

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 автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы измерения количества и качества газа УДК 681.586-043.61:622.691.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Макаров Никита Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Петров Павел Владимирович			
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доц.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Рук. отделения ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доц.		

Томск – 2018 г.

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 автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) Воронин А.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Макаров Никита Сергеевич

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы измерения количества и качества газа
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Системы измерения количества и показателей качества газа (СИКГ) –предназначенные для измерений в автоматизированном режиме расхода и параметров газа. СИКГ представляет собой совокупность средств измерительной техники и вспомогательных устройств, которая предназначена для измерений, регистрации результатов измерений и расчётов объёма газа, приведённого к стандартным условиям.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание технологического процесса 2. Выбор архитектуры АС 3. Разработка структурной схемы АС 4. Функциональная схема автоматизации 5. Разработка схемы информационных потоков АС 6. Выбор средств реализации АС 7. Разработка схемы соединения внешних проводов 8. Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 9. Разработка экранных форм АС.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Функциональная схема узла учёта газа 2. Трёхуровневая система АС 3. Функциональная схема автоматизации ANSI/ISA 4. Схема внешних проводов 5. Мнемосхема СИКГ

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шаповалова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Петров Павел Владимирович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Макаров Никита Сергеевич		

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

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования бакалавр

Отделение автоматике и робототехники

Период выполнения _____ весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2018	Основная часть	60
01.06.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
30.05.2018	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Петров Павел Владимирович			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Рук. ООП 15.03.04	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доц.		

Реферат

Пояснительная записка содержит 104 страницы машинописного текста, 18 таблиц, 25 рисунков, 1 список использованных источников из 19 наименований.

Объектом исследования является СИКГ.

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

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Siemens SIMATIC S7-300, с применением SCADA-системы WinCC.

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

Ниже представлен перечень ключевых слов.

Ключевые слова:

Система измерения количества и качества газа, автоматизированная система управления, пид-регулятор, локальный программируемый логический контроллер, коммутационный программируемый логический контроллер, протокол, SCADA-система.

Содержание

Глоссарий	8
Обозначения и сокращения	14
Введение	16
1. Техническое задание	18
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП	18
1.2 Назначение системы	18
1.3 Цели создания системы	18
1.4 Требования к техническому обеспечению	19
1.5 Требования к метрологическому обеспечению	20
1.6 Требования к программному обеспечению	21
1.7 Требования к математическому обеспечению	22
1.8 Требования к информационному обеспечению	22
2 Основная часть	23
2.1 Описание технологического процесса	24
2.1 Выбор архитектуры АС	27
2.2 Разработка структурной схемы АС	32
2.3 Функциональная схема автоматизации	34
2.3.1 Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA	35
2.4 Разработка схемы информационных потоков СИКГ	35
2.5 Выбор средств реализации СИКГ	38
2.1.1 Выбор контроллерного оборудования СИКГ	39
2.1.2 Выбор датчиков	41
2.1.3 Исполнительные механизмы	59
2.5.2 Разработка схемы внешних проводок	63
2.5.3 Выбор алгоритмов управления АС СИКГ	64
2.6.5 Экранные формы АС СИКГ	68
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	73
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	73
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	73
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	74
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	75
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	75
3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования	76
3.3 Бюджет научно-технического исследования	81
3.3.1 Расчет материальных затрат	81
3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование	81
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	82
3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	83
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	83
3.3.6 Накладные расходы	84

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	84
3.4 Определение эффективности исследования	85
4 Социальная ответственность	87
4.1 Надёжности системы	87
4.2 Требования, предъявляемые к надёжности автоматической системы в целом	88
4.2.1 Выбор ПЛК	90
4.2.2 Датчик давления	91
4.2.3 Датчика температуры	92
4.2.4 Датчик расхода	92
4.2.5 Анализатор температуры точки росы	94
4.2.6 Анализатор влажности газа	94
4.3 Методы повышения надёжности модернизированной системы	95
4.4 Анализ выбранного способа повышения надёжности разработанной системы	96
Заключение	97
Список использованных источников	98
Приложение А. Функциональная схема узла учета газа	100
Приложение Б. Трехуровневая система АС	101
Приложение В. Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA	102
Приложение Г. Схема внешних проводок	103
Приложение Д. Мнемосхема СИКГ	104

Глоссарий

Термин	Определение
АС	Автоматизированная система это - комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчёркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации
Интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)	Интерфейс – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой
Видеокадр	Видеокадр – это область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.
Мнемосхема	Мнемосхема – это представление технологической схемы в упрощённом виде на экране АРМ
Мнемознак (мнемосимвол)	Мнемознак – это представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ.
Интерфейс оператора	Интерфейс оператора – это совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой

Термин	Определение
Профиль АС	Понятие «профиль» определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС. Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО МЭК ТО 10000-3–99
Протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, CAN, DeviceNet)	Протокол – это набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами
Кавитация	Кавитация – это образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных газом, паром или их смесью.
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы
Технологический процесс (ТП)	Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

Термин	Определение
	Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов)
СУБД	Система управления базами данных это – совокупность программных и языковых средств, предназначенных для управления данными в базе данных, ведения базы данных, обеспечения многопользовательского доступа к данным
Архитектура АС	Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС
SCADA (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных)	Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных
OPC-сервер	OPC-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC

Термин	Определение
Стандарт	<p>Стандарт – образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними др. подобных объектов.</p> <p>Стандарт в Российской Федерации – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг</p>
Объект управления	<p>Объект управления – обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления</p>
Программируемый логический контроллер (ПЛК)	<p>Программируемый логический контроллер или программируемый контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в</p>

Термин	Определение
	неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.
Диспетчерский пункт (ДП)	Диспетчерский пункт – центр системы диспетчерского управления, где сосредоточивается информация о состоянии производства
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	Автоматизированное рабочее место – программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием как правило используют SCADA-системы
Распределенная система управления (РСУ)	Распределенная система управления – система управления технологическим процессом, характеризующаяся построением распределённой системы ввода вывода и децентрализацией обработки данных
ТЕГ	ТЕГ – метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры
Корпоративная информационная система (КИС)	Корпоративная информационная система – это масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления.

