

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация установки комплексной подготовки газа.

УДК 681.51:622.279.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бекешкин Даниил Владимирович		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Семенов Н.М.			
Руководитель ООП	Громаков Е.И.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП ТПУ	Хаперская А.В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Е.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов С. В.	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.

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Бекешкин Даниил Владимирович

Тема работы:

Автоматизация установки комплексной подготовки газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: дожимная компрессорная станция. Цель работы: Повышение безопасности персонала на объекте. Режим работы: непрерывный.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков АС; выбор средств реализации АС; разработка схемы соединения внешних проводок; разработка алгоритмов управления АС; разработка экранных форм АС; модель управления технологическим параметром.
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; структурная схема;

	схема соединения внешних проводов; схема информационных потоков; экранная форма; дерево экранных форм. алгоритм поддержания давления в компрессоре
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Семенов Николай Михайлович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бекешкин Даниил Владимирович		

Реферат

Дипломный проект выполнен на 83 страницах, содержит 19 рисунков, 23 таблицы, 22 источников литературы, 9 приложений.

Объектом исследования является установка комплексной подготовки газа с детальным разбором дожимной компрессорной станции.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления дожимной компрессорной станции с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Siemens, с применением SCADA-системы TIA Portal.

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

Ниже представлен перечень ключевых слов:

- 1) Установка комплексной подготовки газа;
- 2) Автоматизированная система управления
- 3) Дожимная компрессорная станция;
- 4) Электродвигатель;
- 5) ПИД-регулятор;
- 6) Программируемый логический контроллер;
- 7) SCADA-систем

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Автоматизированная система – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

Интерфейс – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

Мнемосхема – это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

Архитектура автоматизированной системы – набор значимых решений по организации системы ПО, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС.

SCADA – инструментальная программа для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных.

Программируемый логический контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов.

ОРС-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам ОРС.

Диспетчерский пункт – центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства.

Автоматизированная система управления технологическим процессом – комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях.

Обзор литературы

1. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

Собраны данные и нормативные материалы, требуемые для разработки проектов автоматизации технологических процессов. Во втором издании присутствуют изменения в нормативно-технических документах, учтены требования модернизации и снижения объема монтажных работ.

2. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.

В работе приведены принципы построения и узловые схемы систем автоматизации, разработанные на различных элементах автоматики: релейно-контактных, бесконтактных полупроводниковых и пневматических. Присутствует описание систем автоматизации газо- и нефтеперекачивающих агрегатов и других установок нефтегазопроводов, различных специальных приборов, применяемых в описанных установках. Приводятся общие данные и элементы расчета надежности систем автоматизации, а также структура расчета экономической эффективности автоматизации нефтегазопроводов. Издание предназначено для студентов средних учебных заведений и может быть использовано студентами вузов в качестве учебного пособия при прохождении курса по автоматизации объектов газовой и нефтяной промышленности.

3. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311с.

В книге указаны общая специфика автоматизации технологических процессов и установок, назначение автоматизированного электропривода в АСУ ТП, способы синтеза бесконтактных систем автоматики, основные вопросы, связанные с построением цифровых, микропроцессорных систем и

систем с УВМ, приведены некоторые данные о роботах и манипуляторах, а также о надежности и технико-экономической эффективности систем автоматизации.

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

Данная книга акцентируется не на защитную деятельность человека, а на создание им качественной техносферы. В пособии в полном объеме описываются все темы по ЗОС и БЖД: базовые понятия о человеко- и природозащитной деятельности, современный мир опасностей (природных, антропогенных, техногенных и др.), вопросы техносферной безопасности, защита человека от всевозможных видов опасностей, а также их отслеживание и контроль как в мировом масштабе, так и в пределах Российской Федерации, государственное управление ЗОС и БЖД.

Введение

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень этого участия или трудоёмкость выполняемых операций. Требуется дополнительное применение датчиков (сенсоров), устройств ввода, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств, устройств вывода, использующих электронную технику и методы вычислений.

Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия рабочего персонала. Первоначально осуществлялась лишь частичная автоматизация отдельных операций. В дальнейшем сфера применения автоматизации расширилась как на основные, так и на вспомогательные операции. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

Целью данной работы является автоматизация установки комплексной подготовки газа (УКПГ), в частности дожимной компрессорной станции, с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA-системы.

Содержание

Реферат	5
Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	6
Обзор литературы	7
Введение	9
1 Техническое задание	12
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП	12
1.2 Назначение системы	13
2.Основная часть	13
2.1 Описание технологического процесса	13
2.2 Выбор архитектуры АС	14
2.3 Разработка структурной схемы АС	15
2.4 Функциональная схема автоматизации	16
2.5 Разработка схемы информационных потоков	18
2.6 Выбор средств реализации	20
2.6.1 Выбор контроллерного оборудования	20
2.6.2 Выбор датчиков	24
2.6.2.1 Выбор датчиков температуры	24
2.6.2.2 Выбор датчика скорости	26
2.6.2.3 Выбор датчиков давления	28
2.6.3 Выбор исполнительных механизмов	30
2.6.3.1 Выбор клапана	30
2.6.3.2 Выбор частотного преобразователя	33
2.7 Разработка схемы внешних проводок	34
2.8 Выбор алгоритмов управления АС	35
2.8.1 Выбор алгоритмов управления АС (ДКС)	36
2.8.2 Алгоритм автоматического регулирования	36
2.8.3 Экранные формы АС ДКС	42
2.9 Выбор уровня безопасности	44
3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	48
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	48
3.2 Анализ конкурентных технических решений	48
3.3 SWOT – анализ	50
3.4 Структура работ в рамках научного исследования	51
3.5 Разработка графика проведения научного исследования	53
3.6 Расчет материальных затрат	55
3.7 Расчет затрат на специальное оборудование	56
3.8 Основная заработная плата исполнителей темы	57
3.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	57
3.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	58
3.11 Накладные расходы	59

3.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	59
3.13 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	60
4. Социальная ответственность	64
4.1 Общие сведения	64
4.2 Анализ вредных и опасных факторов	64
4.3 Требования к системе в целом	65
4.4 Требования к функциональным возможностям	65
4.5 Требования к техническому обеспечению	67
4.6 Требования к метрологическому обеспечению	68
4.7 Требования к программному обеспечению	69
4.8 Требования к математическому обеспечению	70
4.9 Требования к информационному обеспечению	70
Заключение	71
Список использованных источников	72

1 Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

Система создается с целью:

- Обеспечение высоких технико-экономических показателей работы установки комплексной подготовки газа за счет автоматизированного поддержания наиболее рационального режима работы технологического оборудования в рамках заданных плановых и технологических ограничений;
- Обеспечение высокого уровня безопасности технологических процессов транспортировки газа;
- Обеспечение передачи точной, достоверной и оперативной информации на верхний уровень;
- Уменьшение время затрат и трудозатрат оперативного эксплуатационного персонала в результате автоматизации функций контроля и управления технологическими процессами и оборудованием;
- Автоматическая защита объектов управления в аварийных ситуациях за счёт соблюдения технологического регламента работы установок с помощью автоматических систем регулирования и управления, предотвращения аварийных ситуаций и последующего анализа их происхождения. Задачи автоматизированной системы управления:
 - контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования подготовки газа;
 - контроль и управление в автоматическом и ручном режиме технологическими объектами автоматизации, входящих в систему;
 - обеспечение системы аварийной остановки для контроля технологического процесса и аварийных блокировок/отключений;
 - сбор и обработка данных о состоянии контроля технологических процессов;
 - управление и регулирование технологических процессов в соответствии с заданиями, которые устанавливают операторы АСУ;

- вывод информации о технологических процессах на экранные формы оператора АСУ в реальном времени, отображение численных значений параметров.

1.2 Назначение системы

Установка комплексной подготовки газа представляет собой комплекс технического оборудования и дополнительных систем, осуществляющих сбор и обработку природного газа и газового конденсата. УКПГ назначены для подготовки газа способом низкотемпературной сепарации и подготовки стабильного конденсата способом поэтапной дегазации и выветривания в резервуарах с нагревом и массообменной секцией.

В состав УКПГ входит:

- Блок предварительной очистки (сепарации);
- Технологические установки очистки, осушки и охлаждения газа;
- Дожимные компрессорные станции (ДКС).

Рассматриваемая ДКС обеспечивает рабочие параметры газа на всем протяжении технологического процесса подготовки и транспортировки сырья.

2.Основная часть

2.1 Описание технологического процесса

Функциональная схема ДКС приведена в приложение А .

Промышленная обработка газа на УКПГ состоит из следующих ступеней:

- Абсорбционная или адсорбционная осушка;
- Низкотемпературная сепарация или абсорбция;
- Масляная абсорбция;

На газовых месторождениях подготовка газа заключается в его осушке, потому на них применяются процессы абсорбции или адсорбции. На газоконденсатных месторождениях осушка и отделение

легкоконденсирующихся углеводородов происходит путём низкотемпературной сепарации, низкотемпературной абсорбции или низкотемпературной масляной абсорбции.

Установка комплексной подготовки газа состоит, по крайней мере, из одной дожимной компрессорной станции с системой масляного охлаждения газа для смазывания подвижных частей компрессора и двигателя, а также поддержания рабочей температуры, необходимых для технологического обеспечения процессов очистки, осушки и транспорта газа на магистральный газопровод.

2.2 Выбор архитектуры АС

В основании разработки пользовательского интерфейса проекта АС лежит ее профиль. Под профилем понимаются стандарты, направленные на выполнение поставленной задачи. Главными целями использования профилей являются:

- Уменьшение трудоемкости АС;
- Увеличение качества оборудования АС;
- Возможность масштабирования разрабатываемой АС;
- Функциональная интеграция АС.

Профили АС включают в себя следующие пункты:

- Профиль прикладного программного обеспечения;
- Профиль среды АС;
- Профиль защиты;
- Профиль инструментальных средств АС.

Для проектирования автоматизированной системы управления будем использовать следующее:

- Прикладное программное обеспечение: TIA Portal (SCADA-система);
- Среда разработки: ОС Windows 10;
- Защита информации: стандартные средства Windows

2.3 Разработка структурной схемы АС

Объектом управления является дожимная компрессорная станция. В электродвигателе осуществляется замер давления, температуры и скорости вращения ротора, а в нагнетателе давления производится замер температуры и давления на входе и выходе. Исполнительным устройством являются клапаны с электроприводом. Структурная схема автоматизации приведена в приложение Д.

Спецификация каждой отдельной системы управления регламентируется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой.

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков: датчика температуры, датчика давления с индикацией, датчик угловой скорости и исполнительных устройств (клапанов с электроприводом).

Средний уровень (контроллерный) состоит из основного и запасного контроллеров.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит из коммутатора, а также компьютеров и серверов баз данных, объединенных в локальную сеть Ethernet. На ПК диспетчера и операторов установлены ОС Windows 10 и ПО TIA Portal.

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

- Собирает, обрабатывает и хранит всю информацию о состоянии технологического процесса и информацию о параметрах используемого оборудования;
- Осуществляет автоматизированное управление технологическим процессом;
- Выполняет команды, которые поступают с пункта управления;
- Обменивается информацией с пунктом управления.
- обрабатывает данные, при этом масштабируя их;

- поддерживает единое время всей системы;
- синхронизирует работу подсистем;
- организует создание архивов по заданным параметрам;

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

Для взаимодействия контроллера на нижнем уровне с полевыми датчиками и исполнительными устройствами используются каналы связи 4..20мА.

Контроллеры среднего уровня и коммутатор верхнего уровня взаимодействуют посредством локальной сети Ethernet. Также используя локальные сети Ethernet взаимодействуют между собой концентратор верхнего уровня и компьютеры оператора АСУ.

2.4 Функциональная схема автоматизации

На функциональной схеме автоматизации отображаются основные технические решения, применяемые в процессе проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами. основное и вспомогательное оборудование вместе с встроенными в него регулирующими и запорными органами в данных системах является объектом управления.

Функциональная схема – это технический документ, который определяет функционально блочную структуру контуров управления технологическим процессом. Также на функциональной схеме автоматизации отображаются устройства и средства автоматизации, которыми оснащен объект управления.

Все компоненты системы управления показаны как условные изображения, их объединяют в единую систему линиями функциональной

связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической системы автоматизируемого процесса. Оборудование на схемах показаны в виде условных изображений.





В процессе разработки функциональной схемы автоматизации решают данные задачи:

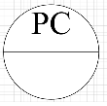
- Получение первичной информации о состоянии оборудования и технологического процесса;
- Регистрация и контроль технологических параметров процессов и контроль состояния технологического оборудования;
- Непосредственное воздействие технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса.

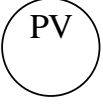
Функциональная схема автоматизации в данной работе разрабатывается по ГОСТ 21.208-2013.

В приложение Б и В приведена функциональная схема автоматизации системы дожимной компрессорной станции, разработанная по ГОСТ 21.208-2013.

