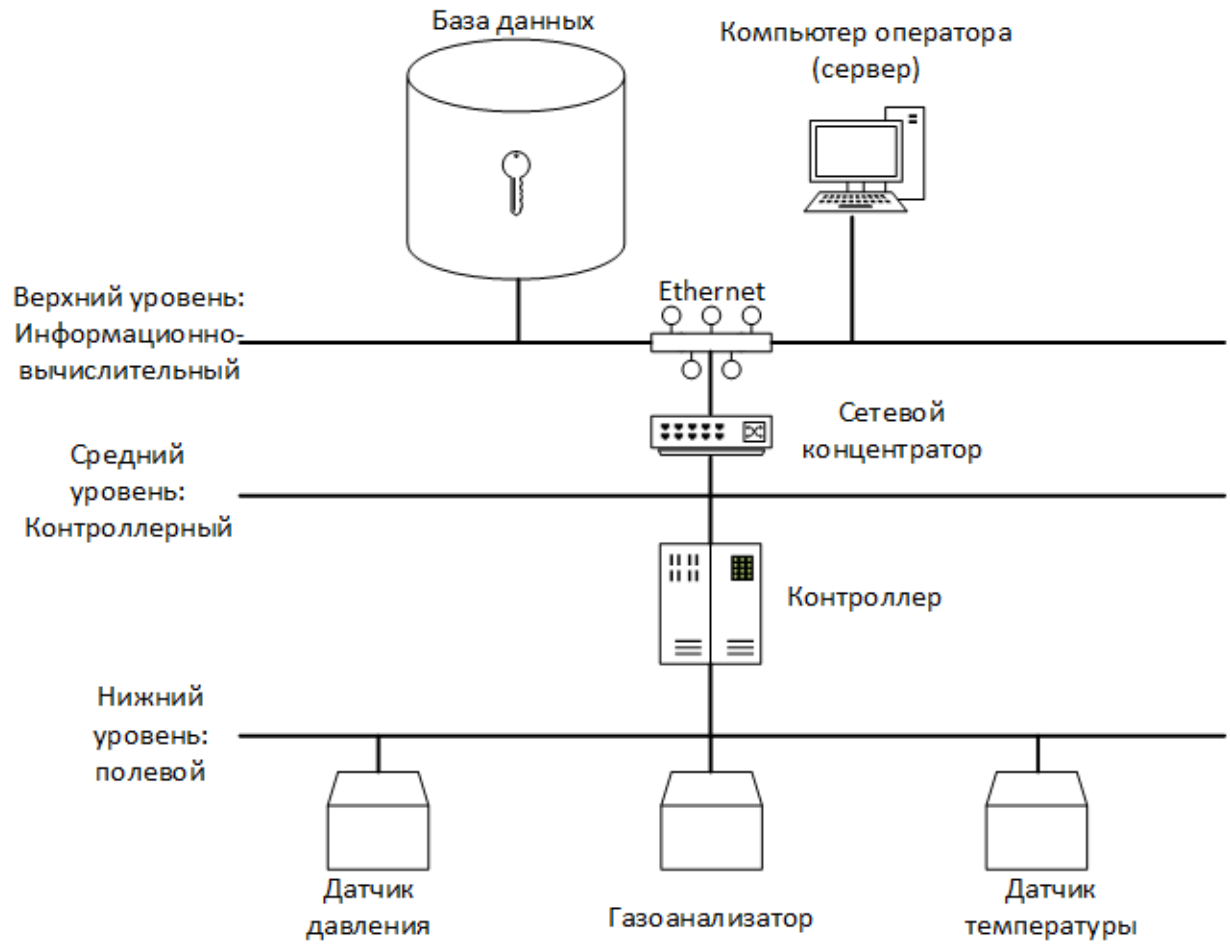
35 СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы».

36 ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность.