Термин	Определение
<p>Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП)</p>	<p>Автоматизированная система управления технологическим процессом – комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершённый продукт</p>
<p>Пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) регулятор</p>	<p>Пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор – устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.</p>
<p>Modbus</p>	<p>Modbus – это коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер»</p>

Обозначения и сокращения

ANSI/ISA (American National Standards Institute/ Instrument Society of America)	–	Американский национальный институт стандартов/Американское общество приборостроителей
API (Application Program Interface)	–	Интерфейс прикладных программ
EI (External Environment Interface)	–	Интерфейс внешнего окружения
IP (International Protection)	–	Степень защиты
HMI (Human Machine Interface)	–	Человеко-машинный интерфейс
PLC (Programmable Logic Controllers)	–	Программируемые логические контроллеры (ПЛК)
LAD (Ladder Diagram)	–	Язык релейной (лестничной) логики
ODBC (Open DataBase Connectivity)	–	Программный интерфейс доступа к базам данных (открытая связь с базами данных)
OLE (Object Linking and Embedding)	–	Протокол, определяющий взаимоотношение объектов различных прикладных программ при их компоновке в единый объект/документ
OPC (Object Protocol Control)	–	OLE для управления процессами
OSE/RM (Open System Environment Reference Model)	–	Базовая модель среды открытых систем
SNMP (Simple Network Management Protocol)	–	Протокол управления сетями связи на основе архитектуры TCP/IP
АЦП	–	Аналого-цифровой преобразователь
ИЛ	–	Измерительная линия
КИПиА	–	Контрольно-измерительные приборы и автоматика
КМР	–	Клапан малогабаритный регулирующий
МККТТ	–	Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии
ПО	–	Программное обеспечение

ППЗУ	– Программируемое постоянное запоминающее устройство
САР	– Система автоматического регулирования
СИКГ	– Система измерений количества и параметров свободного нефтяного газа
СОИ	– Система сбора и обработки информации
УСО	– Устройство сопряжения (связи) с объектом, устройство ввода/вывода
ЦАП	– Цифро-аналоговый преобразователь

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, иногда копирующие нервные и мыслительные функции человека.

Современный уровень развития газотранспортной промышленности, рост потребности в голубом топливе сопровождается развитием и усовершенствованием газораспределительных станций, обеспечивающих бесперебойную подачу газа потребителю с необходимым давлением. При этом, если эксплуатационные особенности, точность работы и надежность узлов системы, являющихся объектами контроля и управления (датчики, сигнализаторы, измерители, насосы, заслонки и т.п.), не будут соответствовать функциональным и коммутационным возможностям устройств микропроцессорной техники (контроллеры, операторские станции и т.п.), то рассчитывать на существенное улучшение свойств модернизируемой системы вряд ли стоит.

Целями данной работы является систематизация и углубление теоретических и практических знаний в области проектирования автоматизированных систем объектов нефтегазовой отрасли, развитие навыков их практического применения, теоретических знаний при решении инженерных задач автоматизированного управления технологическим процессом в нефтегазовой отрасли.

В данной работе осуществляется описание разработки автоматизированной системы измерения количества и показателей качества газа на ГРС.

Основные функции автоматизированной системы:

- измерение и отображение необходимых технологических параметров;
- измерение и отображение текущих параметров качества газа (точка росы, влажность газа).
- Возможные пути повышения эффективности производства, следующие:
 - получение достоверной информации с технологических объектов для решения задач оперативного контроля;
 - повышение уровня автоматизации, точности и оперативности измерения параметров;
 - уменьшение отрицательного влияния человеческого фактора на работу системы контроля, и как следствие, возможности возникновения аварийных ситуаций.

1. Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

Основное назначение СИКГ заключается в автоматическом измерении объемного расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям, а также определении показателей качества газа, включая компонентный состав, плотность, влажность, удельную теплоту сгорания газа и число Воббе.

1.2 Назначение системы

- Назначением системы является разработка АС СИКГ. АС должна обеспечивать:
 - повышение точности измерений количественных показателей газа за счет применения современных методов измерения и высокоточных датчиков с широким динамическим диапазоном;
 - обеспечение безопасности технологического процесса учета газа;
 - реализация дистанционного контроля всем комплексом оборудования узла учета газа из центрального диспетчерского пункта ГРС при помощи АРМ оператора;
 - контроль технологических параметров газа;
 - повышение надёжности разрабатываемой системы автоматизации за счёт организации бесперебойного электропитания технических средств автоматизации и применения резервированных средств измерений.

1.3 Цели создания системы

Целью создания системы является формирование высокого качественного уровня для решения следующих основных технологических, организационных и экономических задач:

- получение достоверной информации с технологических объектов;
- оптимизация режимов работы технологических объектов;
- повышение точности и оперативности измерения параметров технологических процессов;

- внедрение автоматизированных и математических методов контроля и управления технологическими процессами и объектами;
- повышение безопасности производства, улучшение экологической обстановки в районе производства.
- минимизация технологических издержек (экономия электроэнергии, продление ресурса электродвигателей).

1.4 Требования к техническому обеспечению

Оборудование, устанавливаемое на открытых площадках, в зависимости от зоны расположения объекта должно быть устойчивым к воздействию температур от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности не менее 80 % при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

Датчики, используемые в системе, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями.

Степень защиты технических средств от пыли и влаги должна быть не менее IP56.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

1. время наработки на отказ не менее 100 тыс. час;
2. срок службы не менее 10 лет.