На функциональной схеме приведены следующие обозначения:

- 1)  Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту;
- 2)  Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения давления, установленный по месту;
- 3)  Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения угловой скорости, установленный по месту;
- 4)  Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная по месту;

5)  Оборудование для управления давлением, установленное удалённо;

6)  Прибор для управления приводом задвижек, установленный по месту

2.5 Разработка схемы информационных потоков

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

- Первый уровень (уровень датчиков и исполнительных механизмов);
- Второй уровень(программируемые логические контроллеры);
- Третий уровень(операторская станция, панель оператора);

На первом уровне представляются датчики, в которых формируются сигналы в физических величинах (не преобразованные).

На втором уровне представлены устройства ввода/вывода. На этом уровне происходит коммутация сигналов с датчиков, а так же формирование выходного управляющего сигнала по сигналу контроллера со следующего уровня.

На третьем уровне представлены контроллеры. Именно здесь происходит формирование выходного управляющего сигнала, опираясь на текущие показания технологических параметров. Здесь формируется оперативная база данных, необходимая для текущего контроля процесса. Все текущие параметры передаются через коммутатор оператору.

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

- температура масла в электродвигателе и на замерной нитки, оС;
- скорость вращения ротора двигателя , рад/с;
- температура в газопроводе , оС;

- давление масла в электродвигателе и на замерной нитки, МПа;
- давление в газопроводе, МПа.

Все компоненты контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), который состоит из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_C

где

- AAA – 3 символа, принимает следующие значения:
 - PRS – давление;
 - TMP – температура;
 - SPD – скорость;
 - STT – состояние.
- BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
 - DVIG – электродвигатель;
 - NASS – нагнетатель;
 - VLV – задвижка;
 - MASL – маслопровод;
 - GASS – газопровод;
- CC – уточнение или примечание, не более 2 символов:
 - 1 – замерная нитка до нагнетателя;
 - 2 – замерная нитка после нагнетателя;
 - L – низкий уровень;
 - H – предупредительный верхний уровень;
 - HH – аварийный верхний уровень;

Знак подчеркивания _ необходим для разделения одной части идентификатора от другой.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Кодировка всех сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
-----------	-----------------------

PRS_1	Давление в газопроводе до нагнетателя.
TMP_1	Тем-тура в газопроводе до нагнетателя.
PRS_2	Дав-ие в газопроводе после наг-ля.
TMP_2	Тем-ра в газопроводе после наг-ля.
STT_VLV_1	Сост-е задвижки рег-ора до наг-ля.
STT_VLV_2	Сост-е задвижки рег-ора после нагнетателя.
PRS_MASL	Давление в маслопроводе.
SPD_DVIG	Скорость двигателя.
PRS_NASS_L	Низкий уровень давления в наг-ля.
PRS_NASS_H	Высокий уровень давления в наг-ля.
PRS_NASS_HH	Аварийный ур-нь давления в наг-ля.
PRS_DVIG_L	Низкий уровень давления в дв-ле.
PRS_DVIG_H	Высокий уровень давления в дв-ле.
PRS_DVIG_HH	Аварийный уровень давления в дв-ле.

2.6 Выбор средств реализации

2.6.1 Выбор контроллерного оборудования

В процессе выбора контроллерного оборудования были рассмотрены 2 вида ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300 и Modicon M340.

В таблице 2 представлены технические характеристики двух ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300 и Modicon M340.

Таблица 2 - Технические характеристики Siemens SIMATIC S7-300, Modicon M340.

Технические характеристики	Siemens SIMATIC S7-300	Modicon M340
Процессор	313C	Intel Industrial Celeron 2,3 GHZ
Память (RAM)	64 Кбайт	64 Кбайт
Количество каналов ввода-вывода	256	64
Время цикла	От 0,15 мс	4 мс
Тип интерфейса	RS485, Profibus, Ethernet, MPI, Modbus	Ethernet,
Напряжение питания	24 В	24 В
Потребляемая мощность	3,5 Вт	3,5 Вт
Диапазон рабочей температуры	-40..+70 °С	0..+60°С
Степень защиты	IP65	IP20

В результате технико-экономического анализа был выбран ПЛК Siemens SIMATIC S7-300 (Рисунок 1).



Рисунок 1 - Siemens SIMATIC S7-300

Программируемый логический контроллер Siemens SIMATIC S7-300 – необходим для разработки систем автоматизации средней и низкой степени сложности. Модульное строение контроллера S7-300, работа с охлаждением, возможность использования структур локального и распределенного ввода-вывода, обширные коммуникационные возможности, функции, поддерживаемые на уровне операционной системы, удобная эксплуатация и обслуживание дают возможность получения решений для построения систем автоматического управления технологическими процессами в разных областях промышленного производства.

Возможности контроллера:

- Быстродействие и поддержка математических операций для эффективной обработки данных;
- Удобная настройка параметров с инструментами для всех модулей контроллера;
- Постоянный мониторинг системы для обнаружения ошибок и отказов с использованием диагностических функций;
- Журнал диагностических сообщений с метками даты и времени;
- Автоматический обмен данными между операционной системой контроллера и приборами.

На рисунке 2 представлена конфигурация ПЛК.

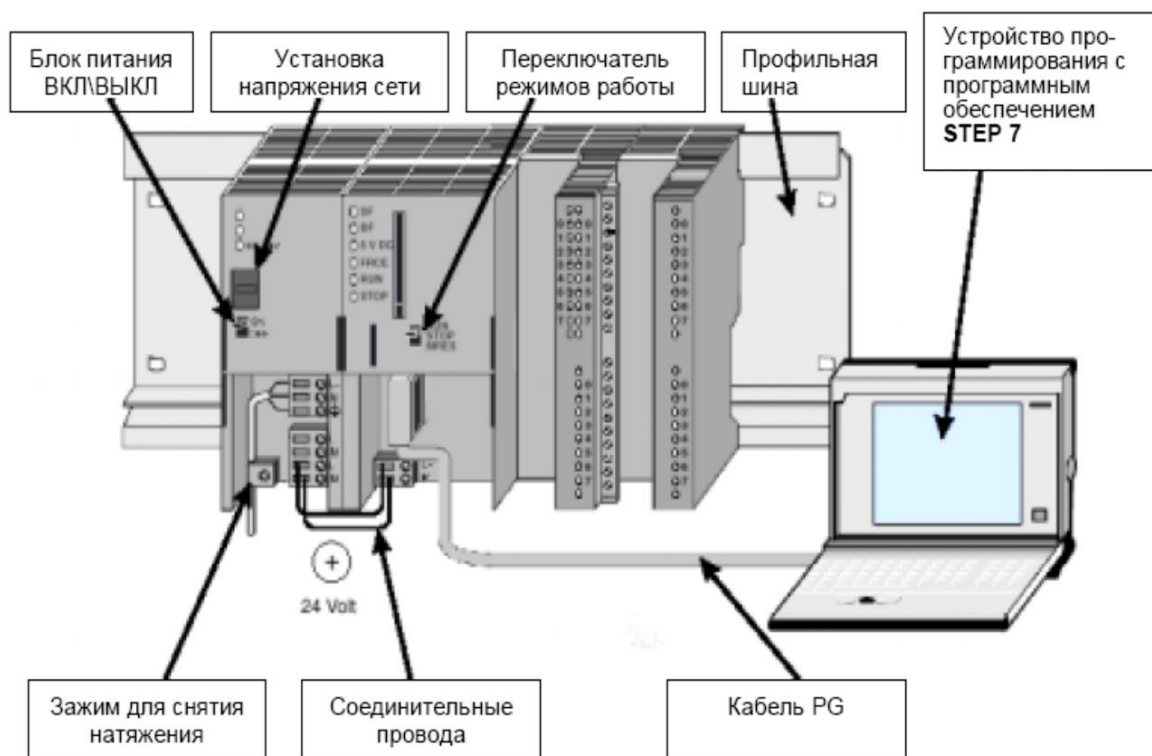


Рисунок 2 - конфигурация ПЛК

Возможная схема подключения контроллера Siemens SIMATIC S7-300 представлена на рисунке 3.

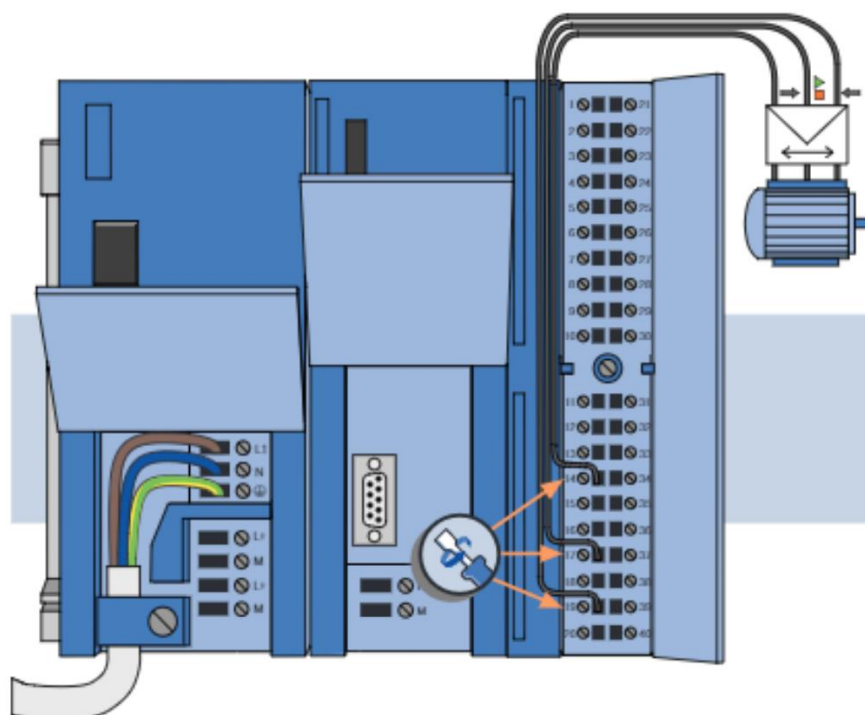


Рисунок 3 - Возможная схема подключения контроллера Siemens SIMATIC S7-300.

2.6.2 Выбор датчиков

2.6.2.1 Выбор датчиков температуры

В процессе выбора оборудования для измерения температуры ДКС, были выделены три датчика температуры: МСТУ Метран-274, Omron ESIC, Метран-288. По техническим показателям Метран-288 практически идентичен своим аналогам, но за счет его дешевизны(в среднем в полтора раза дешевле) и большего числа исполнений, выберем его(рисунок 4).

В таблице 3 приведены характеристики датчика Метран-288.

Таблица 3 – Технические характеристики датчика Метран-288.

Технические характеристики	Метран-288
Измерение среды	Температура твердых поверхностей/жидкостей
Диапазон измерения	-50..+500°C
Погрешность измерений	±0,2%
Выходной сигнал	4-20 мА
Диапазон температур окружающей среды	-50..+1200°C
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65



Рисунок 4 - датчик температуры Метран-288

Габаритные и присоединительные размеры, а также схема подключения приведена на рисунке 5 и 6.

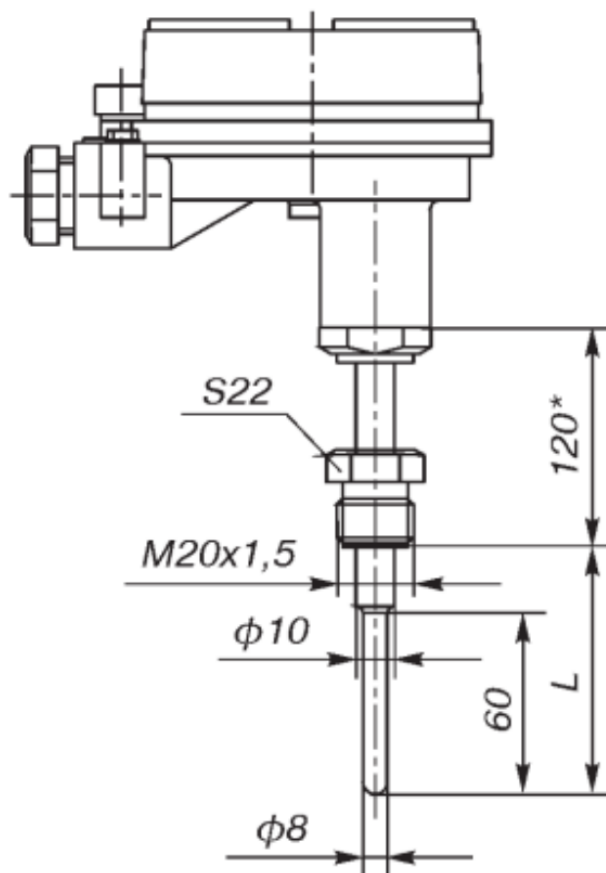


Рисунок 5 - Габаритные и присоединительные размеры Метран-288

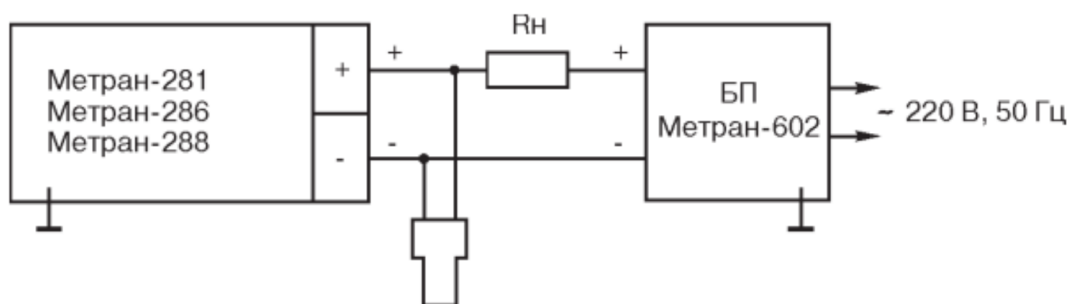


Рисунок 6 – Схема подключения датчика температуры Метран-288

Для подключения коммутационных проводов к датчику температуры с выходным сигналом 4...20мА необходимо:

- Открутить крышку датчика;
- Снять нормирующий преобразователь;
- К клеммам 3 и 4 подключить коммутационные провода. Провод подключенный к клемме 4 подключить ко входу «-» (минус) измерительного

прибора, а к клемме 3 подключить к минусу источника питания, плюс источника питания подключить ко входу «+» измерительного прибора.