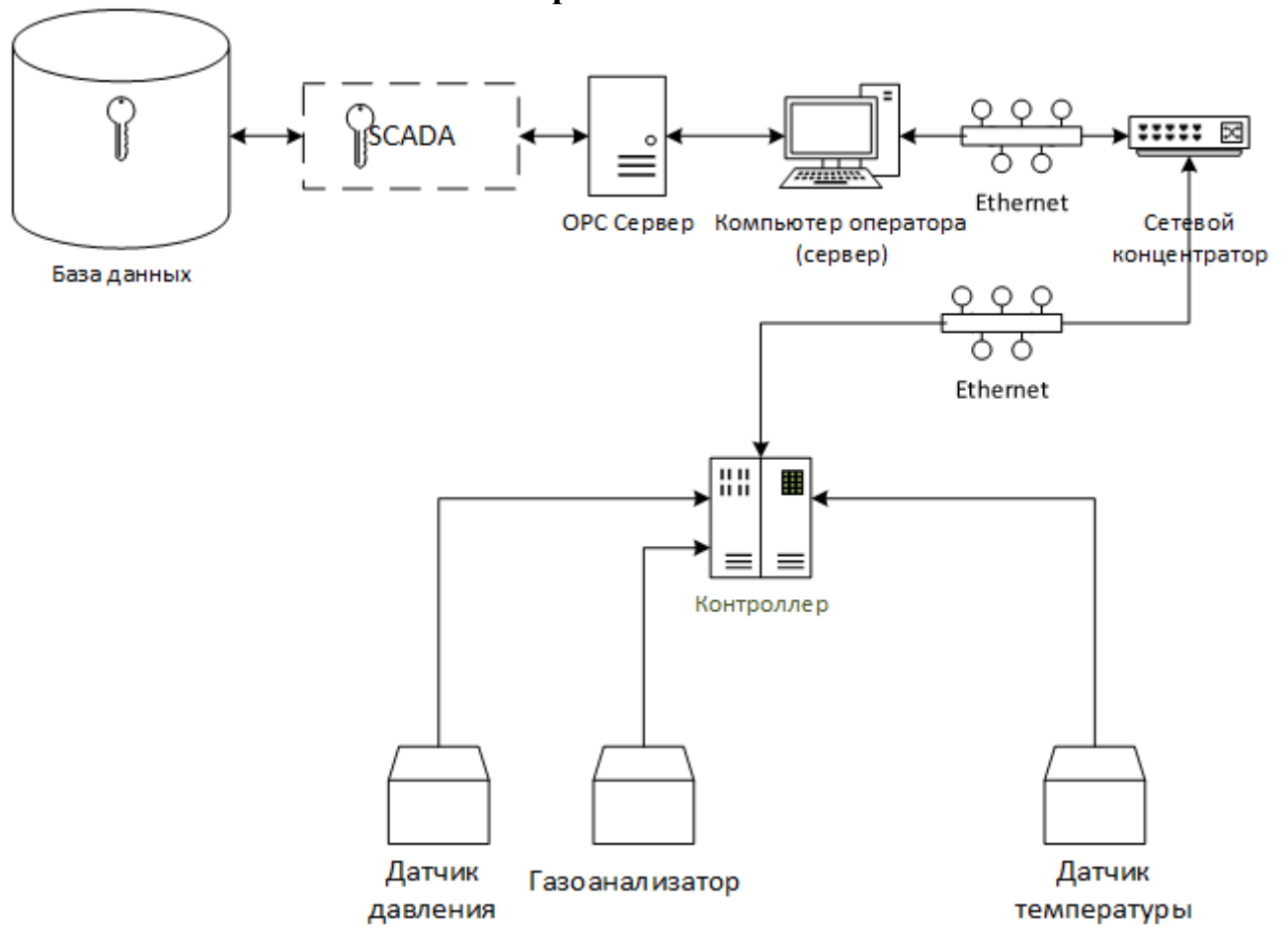
Приложение А