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

1.5 Требования к метрологическому обеспечению

СИКГ обеспечивает автоматическое измерение и вычисление количества показателей качества в следующих единицах:

- расхода – м³/ч;
- объёма – м³;
- расхода, приведённого к стандартным условиям (при T=20° С, P=101,325 кПа абс) – м³/ч;
- объёма, приведённого к стандартным условиям (при T=20° С, P=101,325 кПа абс) – м³;
- температуры – ° С;
- давления – МПа;
- объёмной удельной теплоты сгорания (высшая, низшая) – МДж/м³;
- числа Воббе (высшее, низшее) – МДж/м³;
- плотности, приведённой к стандартным условиям (при T=20° С, P=101,325 кПа абс) – кг/м³;
- относительной плотности – (безразмерная величина);
- температуры точки росы по влаге – ° С;
- температуры точки по углеводородом – ° С;
- Пределы основной относительной погрешности измерения объёма газа, прошедшего через СИКГ, приведённого к стандартным условиям, во всём диапазоне превышают ±0,8%

Средства измерений, входящие в состав СИКГ, имеют следующие метрологические характеристики:

- пределы допускаемой относительной погрешности измерений объёмного расхода и объёма газа счётчиков газа ультразвуковых ±0,3%;
- пределы допускаемой относительной погрешности при измерении влажности газа 10%, в диапазоне 1...2500 ppm;
- пределы допускаемой относительной погрешности при измерении температуры точки росы по углеводородам ±1°С;

- пределы допускаемого отклонения сопротивления термопреобразователей от НСХ в температурном эквиваленте $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности местного термометра $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$;
- пределы допускаемой основной погрешности дистанционных преобразователей давления измерительных $\pm 0,075\%$;
- пределы допускаемой основной погрешности манометров $\pm 0,6\%$;
- пределы относительной погрешности контроллеров измерительных при вычислении расхода $\pm 0,02\%$.

1.6 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение (ПО) АС включает в себя:

- системное ПО (операционные системы);
- инструментальное ПО;
- общее (базовое) прикладное ПО;
- специальное прикладное ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации (БДК) по входным/выходным сигналам;
- конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных функциональных блоков;
- конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов).

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики). Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту ИЕС 61131–3.

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

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

1.7 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

1.8 Требования к информационному обеспечению

- По результатам проектирования должны быть представлены:
- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;
- структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.
- В состав информационного обеспечения должны входить:
- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
- средства ведения и управления базами данных.

2 Основная часть

Проектируемая автоматизированная СИКГ предназначена для учёта и измерения объёма свободного нефтяного газа, измерения параметров свободного нефтяного газа, вычисления объёма свободного нефтяного газа, приведённого к стандартным условиям, отображения и регистрации результатов измерений на ГРС Омской области в п. Береговой Омского ЛПУМГ ООО «Газпром трансгаз Томск».

В коммерческом учёте СИКГ являются инструментами в торговых операциях между покупателем и продавцом, определяющими как количество продукта, так и его качество. Имеют требования к высокой точности измерения расхода, надёжности и непрерывности процесса.

Учитывая растущие потребности заказчиков на проектирование СИКГ, а также современный уровень развития измерительного оборудования, необходимо учесть следующие требования, предъявляемые к современным СИКГ:

- расход газа от 0,5 до 1 000 000* нм³/ч;
- давление от 0 до 10* МПа;
- условный диаметр трубопровода от 12,5 до 700* мм;
- размещение технологического и электротехнического оборудования в блок-боксах, быстровозводимых зданиях на месте будущей эксплуатации или на открытой площадке;
- различный тип и состав оборудования, включая преобразователи расхода.

Основным документом, регламентирующим требования к СИКГ, является ГОСТ Р 8.733-2011 «ГСОЕИ. Системы измерений количества и параметров свободного нефтяного газа. Общие метрологические и технические требования», на его основе и проводилась разработка проектируемой автоматизированной СИКГ.

2.1 Описание технологического процесса

Система измерений количества и показателей качества газа представляет собой совокупность функционально-объединённых средств измерений, систем сбора и обработки информации и технологического оборудования, предназначенных для (рис.1):

- измерения объёма (массы), давления и температуры газа;
- измерения параметров газа;
- вычисления объёма газа, приведённого к стандартным условиям;
- отображения (индикации) и регистрации результатов измерений.

Система измерений состоит из следующих блоков (рис.1):

- комплекс технологический:
 - блок фильтров (БФ);
 - блок измерительных линий (БИЛ);
 - блок пробоотбора;
 - аналитический блок, в котором устанавливается, анализатор точки росы;
- узел регулирования давления (УРД);
- система сбора, обработки информации и управления (СОИ);
- система управления элементами жизнеобеспечения:
- система пожаротушения и пожарной сигнализации;
- система контроля загазованности;
- система отопления;
- система вентиляции;
- система электроснабжения и заземления.



Рисунок 1 – Типовая схема СИКГ

Основными функциями узла учёта газа является:

- измерение количества природного газа в рабочих условиях;
- измерение количества природного газа, приведенного к стандартным условиям, формирование отчетов;
- измерение давления газа на каждой измерительной линии (далее ИЛ); индикацию и сигнализацию предельных значений;
- измерение температуры газа на каждой ИЛ; индикацию и сигнализацию предельных значений;
- определение компонентного состава газа;
- определение плотности газа при стандартных и рабочих условиях;
- определение качественных показателей газа;
- измерение, вычисление и индикацию температуры точки росы по углеводородам;
- измерение, вычисление и индикацию температуры точки росы по влаге;
- определение в автоматическом режиме объемной доли кислорода;

- внесение данных состава и качества газа в контроллер расхода с хроматографа;
- сигнализацию состояния запорно-регулирующей арматуры;
- сбор и обработка информации о работе основного и вспомогательного оборудования;
- сбор, обработка, регистрация и хранение количественных и качественных показателей газа.

Технологическая схема узла учёта состоит из двух измерительных линий: «ИЛ №1», перекрываемая кранами К-5, К-6 и «ИЛ №2», перекрываемая кранами К-7, К-8. Функциональная схема узла учёта приведена в Приложении А.