Принцип работы датчика:

Управление датчиком происходит дистанционно при помощи управляющих устройств, связь управляющих устройств осуществляется по аналоговому каналу – передачей данных об измеряемой температуре в виде постоянного тока 4-20мА. Принцип работы датчика основан на возникновении электрического тока в замкнутых контурах проводников. Для измерения температуры, один конец термопары помещают в среду измерения, а другой служит для снятия значений.

2.6.2.2 Выбор датчика скорости

В процессе выбора оборудования для измерения скорости вращения ротора, были выделены два датчика: GEL 247, EI-9011. По техническим показателям GEL 247 превосходит свой аналог по диапазону рабочих температур, а также способен безопасно определять, как малые, так и высокие скорости вращения (рисунок 7). Ниже представлены его главные технические характеристики:

- Модуль целевого колеса: от 1.0 до 3.5;
- Диапазон измерений скорости вращения: 0 – 25 кГц;
- Диапазон рабочих температур: -40... +120°C;
- Напряжение питания: 10 – 30 В постоянного тока;
- Степень защиты от внешних воздействий: IP68;
- Материал целевого колеса: ферромагнитная сталь;
- Воздушный зазор: от 0,1 мм до 1,3 мм.

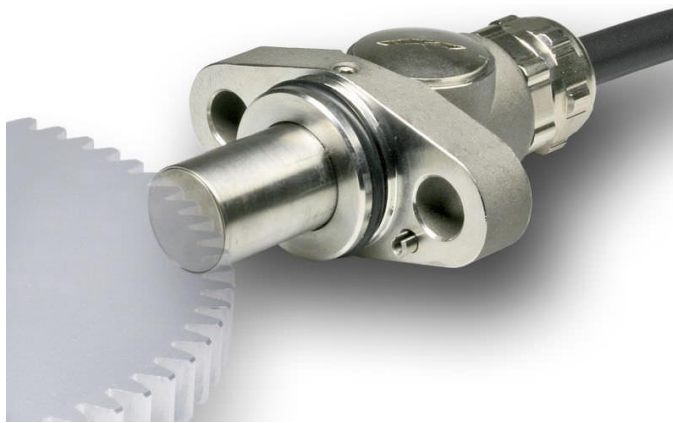


Рисунок 7 – Датчик скорости GEL 247

Принцип действия данного датчика скорости – бесконтактное магнитное сканирование. Встроенное магнитное поле датчика изменяется при вращении целевого колеса. Сенсорная система датчика записывает изменения в магнитном поле. Далее сигнал трансформируется в одиночный или двойной сигнал напряжения прямоугольной или синусоидальной формы. Далее сигналы передаются к усиливающим устройствам через специальный кабель.

Благодаря бесконтактному измерению вращения датчик скорости GEL 247 не требует постоянного технического обслуживания и износостойчив.

Датчик скорости GEL 247 обеспечивает безопасное определение очень медленного вращения от 0 Гц без потери импульса, а также скоростного вращения до 25 кГц.

Данный бесконтактный датчик скорости вращения – 2-канальный, имеет 2 смещённых на 90 градусов канала, которые обеспечивают вектор вращения.

Корпус датчика – крепкий, малых размеров, изготовлен из нержавеющей стали. Конструкция корпуса датчика обуславливает его надёжную эксплуатацию даже в жестких условиях, что важно в условиях промышленной подготовки газа.

Компактные размеры данного датчика скорости вращения позволяют применять его в условиях ограниченного пространства для монтажа.

2.6.2.3 Выбор датчиков давления

Выбор манометра проходил из следующих вариантов приборов: МЕТРАН 150 – CG, МЕТРАН – 55 –ДИ – Ех, United Electric Ех-120. По технико-экономическим характеристикам был выбран датчик давления МЕТРАН 150 (рисунок 8), так как он имеет унифицированный сигнал постоянного тока 4 ... 20 мА, который прост в обработке, и подходит для работы с агрессивными средами, другие аналоги не способны выдержать данных условий эксплуатации.

Технические характеристики данного датчика представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Технические характеристики МЕТРАН 150 - CG.

Технические характеристики	МЕТРАН 150 - CG
Измеряемые среды	Газ, нефть, вода
Диапазон измерений	От 10 кПа до 10МПа
Погрешность приборов	±0,075%
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	-50...+100°C
Степень защиты по ГОСТ 14254	IP65



Рисунок 8 - Датчик давления МЕТРАН 150

Датчик предназначен для преобразования давления рабочих сред: жидкости, пара, газа в унифицированный токовый сигнал.

Датчик имеет атомное исполнение и атомное взрывозащищенное исполнение. Взрывозащищенные датчики имеют вид взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» и соответствуют требованиям ГОСТ 30852.0, ГОСТ 30852.10 и выполняются с видом взрывозащиты «особовзрывобезопасный» с маркировкой по взрывозащите – 0ExiaIICT5 X.

Установочные и присоединительные размеры датчика и схема подключения Метран-150 приведены на рисунке 9 и 10.

Принцип работы датчика:

Датчик состоит из чувствительного модуля и электрического преобразователя. Чувствительный модуль состоит из измерительного блока и платы аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Давление подается в камеру измерительного блока, преобразуется в деформацию чувствительного элемента и изменение электрического сигнала. Электрический преобразователь преобразует электрический сигнал в соответствующий выходной сигнал.

Чувствительный модуль датчиков состоит из корпуса и емкостной измерительной ячейки. Емкостная ячейка изолирована механически, электрически и термически от технологической измеряемой среды и окружающей среды. Измеряемое давление передается через разделительные мембраны и разделительную жидкость к измерительной мембране, расположенной в центре емкостной ячейки.

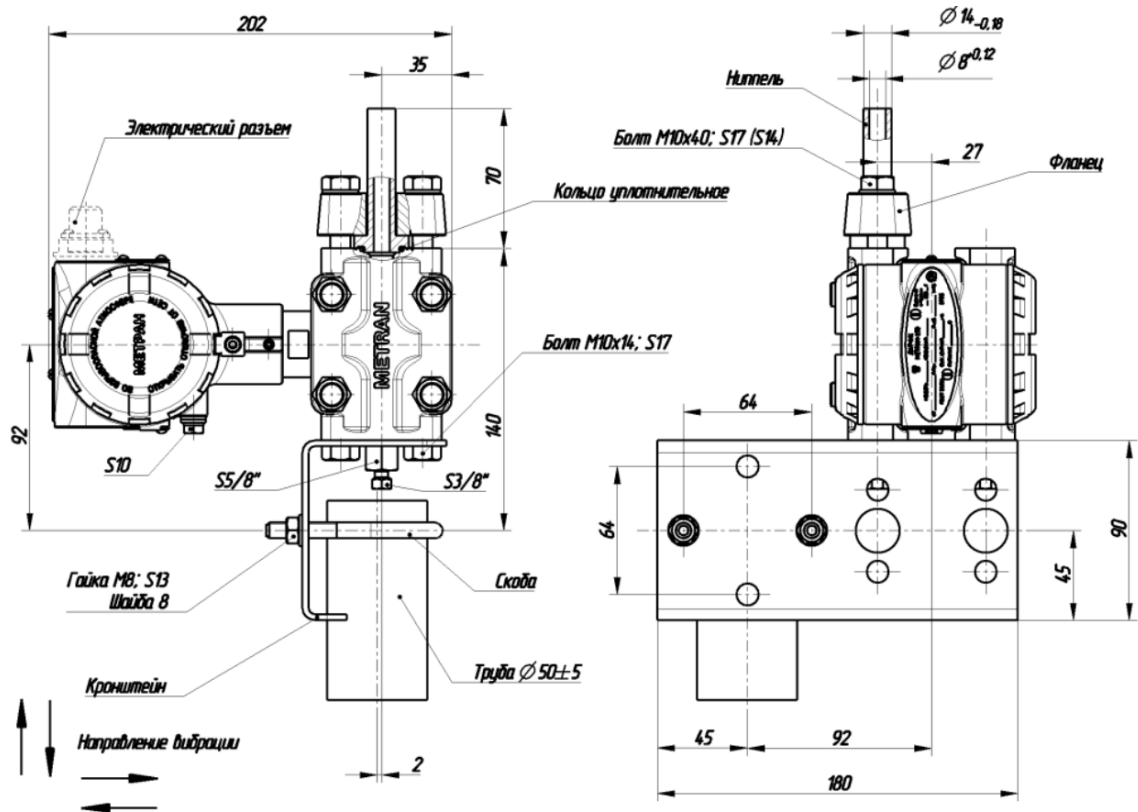


Рисунок 9 - Установочные и присоединительные размеры датчика
Метран- 150

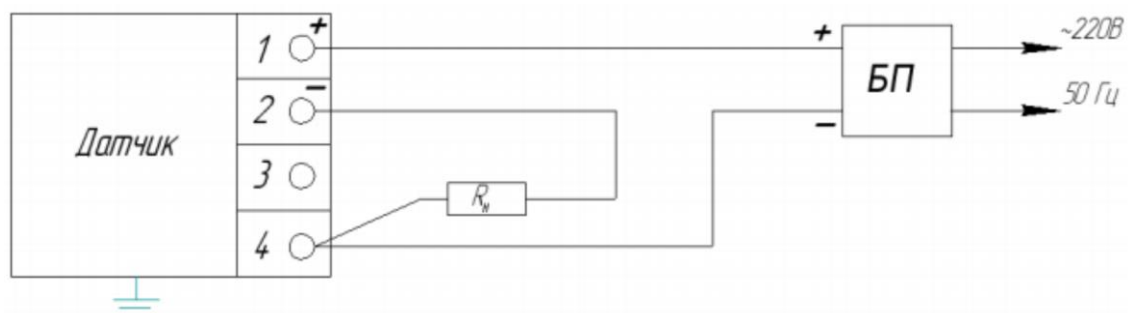


Рисунок 10 – Схема подключения датчика Метран-150 (4...20 мА.)

2.6.3 Выбор исполнительных механизмов

2.6.3.1 Выбор клапана

В качестве исполнительных механизмов были выбраны клапаны с электроприводом и ручным управлением VFM2 рисунок 11.



Рисунок 11 – Клапан VFM2

Управление клапаном осуществляется дистанционно (электроприводом) или вручную (при помощи маховика). Регулирующее воздействие от исполнительного устройства призвано менять процесс в нужном направлении для выполнения поставленной задачи – стабилизация регулируемой величины. Технические характеристики клапана представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики клапана VFM2.

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

При монтаже клапана необходимо убедиться, что направление регулируемой среды совпадает с направлением стрелки на его корпусе. Так же необходимо предусмотреть достаточное пространство вокруг клапана с

электроприводом для их демонтажа и обслуживания. Устройство клапана приведено на рисунке 12.

Устройство

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

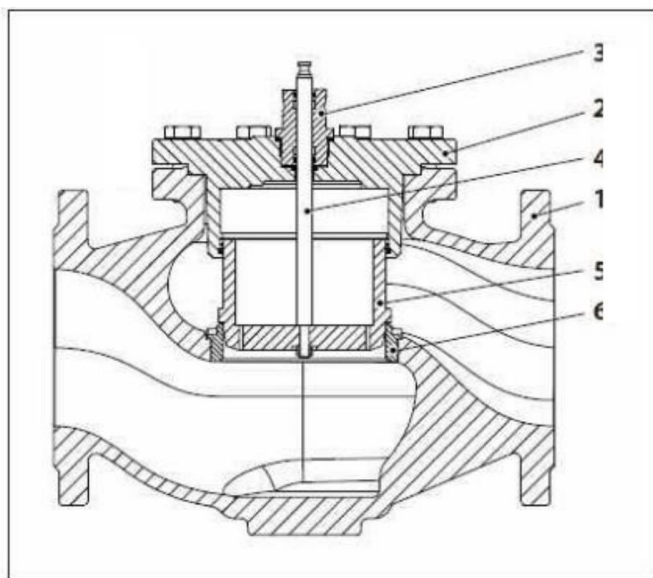


Рисунок 12 – Устройство клапана VFM2

Для управления клапана был выбран редукторный электропривод AMV 655 (рисунок 13).