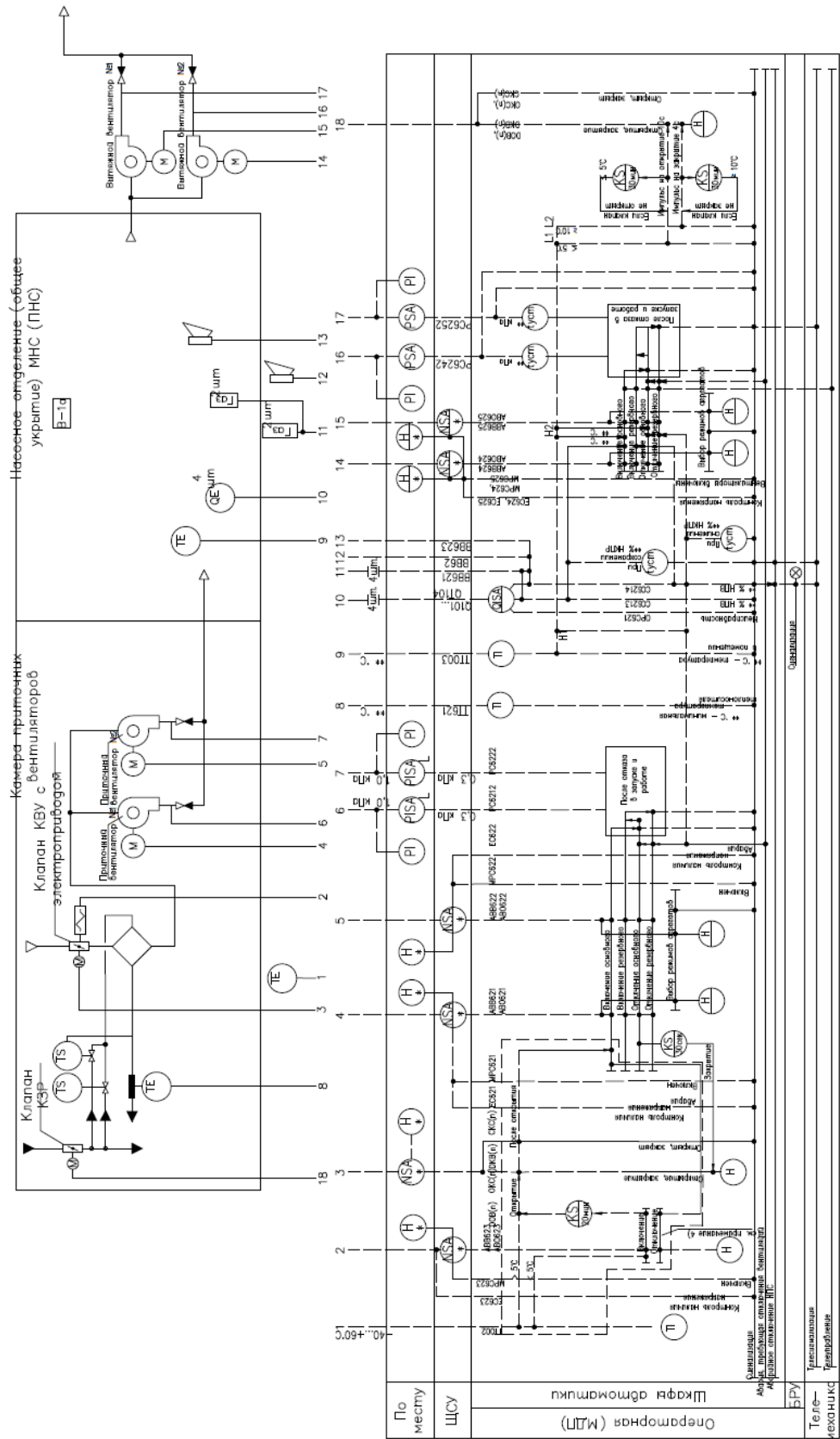
Приложение Б



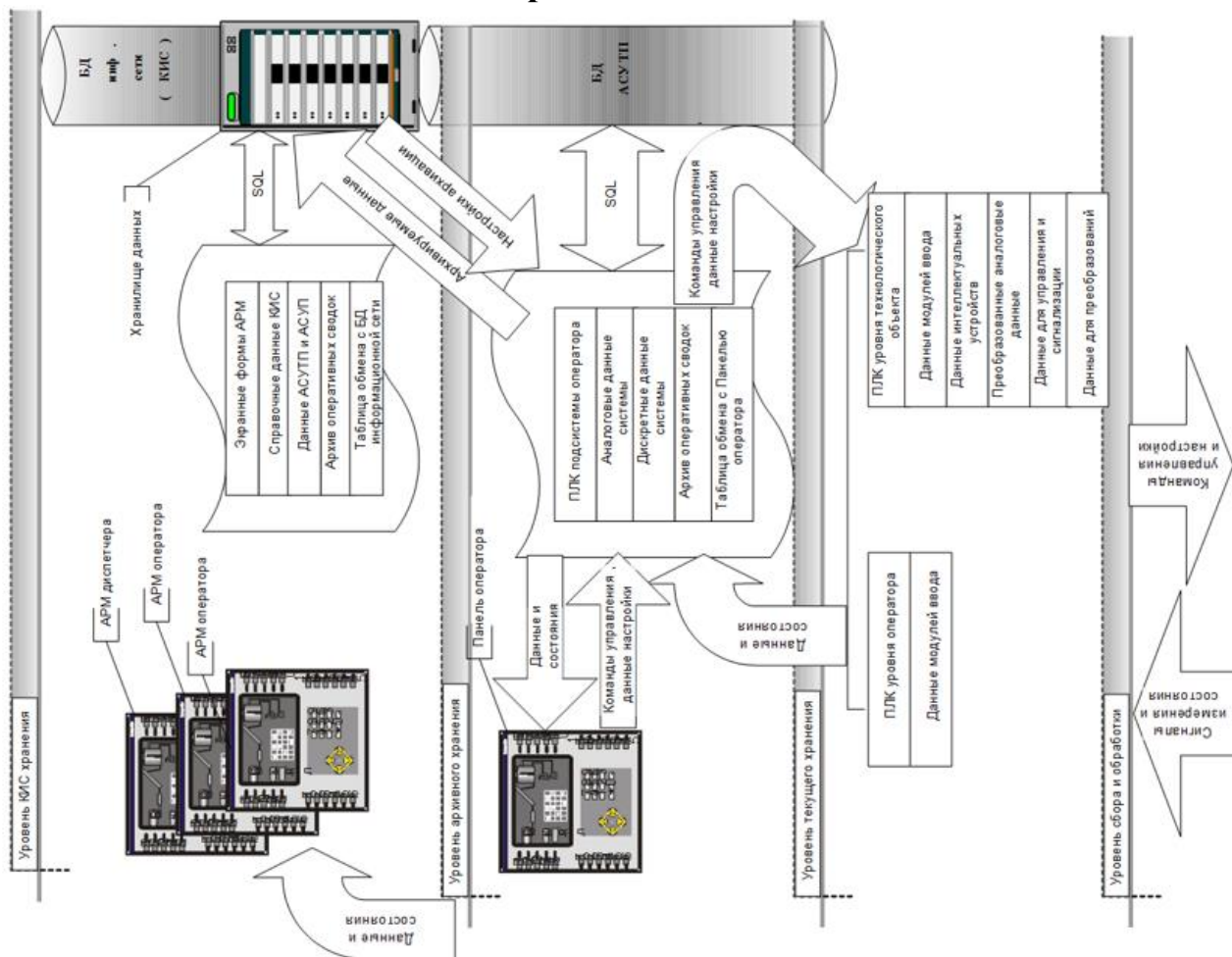
Приложение В



Приложение Г



Приложение Е



Приложение Ж