В любой момент времени измерения расхода и показателей качества газа должны производиться по одной ИЛ (рабочей или резервной) с использованием одного комплекта (рабочего или резервного) измерительных приборов. Утечки газа по второй ИЛ, через запорную арматуру, а также в дренажных линиях рабочей ИЛ и импульсных линиях резервных измерительных устройств не допускаются.

В блоке измерительных линий (БИЛ) предусмотрены две ИЛ Ду-500 (рабочая ИЛ №1 и резервная ИЛ №2). На каждой ИЛ установлен счетчик газа с диапазоном измерений расхода газа в рабочих условиях от 2000 до 20000 м³/ч. Измерительные линии включены параллельно.

Газ поступает в рабочий или резервный ИЛ через входной коллектор БИЛ Ду-500 и далее через краны К-5 (7) направляется на преобразователь расхода.

На каждой измерительной линии установлены:

- два преобразователя абсолютного давления (рабочий и резервный);
- два датчика температуры (рабочий и резервный);
- пробоотборный узел, один предназначен для автоматического отбора проб газа для автоматического отбора проб газа для анализаторов влажности и анализатора точки росы по углеводородам.

Для визуального контроля по месту установлены манометр и термометр.

После узла учёта установлены краны К-6 (8) через которые газ направляется в выходной коллектор БИЛ Ду-500 и далее в газопровод.

Блок контроля качества газа (БКК) предназначен для автоматического измерения компонентного состава, плотности и показателей качества газа, ручного отбора проб для лабораторных испытаний.

В состав БКК входят:

- два полевых блока анализатора влажности газа (рабочий и резервный) предназначенных для определения влажности;

- два анализатора температуры точки росы газа по углеводородам (рабочий и резервный) предназначенных для автоматического определения температуры точки росы газа по углеводородам;

блок анализаторов газа, представляющий собой монтажную стойку, на которой установлены:

- блок редуцирования, предназначенный для понижения давления газа, поступающего из ИЛ, автоматического поддержания заданного рабочего давления и нагрева газа до температуры, исключающей конденсацию компонентов отбираемой пробы в процессе редуцирования. Редуктор настроен на выходное давления 0,2 МПа (2 кгс/см²).

- два блока подготовки проб, предназначенных для подготовки анализируемого газа к подаче в манометры и ротаметры блока подготовки проб выполняют функции индикаторов и периодической поверке не подлежат.

- два блока газового питания, представляющие собой стойку с закреплёнными на ней двумя баллонами (основной и резервный) с гелием марки А по ТУ 51-940-80 (газоситель) и одним общим баллоном с калибровочным газом.

2.1 Выбор архитектуры АС

В основе разработки архитектуры пользовательского интерфейса проекта АС лежит понятие её профиля. Под профилем понимается набор

стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи. Основными целями применения профилей являются:

- снижение трудоемкости проектов АС;
- повышение качества оборудования АС;
- обеспечение расширяемости (масштабируемости) АС по набору прикладных функций;
- обеспечение возможности функциональной интеграции задач информационных систем.

Профили АС включают в себя следующие группы:

- профиль прикладного программного обеспечения;
- профиль среды АС;
- профиль защиты информации АС;
- профиль инструментальных средств АС.

В качестве профиля прикладного программного обеспечения будет использоваться SCADA–система WinCC. Профиль среды АС будет базироваться на операционной системе Windows XP. Профиль защиты информации будет включать в себя стандартные средства защиты Windows. Профиль инструментальных средств будет основываться на среде OpenPCS.

Концептуальная модель архитектуры OSE/RM СИКГ представлена на рис. 2.

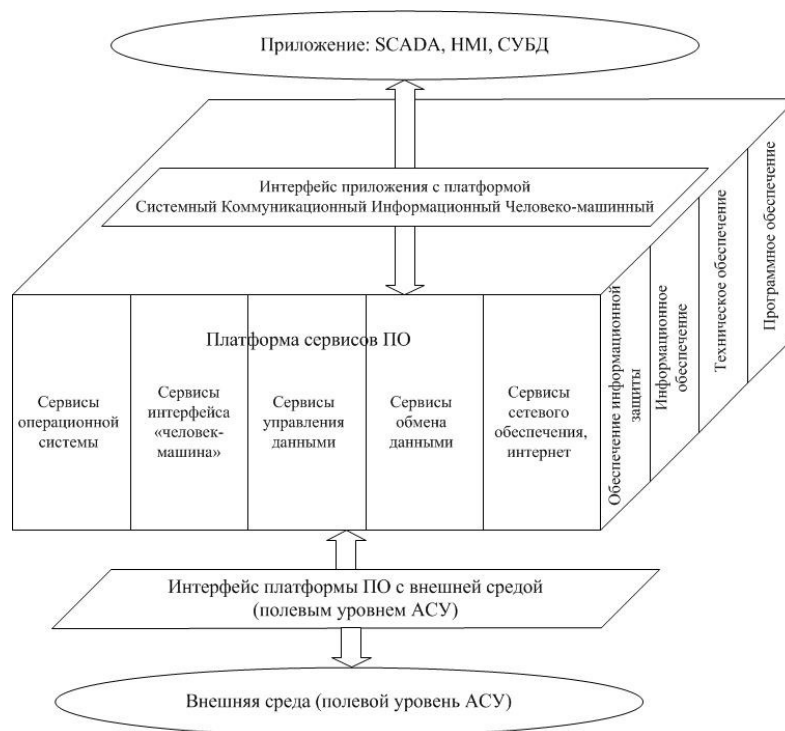


Рисунок 2 – Концептуальная модель архитектуры OSE/RM СИКТ

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

Внешней средой АС является полевой уровень АС.

Платформа сервисов предоставляет сервисы классов API и EEI через соответствующие интерфейсы.

Верхний уровень (прикладное ПО) включает в себя SCADA–системы, СУБД и HMI.