Рисунок 13 – Редукторный привод AMV 655

Отличительные особенности:

- Ручное управление или механическое и/или электрическое;
- Индикация положения;
- Сигнальные светодиоды (LED);
- Выбираемая скорость перемещения штока;
- Импульсный выходной сигнал;

- Термозащита и защита от перегрузок;
- Функция обратного движения штока;

Редукторные электроприводы серии AMV655 предназначены для управления регулирующими клапанами под воздействием аналогового или импульсного 3-х позиционного управляющего сигнала электронных регуляторов. Мощность данного электропривода составляет 16,1 Ватт.

Технические характеристики привода представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики электропривода AMV 655.

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

2.6.3.2 Выбор частотного преобразователя

Для регулирования оборотами электродвигателя будем использовать преобразователь частоты. ПЧ генерирует трехфазное напряжение переменной частоты и амплитуды из однофазного или трехфазного напряжения с фиксированной частотой. Далее трехфазное напряжение выпрямляется с помощью диодного моста и конденсатора большой емкости. Напряжение постоянного тока в звене конвертируется в трехфазное напряжение изменяемой частотой и амплитуды. Во входной цепи электродвигателя для этой цели используются быстродействующие электронные ключи, так называемые IGBT транзисторы (биполярные транзисторы с изолированным затвором). Ключи подключают каждую фазу электродвигателя к положительной, либо к отрицательной шине. Продолжительность подачи напряжения и его полярность можно настроить очень точно, так, чтобы с помощью такой широтно- импульсной модуляции напряжения постоянного тока смоделировать требуемое синусоидальное напряжение.

Произведем выбор между двумя преобразователями: MICROMASTER 420 и ALTIVAR 600. Micromaster обеспечивает большой диапазон рабочих

частот, а также имеет большую степень пыле- и влагоустойчивости, что позволяет ему работать в условиях агрессивной среды на месте промышленной подготовки газа (рисунок 14).



Рисунок 14 - Siemens MICROMASTER 420

Таблица 7 - Характеристики преобразователя Siemens MICROMASTER 420.

Технические характеристики	Siemens MICROMASTER 420
Мощность	До 11 кВт
Напряжение сети	3А, 380...480В
Управление	Линейная, программируемая зависимость
Технический регулятор	Встроенный ПИ-регулятор
Цифровые и аналоговые входы	3 цифровых 1 аналоговый

2.7 Разработка схемы внешних проводов

Схема внешней проводки приведена в приложение К и Л. Первичные и внешние приборы включают в себя датчики температуры газа на замерных нитках, датчики давления. Сигнал с данных приборов преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4...20 мА.

Для передачи сигналов от датчика температуры, датчика давления и датчика скорости на щит КИПиА будем использовать кабель КВВГ по три провода, а для сигнализаторов – два провода.

КВВГ Энг – это контрольный кабель с токопроводящей медной жилой, с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке, экранированным проводом, негорящий. Данный вид кабеля используется для передачи переменного тока напряжением до 660 В и 100 Гц или постоянного напряжения до 1000 В, при температуре от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены двухпроводочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе радиусом 10мм.

2.8 Выбор алгоритмов управления АС

В автоматизированной системе на различных уровнях управления используются различные алгоритмы:

- Алгоритмы пуска (запуск/остановка) технологического оборудования (релейные пусковые схемы)(разрабатываются на программируемом логическом контроллере и SCADA-форме);

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

- Алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логических завершенных программных блоков, размещенных в перепрограммируемое ПЗУ контроллеров) (реализуется на ПЛК);

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

В данном дипломном проекте разработаны следующие алгоритмы АС:

- Алгоритм сбора данных;
- Алгоритм автоматизированного регулирования технологическим параметром;

Для пуска/остановки и сбора данных, будем использовать свод правил ГОСТ 19.002.

2.8.1 Выбор алгоритмов управления АС (ДКС)

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления на выходе нагнетателя. Для данного канала построим алгоритм поддержания давления в газопроводе. Алгоритм поддержания давления с канала измерения давления на выходе нагнетателя представлены в приложение И.

2.8.2 Алгоритм автоматического регулирования

В процессе работы компрессорной станции требуется поддерживать давление в газопроводе с помощью электродвигателя. В процессе перекачки газа, нужно следить за давлением на замерных нитках, исходя из условий прочности газопровода и установленной на нём аппаратуры.

Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление газа на замерных нитках.

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Схема регулирования состоит из следующих основных элементов: входное воздействие, ПЛК с ПД-регулятором, преобразователь частоты, асинхронный двигатель, объект управления и датчик давления.

Функциональная схема системы поддержания давления в газопроводе приведена на рисунке 15.

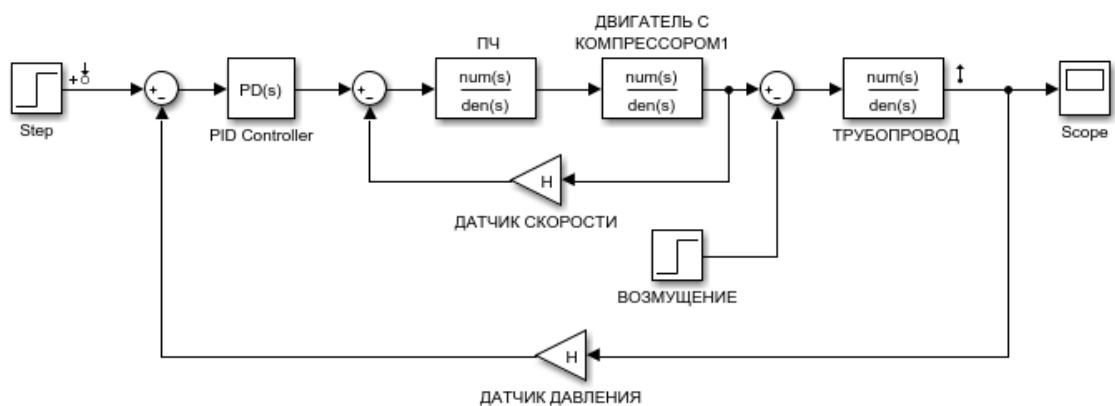


Рисунок 15 – Функциональная схема системы поддержания давления в газопроводе

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

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

Передаточная функция асинхронного электродвигателя. NGX44e/475-4S. Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию в скорость вращения вала.

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

Статический передаточный коэффициент двигателя определяется как отношение угловой скорости вращения двигателя ω к частоте питающей сети f . Номинальная частота питания $f_H = 50$ Гц, $\omega_{ДВ} = 314$ (рад/с) Постоянную времени двигателя примем равной $T_{ДВ} = 1$.

$$k_H = \frac{\omega_{ДВ}}{f_H} = 6.28$$
$$W_{ДВ}(s) = \frac{k_{ДВ}}{T_{ДВ} * s + 1} = \frac{6.28}{s + 1}$$

где:

$k_{ДВ}$ – статический передаточный коэффициент асинхронного двигателя;

$T_{ДВ}$ – постоянная времени электродвигателя;

$\omega_{ДВ}$ – угловая скорость вращения электродвигателя.

Передаточная функция преобразователя частоты. ПЧ представляет собой апериодическое звено, преобразующее электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления нагнетателем.

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

где:

$k_{\text{ПЧ}}$ – статический передаточный коэффициент частотника;

$T_{\text{ПЧ}}$ – постоянная времени частотника;

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

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{f_{\text{Н}}}{I_{\text{ВХ}}}$$

Где:

$f_{\text{Н}}$ – частота на выходе преобразователя;

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

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

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

Постоянная времени преобразователя определяется по формуле

$$T_{\text{ПЧ}} = T_{\phi} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{Н}}}$$

Где:

T_{ϕ} – постоянная времени контура системы импульсно-фазового управления (СИФУ) ПЧ, включая фильтр;

m – число фаз ТПЧ.

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

$$T_{\text{ПЧ}} = T_{\phi} + \frac{1}{2 * m * f_H} = 0.0063$$

Передаточная функция преобразователя:

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

Передаточная функция трубопровода. Объектом управления является участок газопровода, располагающийся между точкой измерения давления и регулирующим органом. Длина участка трубопровода зависит от правил установки датчика и РО и составляет 10 метров. Передаточная функция объекта управления приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка и представлена формулой:

$$W_{\text{тр}}(s) = \frac{1}{T * s + 1} * e^{-\tau_0 * s}$$

$$T = \frac{2 * L * f * c^2}{Q}$$

$$\tau_0 = \frac{L * s}{Q}$$

$$c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{p}{2 * \Delta p}}$$

$$f = \frac{\pi * d^2}{4}$$

где:

$Q_k(p)$ – объемный расход газа после клапана;

$Q(p)$ – измеряемый объемный расход газа;

ρ – плотность газа;

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

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления на трубопроводе;

T – постоянная времени.

Характеристики участка трубопровода представлена в таблице 8.

Характеристика:	Значение
Рабочее давление в трубопроводе, не более, МПа	6,3
Удельный вес газовой смеси γ , кг/с	650
Объемный расход газа, м ³ /ч	1000
Длина участка трубопровода, м	10
Диаметр трубы, м	0,1
Перепад давления на трубопроводе, кгс/м ²	3059,1486

$$f = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,1^2}{4} = 0.00785$$

$$c = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{p}{2 * \Delta p * g}} = 69.62$$

$$T = \frac{2 * L * f * c * c}{Q} = 45.3$$

$$W_{тр}(s) = \frac{1}{69.62 * s + 1}$$

Датчик давления.

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

$$W_{дс}(s) = 1$$

$$W_{дд}(s) = 1$$

Соберем данную систему в Simulink, включая в схему возмущение (рисунок 16):

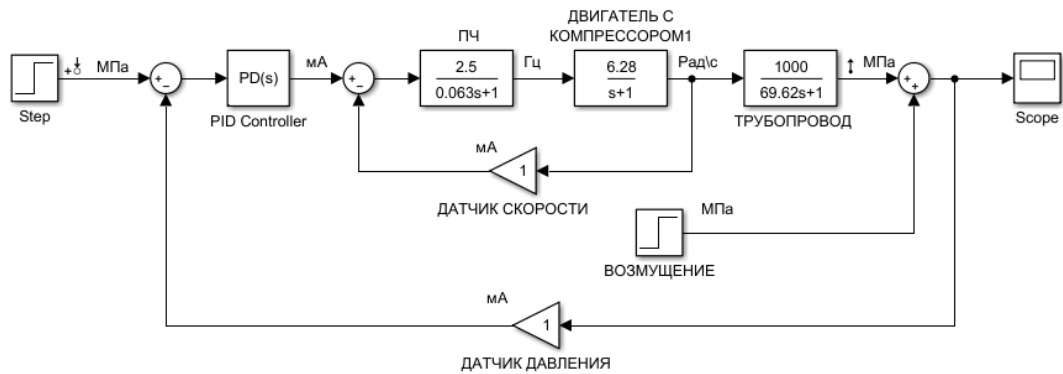


Рисунок 16 – Система регулирования, собранная в Simulink

Настроим ПД при помощи средств MathLab. В результате получим следующие настройки регулятора (рисунок 18) и переходную характеристику (рисунок 17):

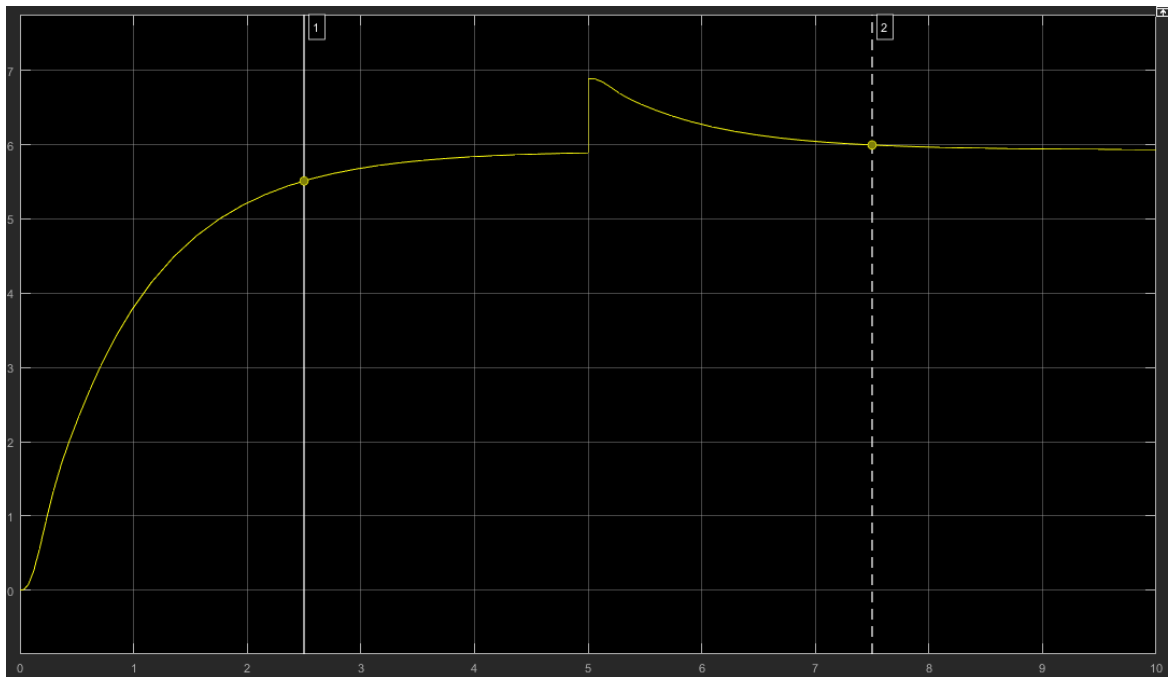


Рисунок 17 – Переходный процесс

Proportional (P):

Derivative (D):

Рисунок 18 – Результаты настройки ПД регулятора в Simulink

Время переходного процесса и перерегулирование составляют 2.5 сек. и 0%. Перерегулирование имеет нулевое значение, что предпочтительно для систем, так как увеличивается эксплуатационный период составляющих системы, то есть уменьшается износ оборудования, также система в состоянии справиться с вомущающим воздействием .

2.8.3 Экранные формы АС ДКС

Управление в АС ДКС реализовано при помощи набора экранных форм (мнемосхем), на которых наглядно представлен ход технологического процесса, значения его параметров и состояния устройств.

Управление в АС дожимной компрессорной станции разработано с использованием SCADA системы TIA Portal. Эта система служит для использования на работающих технологических установках в реальном времени и нуждается в использовании компьютерной техники в промышленном исполнении, отвечающей установленным требованиям в плане надежности, стоимости и безопасности.

В TIA Portal предусмотрена OPC технология, которая предполагает возможность использования оборудования различных производителей. Выбранная SCADA-система не имеет ограничений на выбор аппаратуры нижнего уровня. Это дает возможность подключить к ней внешние, независимо работающие друг от друга компоненты, в том числе спроектированные отдельно программные и аппаратные модули.

Дерево экранных форм приведено в приложение Ж. Пользователь может осуществлять навигацию экранных форм с использованием кнопок прямого вызова. В начале пользователь авторизуется, после авторизации на экране отображается основная экранная форма, которая отображает процесс в целом, а так же контроль некоторых основных параметров ТП (технологического процесса).

Находясь на основной экранной форме можно перейти к дополнительным формам, которые будут более детально отображать

протекающие процессы на участках ТП. Со всех форм предусмотрена возможность перехода к формам, которые будут отображать архивные данные, а так же текущие значения параметров в виде графиков.

На мнемосхеме «Дожимная компрессорная станция» отображается работа следующих объектов и показания приборов:

- Давление в газопроводах;
- Температура в газопроводах;
- Давление и температура нагнетателя;
- Давление и температура электродвигателя;
- Скорость вращения электродвигателя;
- Состояния задвижек;

Принята следующая цветовая схема для отображения аналогового параметра:

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

SCADA представлена на рисунке 19.

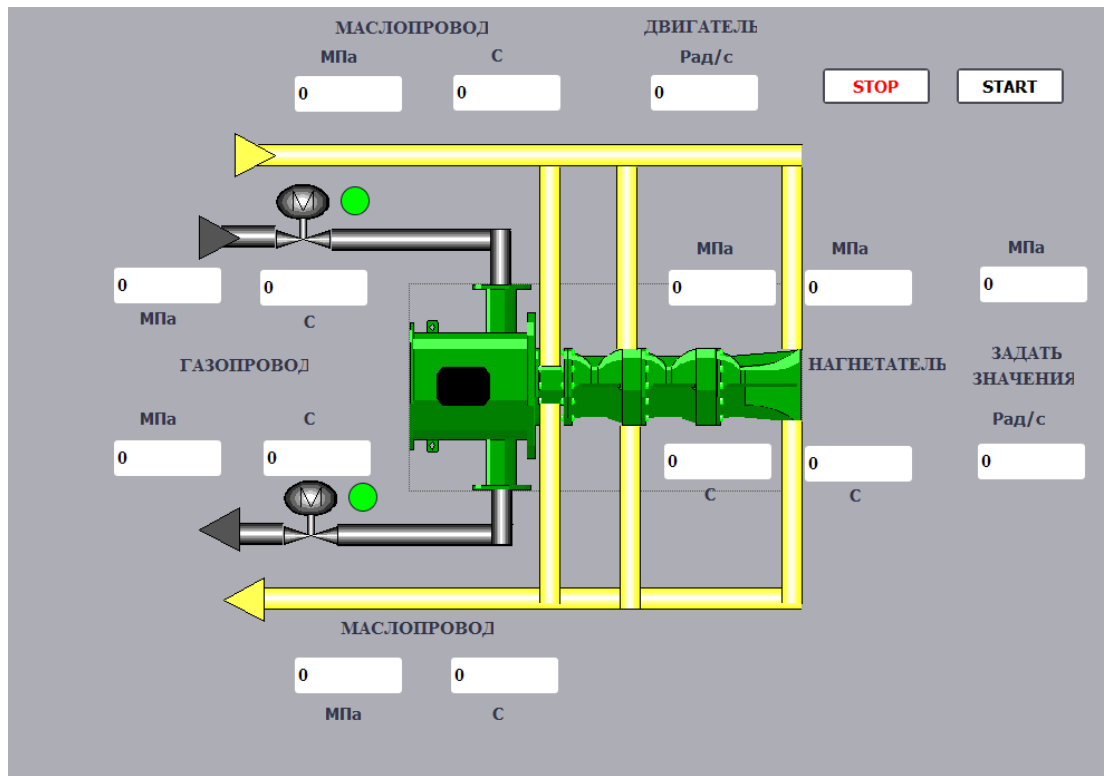


Рисунок 19 - SCADA-система.

2.9 Выбор уровня безопасности

В связи с тем, что установка подвергается полной автоматизации, отпадает необходимость постоянного присутствия рабочего персонала вблизи производственных установок. На основе этой информации требуется подобрать уровень безопасности системы, согласно уровням SIL (Safety Integrity Level).

Класс безопасности систем управления SIL распространяется на 3 типа систем управления:

- 1) Электрические;
- 2) Электронные;
- 3) Программируемые;

Уровень SIL соответствует вероятному ущербу.

SIL1:

- 1) Ущерб: оборудование, продукция;
- 2) Допустимое число отказов: 1 на 0.1 млн. часов.

SIL2:

- 1) Ущерб: Травматизм персонала;
- 2) Допустимое число отказов: 1 на 1 млн. часов.

SIL3:

- 1) Ущерб: Гибель персонала или населения;
- 2) Допустимое число отказов: 1 на 10 млн. часов.

SIL4:

- 1) Ущерб: Общая техногенная катастрофа;
- 2) Допустимое число отказов: 1 на 100 млн. часов.

Согласно приведенным данным можно сделать следующие выводы. Система с уровнем SIL 4 будет избыточной, автоматизируемое производство не способно привести к техногенной катастрофе, к тому же такой уровень безопасности будет крайне экономически не выгодным. Система с уровнем SIL 1 будет недостаточной, технологический процесс будет часто нарушаться в связи с выходом из строя датчиков и исполнительных механизмов, вследствие чего понадобится персонал, осуществляющий ремонт оборудования, что приводит к бессмысленности сам процесс автоматизации установки.

Выбор остается между уровнями SIL 2 и SIL 3. Уровень SIL 3 обеспечит большое время наработки на отказ всего оборудования в комплексе, но повлечет число ложных отказов, приводящих к остановке работ на предприятие, а также гарантирует безопасную среду для работы обслуживающего персонала и инженеров установки, но закупка оборудования соответствующего и построения архитектуры производства уровня SIL 3 понесет за собой материальные потери, которые будут долго окупаться, тем самым производство окажется не рентабельным.

Автоматизируя производство персонал будет реже контактировать со всеми опасными частями установки, а для большего времени работы оборудования без обслуживания, потребуются датчики и исполнительные механизмы соответствующие большей наработкой на отказ, к тому установка

должна себя окупить и приносить прибыль. Исходя из проведенного анализа остановим выбор на уровне SIL 2.

Все датчики, частотные преобразователи, ПЛК, а также исполнительные механизмы подобранные в компрессорной станции, соответствуют уровню SIL 2 или больше. Помимо этого требуется применить архитектуру 1 из 2, либо 1 из 1 с самодиагностикой, для соответствия уровню выбранного SIL.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Бекешкин Даниил Владимирович

Институт	ИШИТР	Кафедра	ОАР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p>Изучение информации, представленной в различных публикациях, нормативно-правовых документах, изданиях.</p>
---	---

П Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 	<p>Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИ.</p> <p>Определение трудоёмкости работ для НИ, разработка графика проведения НИ (диаграмма Ганта), составление бюджета НИ</p> <p>Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИ.</p>
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Д Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Васильевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бекешкин Даниил Владимирович		

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

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследований являются широкий круг коммерческих организаций в нефтегазовой отрасли, в частности газодобывающие заводы, предприятия, предназначенный для сбора газа на промыслах и их последующей транспортировки.

В таблице 9 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ПАО «Газпром», «Б» - ПАО «Роснефть», «В» - ЗАО «ЭлеСи».

Таблица 9. Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Крупные	А, Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средние	А, Б, В	А, Б	В	В
	Мелкие	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

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 10. Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система

АСУ ТП, существующая система управления УКПГ, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

Таблица 10. Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Разрабатываемая АСУ ТП	Существующая система	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Разрабатываемая АСУ ТП	Существующая система	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,3	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Удобство в эксплуатации	0,05	4	3	5	0,5	0,3	0,5
Устойчивость	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,2
Энергоэкономичность	0,04	2	3	2	0,1	0,15	0,05
Надежность	0,1	5	3	4	0,32	0,24	0,32
Безопасность	0,1	5	3	5	0,2	0,15	0,25
Простота эксплуатации	0,1	4	3	4	0,35	0,21	0,28
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность	0,06	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Уровень проникновения на рынок	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
Цена	0,1	5	2	4	0,5	0,2	0,4
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	2	1	1	0,4	0,2
Условия проникновения на рынок	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Итого	1	51	35	43	4,43	2,75	3,29

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая АСУ ТП УКПГ является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как высокая стоимость, более низкая производительность и низкий срок эксплуатации.

3.3 SWOT - анализ

SWOT-анализ – это метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Матрица SWOT

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1. Экономичность и энергоэффективность проекта	С2. Экологичность технологии	С3. Более низкая стоимость	С4. Наличие бюджетного финансирования	С5. Квалифицированный персонал	Сл1. Отсутствие прототипа проекта	Сл2. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров	Сл2. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров	Сл4. Отсутствие необходимого оборудования	Сл5. Большой срок поставок используемого оборудования
Возможности	В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В2. Использование существующего программного обеспечения	+	0	-	0	+	-	-	-	-	-
	В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	+	+	0	0	-	-	-	-	-	-
	В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований	0	-	+	0	-	-	-	-	-	-
	В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	+	0	+	0	-	-	-	-	-	-

Угрозы	У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства	-	-	-	-	-	+	+	0	0	+
	У2. Развитая конкуренция технологий производства	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0
	У3. Ограничения на экспорт технологии	-	-	-	-	-	-	+	-	0	-
	У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	-	-	-	-	-	+	-	-	0	+

Таким образом, сильные стороны проекта удовлетворяют его возможностям. Простота эксплуатации, сокращение затрачиваемого времени на обработку данных пользователя, а главное достоверность результатов позволяют использовать практически все возможности для развития исследований. Однако, слабые стороны проекта в сочетании с внешними угрозами ставят под вопрос будущее развитие проекта. Для их минимизации необходимо продолжать работу по расширению функционала программного обеспечения и повышению достоверности оценки результатов измерений.

3.4 Структура работ в рамках научного исследования

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

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент (С). Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 12.