Уровни связываются (взаимодействуют) между собой через интерфейсы

Наиболее актуальными прикладными программными системами АС являются открытые распределённые АС с архитектурой клиент–сервер. Для решения задач взаимодействия клиента с сервером используются стандарты OPC. Суть OPC сводится к следующему: предоставить разработчикам промышленных программ универсальный интерфейс (набор функций обмена данными с любыми устройствами АС).

На рис. 3 приведена структура OPC–взаимодействий SCADA СИКГ.

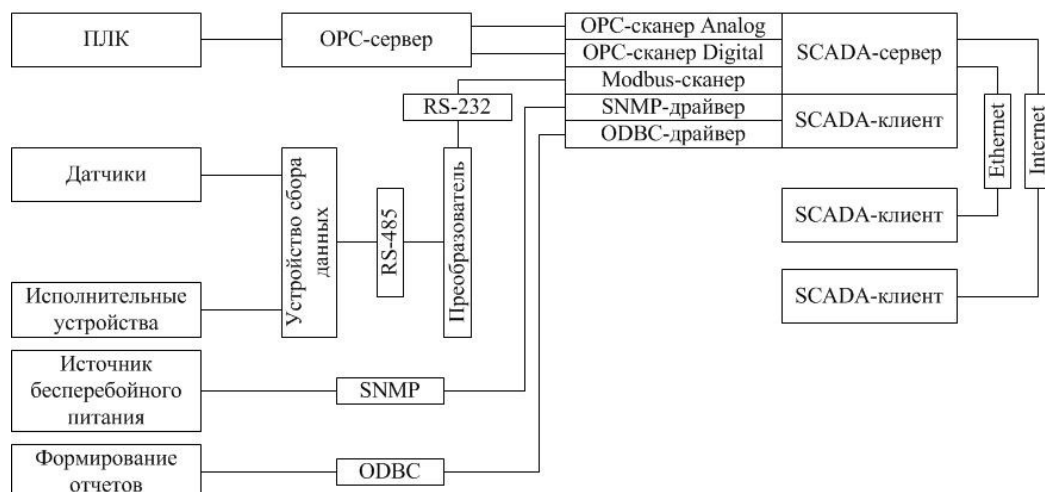


Рисунок 3 – Структура OPC–взаимодействий

Взаимодействие ПЛК со SCADA осуществляется посредством OPC–сервера.

Датчики и исполнительные устройства связаны со SCADA посредством унифицированного токового сигнала 4...20 мА. Широко применяется для организации связи промышленного электронного оборудования. Использует для передачи данных последовательные линии связи RS–485, RS–422, RS–232, а также сети TCP/IP. Доступ к устройствам полевого уровня (датчикам, исполнительным устройствам) со всех уровней управления предприятием осуществляется посредством стандарта PROFINET (IEC 61850), который поддерживает практически все существующие сети полевого уровня (PROFIBUS, Ethernet, AS–I, CAN, LonWorks и др.).

Связь источника бесперебойного питания со SCADA осуществляется посредством протокола SNMP, который позволяет контролировать всю сетевую инфраструктуру, управляя сетевым оборудованием различных типов, наблюдать за работой служб OSE/RM и анализировать отчёты по их работе за заданный период. SNMP предназначен для мониторинга состояния сети АС и управления сетевыми устройствами.

Формирование отчётов, информационный обмен данными в АС строится с использованием протокола ODBC, который позволяет единообразно оперировать с разными источниками данных.

Основными стандартами OPC являются следующие:

- OPC DA (Data Access), описывающий набор функций обмена данными в реальном времени с ПЛК и другими устройствами;
- OPC AE (Alarms & Events), предоставляющий функции уведомления по требованию о различных событиях;
- OPC DX (Data eXchange), предоставляющий функции организации обмена данными между OPC-серверами через сеть Ethernet;
- OPC XML-DA (XML-Data Access), предоставляющий гибкий, управляемый правилами формат обмена данными через Intranet-среду.

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

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

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

Основополагающим документом в области защиты информации в распределённых системах являются рекомендации X.800, принятые МККТТ (сейчас ITU-T) в 1991 г. Подмножество указанных рекомендаций составляет

профиль защиты информации в АС с учётом распределения функций защиты информации по уровням концептуальной модели АС и взаимосвязи функций и применяемых механизмов защиты информации.

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

- контролем производительности и корректности функционирования системы в целом;
- управлением конфигурацией прикладного программного обеспечения, тиражированием версий;
- управлением доступом пользователей к ресурсам системы и конфигурацией ресурсов;
- перенастройкой приложений в связи с изменениями прикладных функций АС;
- настройкой пользовательских интерфейсов (генерация экранных форм и отчётов);
- ведением баз данных системы;
- восстановлением работоспособности системы после сбоев и аварий.

2.2 Разработка структурной схемы АС

Специфика каждой конкретной системы управления определяется используемой на каждом уровне программно-аппаратной платформой. КТС СОИ организуется в виде двухуровневой функционально распределённой иерархической структуры. Трёхуровневая структура АС приведена в Приложении Б.

В структуре КТС выделены 3 уровня контроля и управления:

1. Нижний (полевой) уровень:

- автоматическое измерение, расчёт и выдача информации о расходе природного газа на базе вычислителей расхода «Аконт» (рабочий и резервный) фирмы ЗАО «НИЦ Инкомсистем»;

- автоматическое измерение, расчёт и выдача информации о параметрах природного газа на базе аналитического контроллера «Аконт» (рабочий и резервный) фирмы ЗАО «НИЦ Инкомсистем».

2. Средний (контроллерный) уровень состоит из автоматического контроля и управления технологическим оборудованием на базе контроллера «Simatic S7-300» фирмы Siemens.

3. Верхний (информационно-вычислительный) уровень состоит из компьютеров и сервера базы данных, объединённых в локальную сеть Ethernet . На компьютерах диспетчера и операторов установлены операционная система Windows XP и программное обеспечение SCADA WinCC.