Таблица 12. Этапы выполнения дипломной работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Р
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	С
	3	Изучение существующих объектов проектирования	С
	4	Календарное планирование работ	Р, С
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	С
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	С
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Р, С
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Р, С
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	С
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	С
	12	Составление схемы информационных потоков	С
	13	Разработка схемы внешних проводок	С
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	С
	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	С
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	С
	17	Проектирование SCADA-системы	С
Оформление отчета	18	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	19	Написание раздела «социальной ответственности»	С
	20	Проверка работы с руководителем	Р, С
	21	Составление пояснительной записки	С
	22	Подготовка презентации дипломного проекта	С

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

где:

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В таблице 13 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 13. Временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	3	2,4	1	2,4	4
Изучение существующих объектов проектирования	3,5	4,5	3,9	1	3,9	6
Календарное планирование работ	2,5	3	2,7	2	1,35	2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	3,5	4	3,7	1	3,7	5

Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	1	3	1,8	1	1,8	3
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2,5	3	2,7	1	2,7	4
Оценка эффективности полученных результатов	2	2,5	2,2	2	1,1	2
Определение целесообразности проведения ОКР	2,5	3	2,7	2	1,35	2
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	3,5	4	3,7	1	3,7	5
Составление перечня вход/выходных сигналов	1,5	2	1,7	1	1,7	3
Составление схемы информационных потоков	1,5	2	1,7	1	1,7	3
Разработка схемы внешних проводок	2	2,5	2,2	1	2,2	3
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	1,5	3	2,1	1	2,1	3
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	3	2,4	1	2,4	4
Проектирование SCADA-системы	2	3	2,4	1	2,4	4
Итого						54

На основе таблицы 13 построим диаграмму Ганта, представляющую из себя горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Желтым цветом обозначена работа руководителя, а синим – работа студента.

Таблица 14. Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	Продолжительность работ													
			Февраль			Март			Апрель			Май				
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	Составление и утверждение технического задания	Р														
2	Подбор и изучение материалов по теме	С														

3	Изучение существующих объектов проектирования	С																		
4	Календарное планирование работ	Р																		
		С																		
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С																		
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	С																		
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	С																		
8	Оценка эффективности полученных результатов	Р																		
		С																		
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Р																		
		С																		
10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ	С																		
11	Составление схемы информационных потоков	С																		
12	Составление перечня вход/выходных сигналов	С																		
13	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	С																		
14	Проектирование SCADA-системы	С																		
15	Составление схемы внешних проводок	С																		
16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	С																		

3.6 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле

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

где:

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

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

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

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

Таблица 15. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Датчик давления «МЕТРАН-150CG»	шт	5	17000	85000
Контроллер «Siemens SIMATIC S7-300»	шт	1	12000	144000
Реле термисторной защиты «РТ-М01-1-15»	шт	4	1500	7200
Датчик температуры «Метран 288»	шт	5	2400	14400
Датчик скорости « GEL 247»	шт	1	5500	5500
Электропривод «AMV 655»	шт	2	70000	14000
Электродвигатель «HGХ44е/475-4S»	шт	1	138000	138000

3.7 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для экранных форм. В таблице 16 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения:

Таблица 16. Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
Scada Siemens	1	45 760	45 760

ТИА 13			
Итого:			45 760

3.8 Основная заработная плата исполнителей темы

Действительный годовой фонд рабочего времени руководителя и дипломника представлен в таблице 17. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 17. Баланс времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент-дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные дни -праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени -отпуск -невыходы по болезни	48	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	217

Таблица 18. Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата	Премимальный коэффициент	Коэффициент доплат	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад	Среднедневная заработная плата	Продолжительность работ	Заработная плата основная
Руководитель	23000	0,3	0,2	1,3	44850	2524,22	9	22718
Студент-дипломник	2500	0,3	0,5	1,3	5850	280,37	76	21308
Итого:								44026

3.9 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формулам:

$$Z_{допР} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 22718 = 3180,52 ,$$

$$Z_{допИ} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 21308 = 2983,12 .$$

3.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений определяется по формуле (5):

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

где:

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

Все расчеты сведены в таблицу 19.

Таблица 19. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель проекта	Студент-дипломник
Основная заработная плата	22718	21308
Дополнительная заработная плата	3180,52	2983,12
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	27,1	27,1
Итого:	7018,5	6582,9

3.11 Накладные расходы

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

Расчет накладных расходов определяется по формуле:

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

где:

$k_{\text{НР}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 20:

Таблица 20. Расчет бюджета затрат на НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	1 958 400
2. Затраты на специальное оборудование	45 760
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	44026
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6163,64
5. Отчисления во внебюджетные фонды	13601,4
6. Накладные расходы	330872,17
7. Бюджет затрат НИР	2067951,04

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегральных показателей: финансового и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель вычисляется по формуле:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Результаты вычислений приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет интегрального финансового показателя

Вариант исполнения	Φ_{max}	Φ_{pi}	$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$
Разработанная система	2 340 573	2 067 951	0,88
Система ЗАО «ЭлеСи»		2 340 573	1
ПАО «Роснефть»		2 214 785	0,95

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется формулой:

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

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

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

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности отображен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Критерий	Весовой коэффициент	исп. студента	исп. «ЭлеСи»	исп. «Роснефть»
Способствует росту производительности и труда пользователя	0,15	4	4	3
Удобство в эксплуатации	0,25	4	5	5
Энергосбережение	0,15	4	4	4
Надежность	0,2	4	3	3
Помехоустойчивость	0,25	5	4	5
Итого	1			

$$I_{\text{исп. студента}} = 4,25$$

$$I_{\text{исп. «ЭлеСи»}} = 4,05$$

$$I_{\text{исп. «Роснефть»}} = 4,15$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании двух предыдущих интегральных показателей в соответствии с формулой:

$$I_{\text{исп} i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{финр}}^i}$$

Сравнение интегральных показателей эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 23.

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исполнение		
	исп. студента	исп. «ЭлеСи»	исп. «Роснефть»
Интегральный финансовый показатель	0,88	1	0,95
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,25	4,05	4,15
Интегральный показатель эффективности	4,83	4,05	4,37
Сравнительный показатель эффективности	1	0,84	0,9

Анализируя полученные данные финансовой и ресурсной эффективности следует, что наиболее эффективной АСУ ТП является система, разработанная студентом и его руководителем.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4А	Бекешкин Даниил Владимирович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Автоматизация установки комплексной подготовки газа
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Функциональные возможности и техническое обеспечение	Приведен перечень требований к датчикам и исполнительным механизмам, а также к системе в целом.
2. Метрологическое и программное обеспечение	Приведен перечень пределов допускаемых погрешностей и требований к ПО.
3. Математическое и информационное обеспечение	Описаны этапы разработки математического и информационного обеспечения.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4А	Бекешкин Даниил Владимирович		

4. Социальная ответственность

4.1 Общие сведения

В данной работе рассматривается разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом установки комплексной подготовки газа. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора АСУ ТП является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций.

В связи с этим будут разработаны меры по защите и снижению негативного влияния производственных факторов для рабочего места оператора согласно требованиям, а также даны рекомендации для создания благоприятных условий труда и охраны окружающей среды.

Из-за внедрения АСУ обслуживающий персонал будет работать с таким оборудованием как ПЭВМ, измерительные устройства (датчики), регулирующие клапаны и ПЛК.

При работе с вышеприведенным оборудованием нужно учитывать следующие пункты:

- Функциональные возможности
- Техническое обеспечение
- Метрологическое обеспечение
- Программное обеспечение
- Математическое обеспечение
- Информационное обеспечение

4.2 Анализ вредных и опасных факторов

Оценка влияния различных факторов будет производиться исходя из того, что работа инженера относится к категории 1а согласно ГОСТ 12.1.005-88. Производственную деятельность рабочий как правило осуществляет в помещении площадью 15-20 м², в котором находятся несколько ПК для мониторинга процесса. Таким образом, требования по безопасности при работе с ПК, уровню шума, освещенности и т.д. будут устанавливаться согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы".

4.3 Требования к системе в целом

Автоматизируемая УКПГ должна соответствовать требованиям ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом нижеизложенных требований.

4.4 Требования к функциональным возможностям

Измеряемые и расчетные параметры в УКПГ должны быть представлены в следующих единицах величин:

- Масса т;
- Объем м³;
- Расход т/ч и/или м³/час;
- Плотность кг/м³;
- Давление МПа;
- Температура °С;
- Объемная доля воды %;

УКПГ должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- измерение, индикацию и автоматическое обновление данных измерения и расчетов текущего значения расхода за отчетный период, а также суммарного расхода газа через УКПГ;

- измерение в автоматическом режиме, индикацию значений и сигнализацию предельных значений давления и температуры на входе и выходе УКПГ;
- измерение в автоматическом режиме, индикацию значений и сигнализацию предельных значений объемной доли воды;
- измерение в автоматическом режиме, индикацию значений и сигнализацию предельных значений перепада давления на фильтрах;
- определение значения плотности газа, приведенной к стандартным условиям (20⁰С), за установленные интервалы времени;
- вычисление объема сырого газа;
- вычисление, накопление, хранение и отображение на АРМ оператора значений количества перекаченного газа за отдельные периоды (2 часа, сутки, смену, месяц, год);
- автоматизированное регулирование расхода;
- формирование данных о качестве газа;
- автоматизированное регулирование расхода по каждой измерительной линии;
- автоматическое управление отбором объединенной пробы;
- учет и формирование журнала событий УКПГ.

Измерение в автоматическом режиме:

- расхода и объема УКПГ в целом;
- давления на входе и выходе УКПГ;
- температуры на входе и выходе УКПГ;
- перепада давления на фильтрах;

Автоматизированное управление:

- включение, выключение измерительной линии;
- поддержание заданного расхода по каждой измерительной линии;
- управление запорной арматурой с сигнализацией положения.

4.5 Требования к техническому обеспечению

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения всех функций. Построение комплекса проводится на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

- Контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.);
- Контроллеры или подсистемы управления;
- Станция оператора
- Средства архивирования данных;
- Сетевое оборудование;

СИ используемые в данном комплексе должны иметь стандартные сигналы диапазоном 4-20 мА. Для обработки поступающих с СИ сигналов и управления заданными параметрами, подсистемы управления должны быть оснащены следующими модулями:

- Ввода сигналов диапазона 4-20мА как со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке, так и без них;
- Входа милливольтовых сигналов со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке;
- Ввода дискретных сигналов;
- Ввода по протоколу RS-422/RS-485 от периферийных микропроцессорных устройств;
- Вывода аналоговых токовых сигналов (модуль управляющих воздействий);
- Вывода дискретных управляющих сигналов (модуль управляющих воздействий).

Комплекс технических средств должен удовлетворять требованиям устойчивости, а именно безотказная работа в заданном режиме в реальных условиях окружающей среды или искусственно создаваемых на местах их размещения. Применяемые технические средства должны:

- быть ремонтпригодными и заменяемыми;
- работать от питания промышленных сетей переменного тока с напряжением 220 или 380 В и при колебаниях этого напряжения в диапазоне $\pm 10\%$ (применительно к электрическим).

Необходимо учесть возможность расширения АСУ ТП путем подключения дополнительных подсистем управления (контроллеров) и модулей ввода-вывода, а также других аппаратных компонентов в объеме до 20% (30% по дискретным каналам ввода-вывода) от использованных.

4.6 Требования к метрологическому обеспечению

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений по УКПГ не должны превышать значений, указанных в ГОСТ Р 8.595-2004.

Вводимые, измеряемые и расчетные параметры представлены в следующих единицах измерения, представленных в требованиях к функциональным возможностям.

В составе УКПГ должны применяться СИ, внесенные в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и допущенные к применению в установленном порядке. Данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверки в установленном законодательством Российской Федерации порядке, органами Росстандарта или аккредитованными метрологическими службами юридических лиц при выпуске из производства или ремонта и эксплуатации.

Первичную и периодическую поверки средств измерений, входящих в состав УКПГ, проводят в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. поверка термометров – по ГОСТ 8.279;

2. поверка термопреобразователей – по рекомендации «ГСИ. Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТСПУ 902820. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ «ВНИИМ им Д.И. Менделеева» в январе 2006 г;

3. поверка ТПР, используемого для измерений объемного расхода через БИК – по МИ 2820 или МИ 2827;

4. поверка преобразователей давления – по МИ 1997;

5. поверка манометров – по МИ 2124;

4.7 Требования к программному обеспечению

Программные средства АСУ ТП УКПГ должны отвечать следующим требованиям:

- функциональная достаточность;
- восстанавливаемость;
- возможность модификации;
- построение модульным типом;
- удобство использования.

Программные средства должны быть достаточными для обеспечения заданного функционала системы при их совместной работе с техническими средствами. Построение программного обеспечения должно отвечать требованию независимости: отсутствие отдельных данных не должно оказывать влияния на выполнении функций АСУ ТП УКПГ, в работе которых эти данные не участвуют.

Программное обеспечение АС должно состоять из системного, общего прикладного и специального прикладного ПО.

4.8 Требования к математическому обеспечению

Разработка математического обеспечения должна производиться с учетом требований, которые предъявляют системам, работающим в режиме реального времени.

Разработка математического обеспечения АСУ ТП СИКН разделяется на:

- создание алгоритмов функционального назначения (задачи обработки информации контроллерами);
- создание алгоритмов специального назначения (задачи математических вычислений на уровне SCADA).

4.9 Требования к информационному обеспечению

Информационное обеспечение – набор данных, сигналов (входных и выходных), достаточный как по объему, так и по содержанию, для обеспечения стабильной работы всех автоматизированных функций АС, оперативной и достоверной оценки состояния оборудования. Одной из основных задач при разработке информационного обеспечения является организация человеко-машинного интерфейса.

Информационное обеспечение должно включать:

- систему классификации и кодирования информации;
- информационные массивы, включая входную аналоговую и дискретную информацию, результаты расчета и наиболее важные промежуточные результаты, справочную информацию;
- описание процедуры сбора и передачи информации;
- систему организации базы данных реального времени и архивных данных (протокол событий и историческая база данных);
- формы выходных документов (отчетные листы, ведомости);
- требования к организации ЧМИ, включая способы отображения информации на экране.

Заключение

В результате выполнения дипломного проекта была разработана система автоматического управления дожимной компрессорной станцией в составе УКПГ. В ходе дипломного проекта был изучен технологический процесс, который обеспечивает нагнетание давления в контуре УКПГ, а также к магистральному газопроводу. Были разработаны структурная и функциональная схемы ДКС, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Так же подобрано современное оборудование, которое имеет высокую точность измерения и способно работать с необходимыми технологическими параметрами ДКС, а именно полевые датчики и контроллер Siemens SIMATIC S7300. Для работы разработанного проекта используется современная SCADA-система TIA Portal.

В данном дипломном проекте была разработана схема внешних проводок, позволяющая понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, легко их устранить. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы пуска/остановка технологического оборудования и управления сбором данных. При разработки САУ были детально проработаны структурная и функциональная схемы, соответствующая ГОСТу схема. В заключение разработки дипломного проекта разработана мнемосхема и дерево экранных форм.

Таким образом, спроектированная САУ УКПГ ДКС не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, а также безопасность технологических процессов. Кроме того, SCADA-пакет, который используется на всех уровнях автоматизации, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

Список использованных источников

1. Громаков Е. И. Проектирование автоматизированных систем: учебно-методическое пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 173 с.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А. С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Шкляр В. Н. Надежность систем управления: учебное пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2011. – 126 с.
4. Технологический регламент ТР 09-70-2012. – Томск, 2012. – 89 с.
5. ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP). – М.: Стандартинформ, 2007.
6. ГОСТ 21.408 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014.
7. ГОСТ 8.631-2013 (OIML R 60:2000) Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики весоизмерительные. Общие технические требования. Методы испытаний (Metrological regulation for load cells). – М.: Стандартинформ, 2014.
8. РМГ 62-2003 Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешностей измерений при ограниченной исходной информации. – М.: Стандартинформ, 2008.

9. ГОСТ 19.701-90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. – М.: Стандартинформ, 2010.

10. ГОСТ Р МЭК 61508-6-2012 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 6. Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2 и ГОСТ Р МЭК 61508-3. – М.: Стандартинформ, 2014.

11. IP (степень защиты оболочки) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/IP_\(степень_защиты_оболочки\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/IP_(степень_защиты_оболочки)), свободный. (дата обращения 13.06.2018 г.)

12. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»;

13. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;

14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;

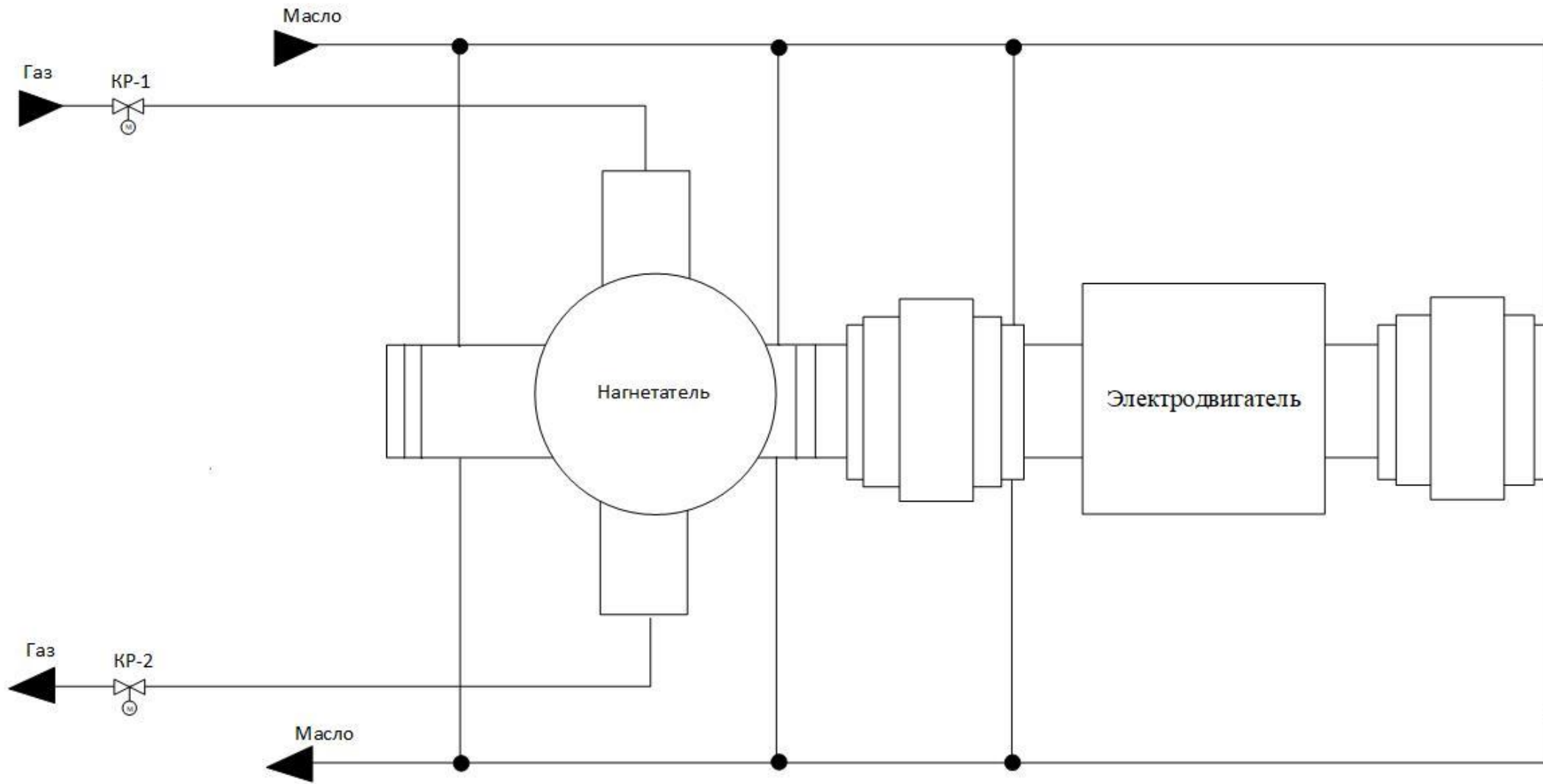
15. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

16. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

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

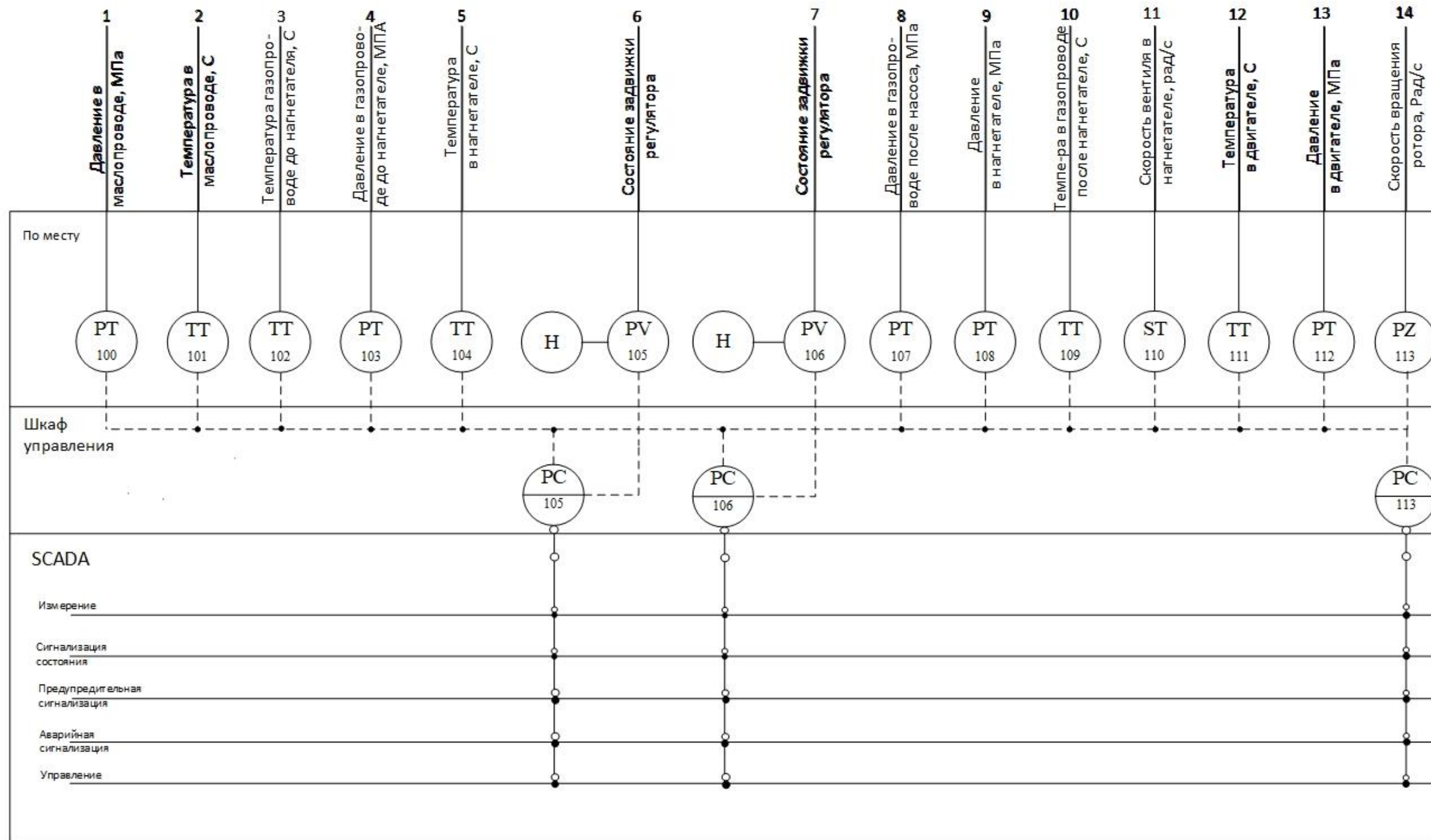
18. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

19. СНиП 2.11.03–93 “Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы”
20. ППБ 01–93 «Правила пожарной безопасности Российской Федерации».
21. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
22. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».



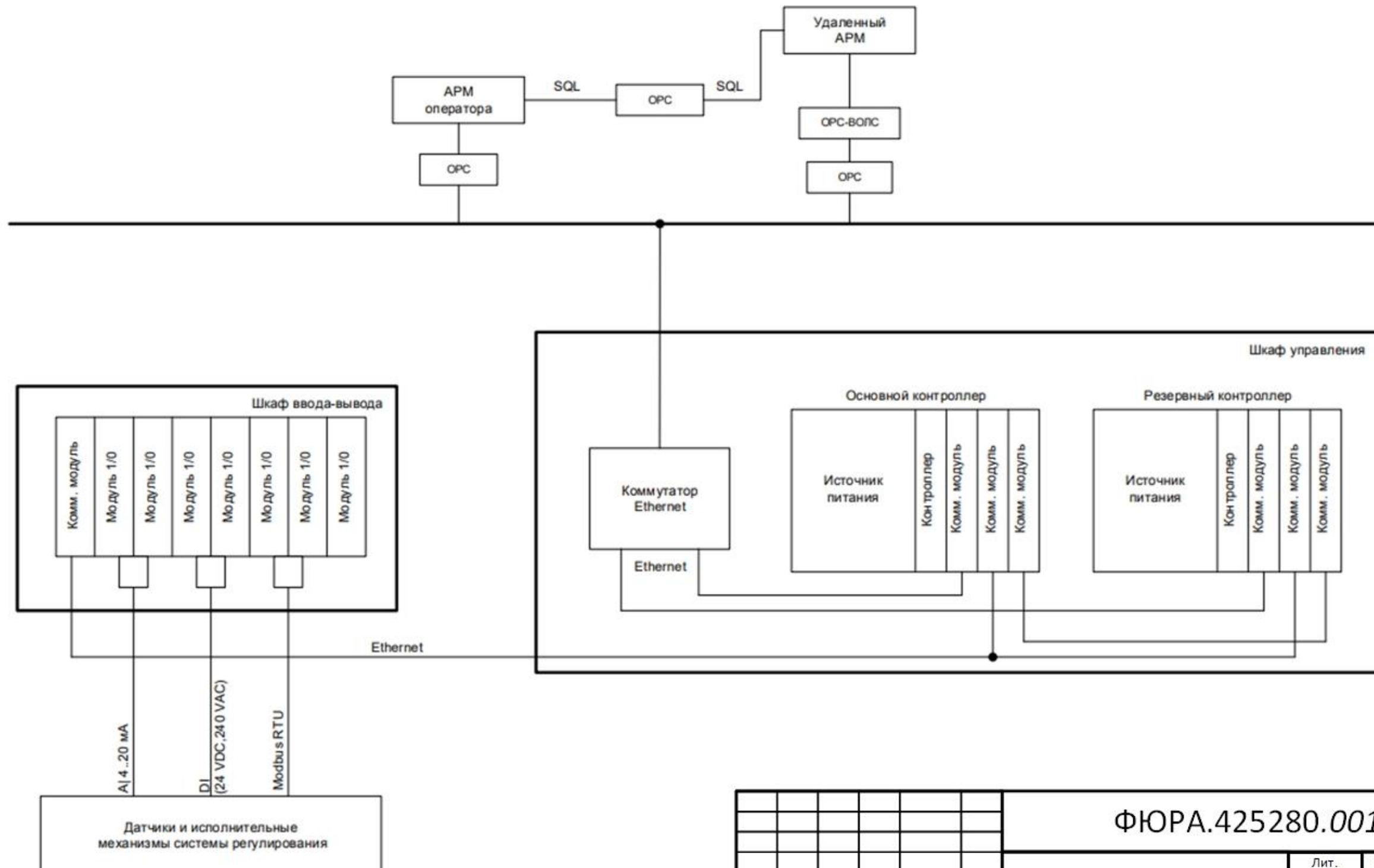
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

						ФЮРА.425280.001			
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Функциональная схема автоматизации	Лит.	Масса	Масштаб
Разработал	Бекешкин Д.В.						у		
Проверил	Семенов Н.М.						Лист 1	Листов 9	
Т. контр.							НИ ТПУ СУМ		
Нач. отд.							Группа 8Т4А		
Н. контр.									
Утв.									