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

- сбор, первичную обработку и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;

- автоматическое логическое управление и регулирование;

- исполнение команд с пункта управления;

- обмен информацией с пунктами управления.

Информация с локального контроллера направляется в сеть диспетчерского пункта, который реализует следующие функции:

- сбор данных с локальных контроллеров;

- обработка данных, включая масштабирование;

- поддержание единого времени в системе;

- синхронизация работы подсистем;

- организация архивов по выбранным параметрам;

- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем.

ДП включает несколько станций управления, представляющих собой АРМ диспетчера/оператора. Также здесь установлен сервер базы данных. Компьютерные экраны диспетчера предназначены для отображения хода технологического процесса и оперативного управления.

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

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

2.3 Функциональная схема автоматизации

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

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

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;

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

В соответствии с заданием разработаны два варианта функциональных схем автоматизации:

- по ГОСТ 21.404–13 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408–13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»;
- по Стандарту американского общества приборостроителей ANSI/ISA S5.1. «Instrumentation Symbols and Identification».

2.3.1 Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям ANSI/ ISA S5.1 и приведена в Приложении В. Согласно этой схеме осуществляются следующие операции:

- измерение давления в газопроводе, его регистрация на АРМ оператора и регулирование с помощью регулятора давления.
- измерение объёма газа, и его регистрация на АРМ.
- измерение давления, температуры, влажности, качества газа в газопроводе и регистрация на АРМ.

2.4 Разработка схемы информационных потоков СИКГ

Схема информационных потоков, включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

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

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

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

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

- объем газа, м³/ч,
- температура газа, °С,
- давление газа, МПа,
- влажность газа, МПа,

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

- AAA_BBB_CCCC_DDDDD,

где AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- DAV – давление;
- TEM – температура;
- VLJ – влажность;
- RAS – расход;
- UPR – управляющий сигнал;
- TTR – температура точки росы;

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

- IL1 – измерительная линия 1;

- IL2 – измерительная линия 2;
- K2 – регулятор давления К-2;

где CCCC – уточнение, не более 4 символов:

- VHOD – входной трубопровод;
- VYHD – выходной трубопровод;
- GAZ – газ;

где DDDDD – примечание, не более 5 символов:

- REG – регулирование;
- IZM – измерение;

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

В таблице 1 приведены примеры кодировок сигналов для СИКГ.

Таблица 1– Кодировка сигналов SCADA

Кодировка	Расшифровка кодировки
Температура газа в узле учёта на ИЛ1	TEM_IL1_GAZ_IZM
Давление газа в узле учёта на ИЛ1	DAV_IL1_GAZ_IZM
Расход газа на ИЛ1	RAS_IL1_GAZ_IZM
Температура газа в узле учёта на ИЛ2	TEM_IL2_GAZ_IZM
Давление газа в узле учёта на ИЛ2	DAV_IL2_GAZ_IZM
Расход газа на ИЛ1	RAS_IL1_GAZ_IZM
Расход газа на ИЛ2	RAS_IL2_GAZ_IZM
Точка росы на ИЛ1	TTR_IL1_GAZ_IZM
Точка росы на ИЛ2	TTR_IL2_GAZ_IZM
Влажность газа на ИЛ1	VLJ_IL1_GAZ_IZM
Влажность газа на ИЛ2	VLJ_IL2_GAZ_IZM
Давление газа после регулятора	DAV_K2_GAZ_IZM
Управление регулятором давления	UPR_K2_GAZ_REG

Верхний уровень представлен базой данных КИС и базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм

АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчётов, все отчёты формируются в формате XML. Генерация отчётов выполняется по следующим расписаниям:

- каждый чётный час (двухчасовой отчёт);
- каждые сутки (суточный отчёт в 24:00 каждых суток);
- каждый месяц;
- по требованию оператора (оперативный отчёт).

Отчёты формируются по заданным шаблонам:

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

Историческая подсистема АС сохраняет информацию изменений технологических параметров для сигналов с заранее определённой детальностью. Сохранение данных в базе данных происходит при помощи модуля истории INFINITY HISTORY. Данные, хранящиеся более трёх месяцев, прореживаются для обеспечения необходимой дискретности.

2.5 Выбор средств реализации СИКГ

Задачей выбора программно–технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

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

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

с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

2.1.1 Выбор контроллерного оборудования СИКГ

Выбор контроллеров осуществлялся из линейки ПЛК представленных контроллерами SIEMENS S7. В состав системы S7-1200 входят центральные процессоры трех типов (каждый тип имеет три модификации для различных вариантов питания), тринадцать вариантов сигнальных модулей ввода-вывода и два типа сигнальных плат (для дискретных и аналоговых сигналов). Обмен данными может осуществляться как через два коммуникационных модуля, реализующих последовательные интерфейсы RS232 или RS485, так и через четырёхпортовый Ethernet-коммутатор CSM 1277, позволяющий реализовать достаточно сложные сетевые структуры. Также возможна поддержка Profibus (ведущий и ведомый варианты), As-i, GSM/GPRS [9].

Siemens S7-300 - модульные программируемые контроллеры для решения задач автоматизации среднего уровня сложности. Являются наиболее яркими и, наверное, самыми востребованными представителями ПЛК фирмы SIEMENS. Существенные возможности для расширения до 32 модулей (4 ряда по 8 модулей в каждом) позволяют обслуживать огромное количество сигналов (до 8200 дискретных и 512 аналоговых). Набор встроенных технологических функций позволяет решать задачи скоростного счета, измерения частоты или длительности периода, ПИД-регулирования, позиционирования, перевода части дискретных выходов в импульсный режим [10].

Ну и наконец SIMATIC S7-1500. Программируемые логические контроллеры Simatic S7-1500 - это новейшее семейство контроллеров Сименс обладающих великолепными характеристиками, отличным набором функций и впечатляющим быстродействием. В новых контроллерах S7-1500 значительно снижено время реакции на внешние события. Благодаря такому

высокому уровню производительности контроллеры S7-1500 могут быть использованы для решения задач среднего и высокого уровня сложности[11].

В данной работе свой выбор остановим на ПЛК Siemens SIMATIC S7–300, так как SIMATIC S7-1200 не достаточно удовлетворяет потребности автоматизации своими техническими характеристиками, а SIMATIC S7-1500 более чем достаточно, для управления процессом, однако сравнивая его с S7-300, его ценовые характеристики превосходят последний.

Для реализации автоматизированного управления СИКГ возьмём за основу два ПЛК Siemens SIMATIC S7–300 (рис. 4).



Рисунок 4 – ПЛК Siemens SIMATIC S7–300

Контроллер управления Simatic S7-300 предназначен для сбора информации состояния и управления электропроводной арматуры, системной сигнализации загазованности и силовым оборудованием.

Программируемые контроллеры Siemens SIMATIC S7-300 имеют модульную конструкцию и состоят из таких элементов:

- Центральные процессоры - В зависимости от сложности задачи в контроллерах могут быть использованы различные типы центральных процессоров,
- Блоки питания - Обеспечивают питание контроллера от сети.
- Сигнальные модули SM – Предназначены для ввода и вывода дискретных или аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами.

- Коммуникационные модули - Обеспечивают возможность подключения к сетям PROFIBUS, Industrial Ethernet,
- Функциональные модули - Могут самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, позиционирования, обработки сигналов.
- Интерфейсные модули - Обеспечивают возможность подключения к базовому блоку (стойка с CPU) стоек расширения ввода-вывода. Программируемые контроллеры Siemens SIMATIC S7-300 позволяют использовать в своём составе до 32 сигнальных и функциональных модулей, а также коммуникационных процессоров, распределённых по 4 монтажным стойкам. Все модули работают с естественным охлаждением.

2.1.2 Выбор датчиков

2.1.2.1 Выбор датчиков давления

Преобразователи давления измерительные предназначены для непрерывного, пропорционального преобразования измеряемого избыточного давления в унифицированный выходной токовый сигнал в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Современный рынок и производители предлагают широкий спектр выбора преобразователей давления, чтобы определиться с конкретным продуктом необходимо заполнить опросный лист для оптимального подбора измерительных средств.

Выбор датчиков давления происходил из следующих вариантов: Метран 150, Rosemount 3051, Yokogawa EJA530E.

Основные технические характеристики датчиков давления приведены в таблице 2

Таблица 2 – Технические характеристики датчиков

Технические характеристики	Rosemount 3051S	Метран – 150	Yokogawa EJA530E
Диапазоны измеряемых давлений:	мин. 0-0,025 кПа; макс. 0-68,9 МПа	мин. 0-0,025 кПа; макс. 0-68,9 МПа	

Технические характеристики	Rosemount 3051S	Метран – 150	Yokogawa EJA530E
Выходные сигналы	4-20/HART; Fieldbus; беспроводной WirelessHART	4-20/HART;	4-20/HART
Основная приведённая погрешность	от $\pm 0,025\%$ от $\pm 0,055\%$	до $\pm 0,075\%$	до $\pm 0,075\%$
Диапазон перенастройки пределов измерений	200:1	100:1	50:1
Интервал между поверками	5 лет	5 лет	3
Гарантия	Ограниченная гарантия сроком до 15 лет	Дополнительная гарантия до 5 лет	3

Исходя из сформированных требований, можно сделать оптимальный выбор устройства для измерения давления газа. Для этих целей выбираем датчик Rosemount 3051S, производства компании «Emerson» (рис. 5).



Рисунок 5 – Датчик давления Rosemount 3051S

Преобразователи давления Rosemount 3051S на основе масштабируемой платформы Super Module TM позволяют не только качественно измерять давление, уровень и расход, но и проводить модернизацию системы автоматизации без замены датчика посредством его простого обновления, добавляя или меняя электронные платы.[12]

Данный преобразователь давления Rosemount 3051S штуцерной модели являются наиболее предпочтительным выбором среди всех аналогов в данной отрасли для измерения избыточного давления. Компактная конструкция, предназначенная для монтажа на трубопроводе, позволяет устанавливать преобразователь непосредственно на технологической линии.

Соединение преобразователя давления с основным трубопроводом осуществляется с помощью закладной конструкции ЗК14-2-1-02 (рис. 6).

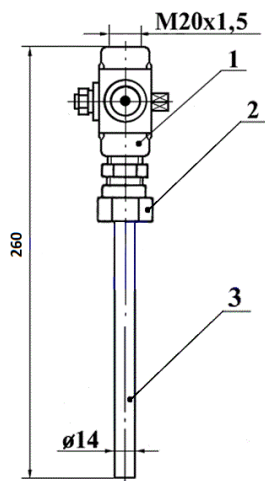


Рисунок 6 - Закладная конструкция ЗК14-2-1-02

Помимо датчиков, выдающих аналоговый сигнал, так же требуются манометры.

Манометр, для точных измерений МПТИ – У2, предназначен для измерения избыточного давления. В данной СИКГ будем использовать манометр МПТИ – У2 кл.т.0.6, производства компании «Манотомь» (рис. 7).



Рисунок 7 – Манометр показывающий МПТИ – У2

Манометр МПТИ – У2 подключается через узел отбора давления, представленном на рис. 8.