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

ФЮРА.425280.001					
Функциональная схема автоматизации					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Бекешнин Д.В.				
Проверил	Семенов Н.М.				
Т. контр.					
Нач. отд.					
Н. контр.					
Утв.					
Лит. у			Масса	Масштаб	
Лист 3			Листов 9		
НИ ТПУ СУМ Группа 8Т4А					



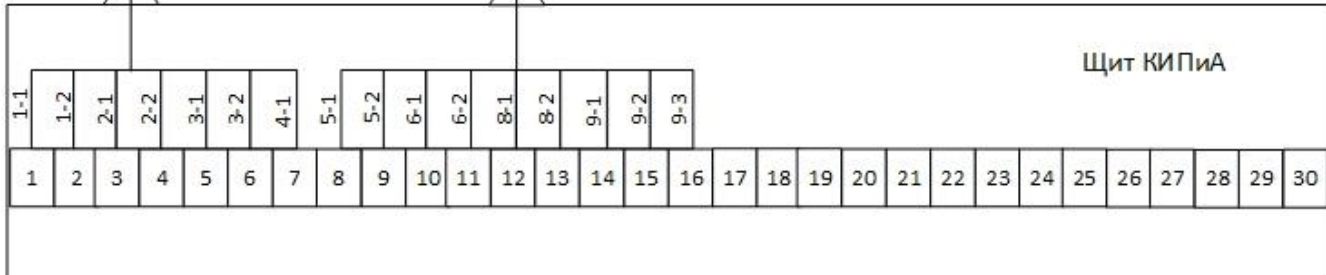
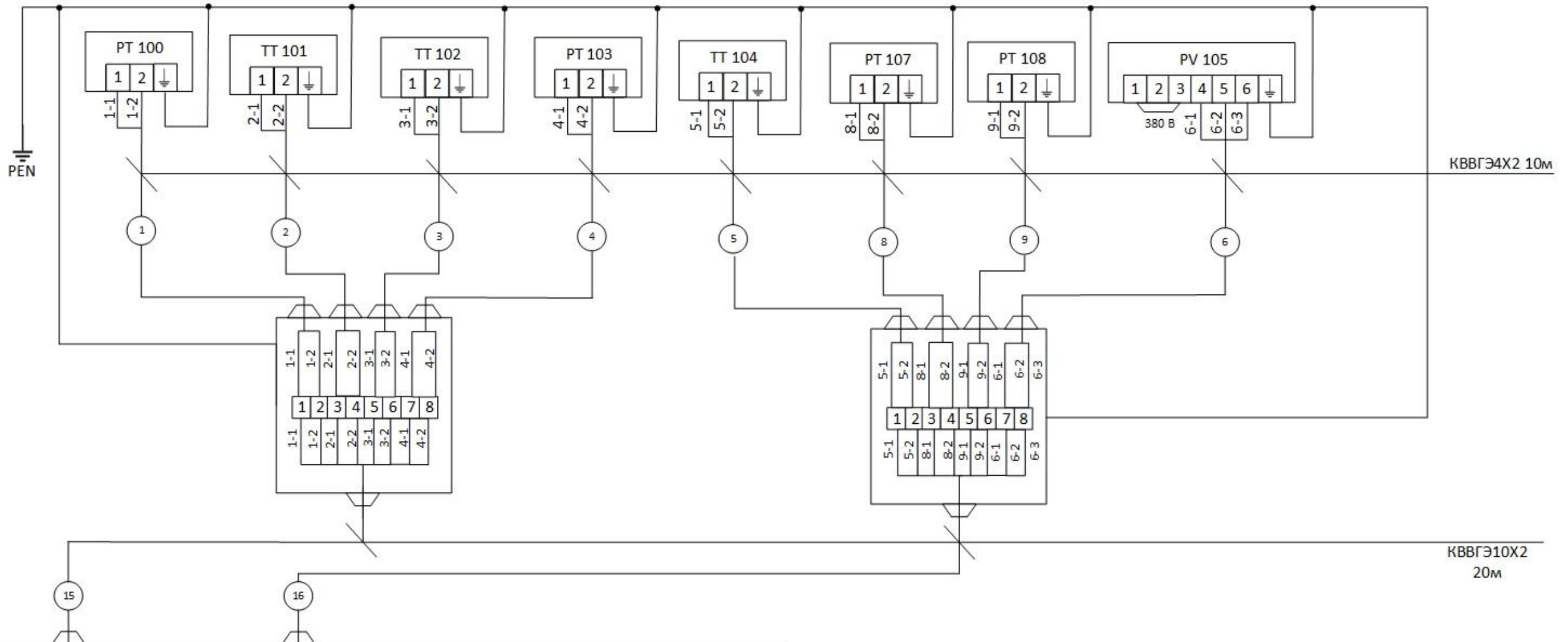
Изм. №	Подп. и Дата	Взам. инв. №

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал				Бекешкин Д.В.	
Проверил				Семенов Н.М.	
Т. контр.					
Нач. отд.					
Н. контр.					
Утв.					

ФЮРА.425280.001			
Структурная Схема автоматизации	Лит.	Масса	Масштаб
	у		
Лист 4		Листов 9	
НИ ТПУ СУМ Группа 8Т4А			

Приложение К

Наименование параметра	Дожимная компрессорная станция (УКПГ)							
	Давление в маслопроводе	Температура в маслопроводе	Температура в газопроводе до нагнетателя	Давление в газопроводе до нагнетателя	Температура нагнетателя	Давление в газопроводе после нагнетателя	Давление нагнетателя	Состояние задвижки регулятора
Наименование и место отбора импульса								
Позиция	РТ 100	ТТ 101	ТТ 102	РТ 103	ТТ 104	РТ 107	РТ 108	PV 105



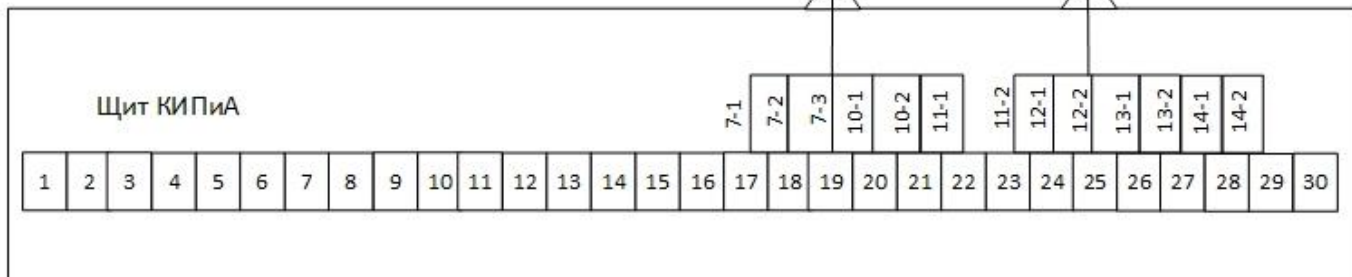
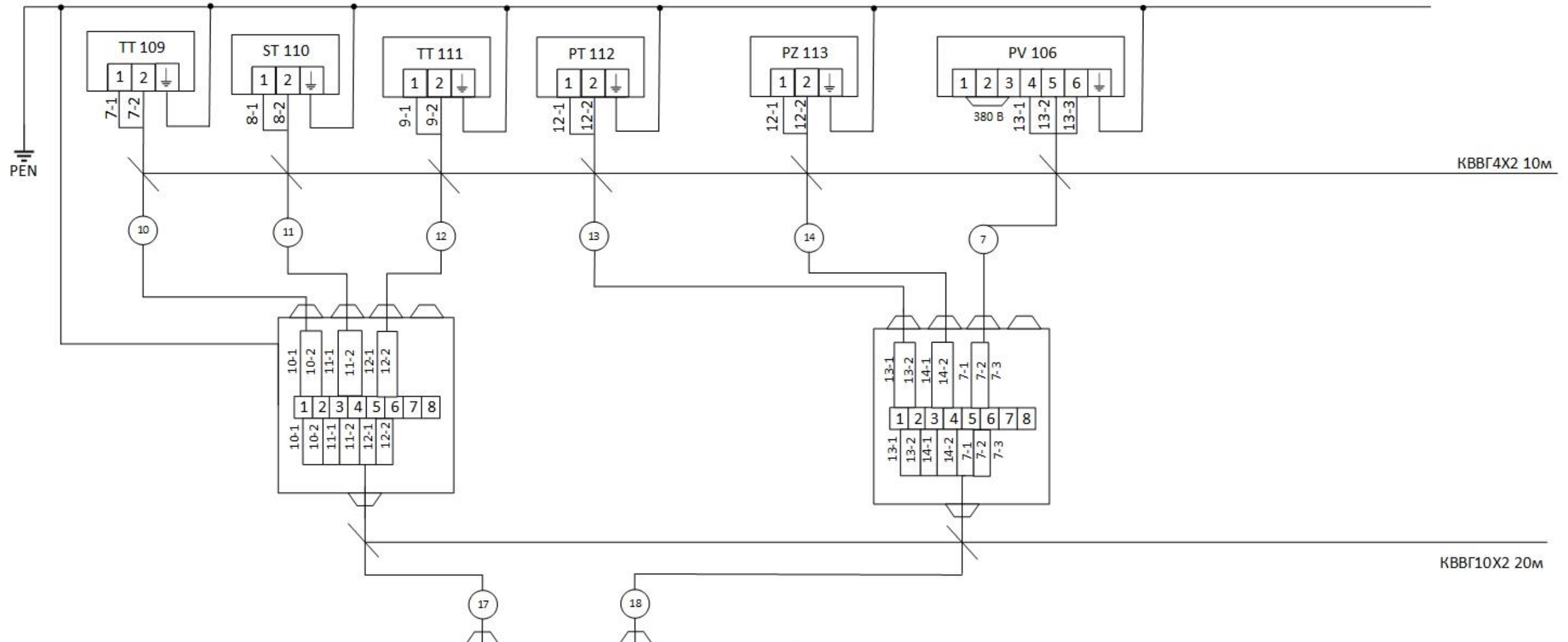
Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Бекешкин Д.В.				
Проверил	Семенов Н.М.				
Т. контр.					
Нач. отд.					
Н. контр.					
Утв.					

ФЮРА.425280.001		
Схема внешних проводок	Лит.	Масса
	у	
	Лист 8	Листов 9
НИ ТПУ СУМ Группа 8Т4А		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Приложение Л

Наименование параметра	Дожимная компрессорная станция (УКПГ)					
	Температура в газопроводе после нагнетателя	Скорость затвора в нагнетателе	Температура в двигателе	Давление в двигателе	Скорость вращения ротора	Состояние задвижки регулятора
Наименование и место отбора импульса	ТТ 109	СТ 110	ТТ 111	РТ 112	РЗ 113	РВ 106
Позиция	ТТ 109	СТ 110	ТТ 111	РТ 112	РЗ 113	РВ 106



Изм.	Колуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Бекешкин Д.В.				
Проверил	Семенов Н.М.				
Т. контр.					
Нач. отд.					
Н. контр.					
Утв.					

ФЮРА.425280.001		
Схема внешних проводок	Лит.	Масса
	у	
Лист 9		Листов 9
НИ ТПУ СУМ Группа 8Т4А		

Взам. инв. №	
Подп. и Дата	
Инв. № подл.	