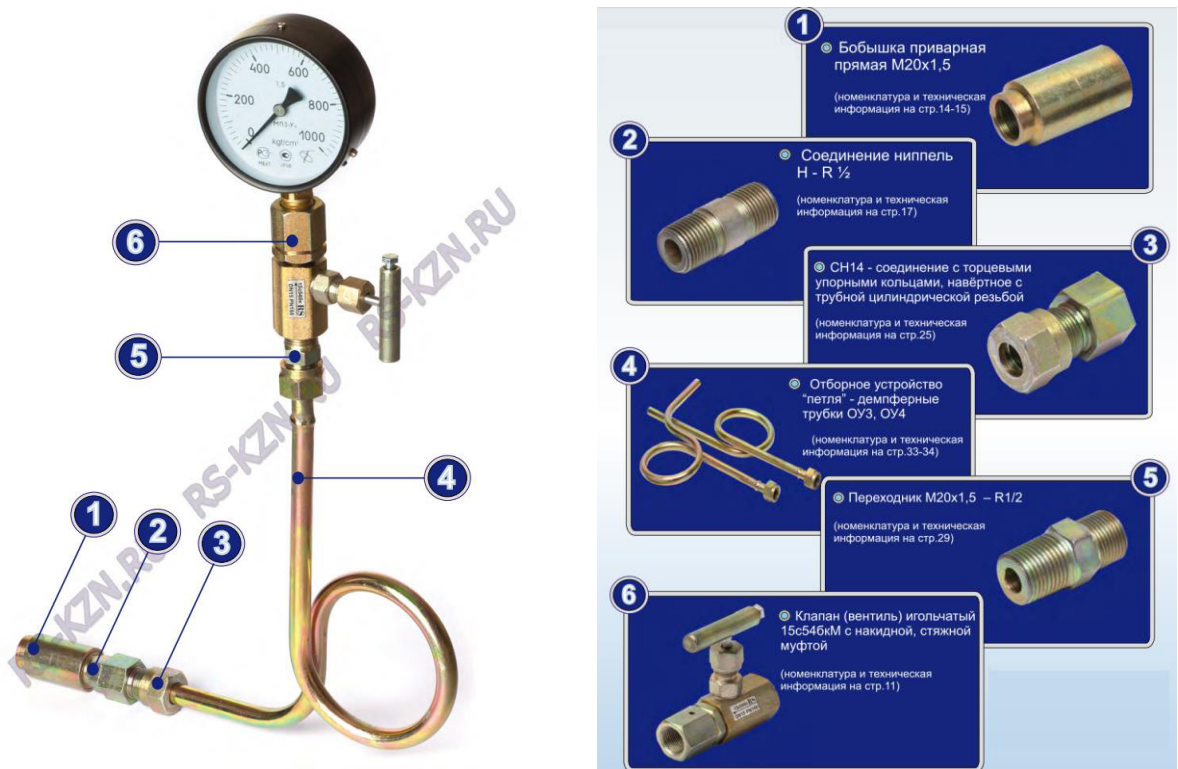


Рисунок 8 – Узел отбора давления

2.1.2.2 Выбор датчиков температуры

Основная задача преобразователей температуры — преобразование аналогового сигнала первичного чувствительного элемента в унифицированный выходной сигнал. В прошлом преобразователи разрабатывались на основе аналоговых технологий. В настоящий момент становится популярной цифровая технология передачи данных, так как она обеспечивает существенное повышение точности измерения, универсальности, безопасности и снижение затрат. Кроме того, точность измерения температуры в современных преобразователях можно повысить при помощи специального ПО для индивидуального согласования сенсора и преобразователя.

Выбор преобразователей температуры производился из следующих моделей: Rosemount 644S, Метран –286 Yokogawa YTA70

Основные технические характеристики преобразователей температуры приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики преобразователей температуры

Технические характеристики	Rosemount 644S	Метран –286	Yokogawa YTA70
Диапазоны измеряемых	от -200 до 850 °С	от -50 до 500 °С	от -200 до 850 °С
Дисплей / интерфейс	Цифровой индикатор с интерфейсом оператора	-	-
Выходные сигналы	4-20/HART; Fieldbus; Profibus	4-20/HART;	4-20/HART
Основная приведённая погрешность	от ±0,15%	до ±0,2%	до ±0,1%
Интервал между поверками	5 лет	5 лет	-
Гарантия	1,5-5 лет	1,5 лет	-

Для измерения температуры предлагается использование преобразователя температуры Rosemount 644, производства компании «Emerson», изображенного на рис. 9.



Рисунок 9 – Датчик температуры Rosemount 644

Преобразователь измерительный температуры Rosemount 644 является универсальным измерительным преобразователем, который обеспечивает надёжность измерений на объекте, а также повышенную точность и стабильность измерений в соответствии с критическими условиями технологического процесса.

Простая в использовании, ориентированная на пользователя конструкция преобразователя упрощает работу. Простой электромонтаж с помощью клемм первичного преобразователя с невыпадающим винтом и оптимизированная схема соединений. Реализована функция горячей замены Hot Backup, которая гарантирует непрерывность технологического процесса - в случае неисправности основного первичного преобразователя происходит переключение на резервный первичный преобразователь, тем самым исключается потеря данных. Усиленный контроль с помощью функции «Сигнализации дрейфа» показаний первичного преобразователя, которая дает информацию о смещении показаний первичного преобразователя относительно уровня, установленного пользователем. Функция диагностики ухудшения состояния термопары контролирует работоспособность контура

термопары, позволяя осуществлять профилактическое техобслуживание. Отслеживание температурных максимумов и минимумов обеспечивает регистрацию температурных экстремумов для первичного преобразователя и параметров технологического процесса и окружающей среды.

Особенности измерительного преобразователя:

- Различные монтажные конфигурации, включая монтаж в головке датчика, полевой монтаж или монтаж на DIN-рейке
- Согласование измерительного преобразователя и первичного преобразователя с помощью констант Каллендара–Ван Дюзена снижает общую погрешность измерения
- Отслеживание температурных максимумов и минимумов обеспечивает регистрацию температурных экстремумов для облегчения поиска неисправностей
- Панели управления предлагают удобный интерфейс, упрощающий настройку и диагностику неполадок[13].

Монтаж датчика преобразования температуры осуществляется с помощью закладной конструкции ЗК4-1-1-95 (рис.10).

ЗК4 отборное устройство – закладная конструкция для отбора среды для измерения температур и установки термопреобразователей, устанавливается на трубопроводы, газоходы, воздухопроводы в качестве специальной конструкции для мониторинга температуры рабочих сред на технологических линиях.

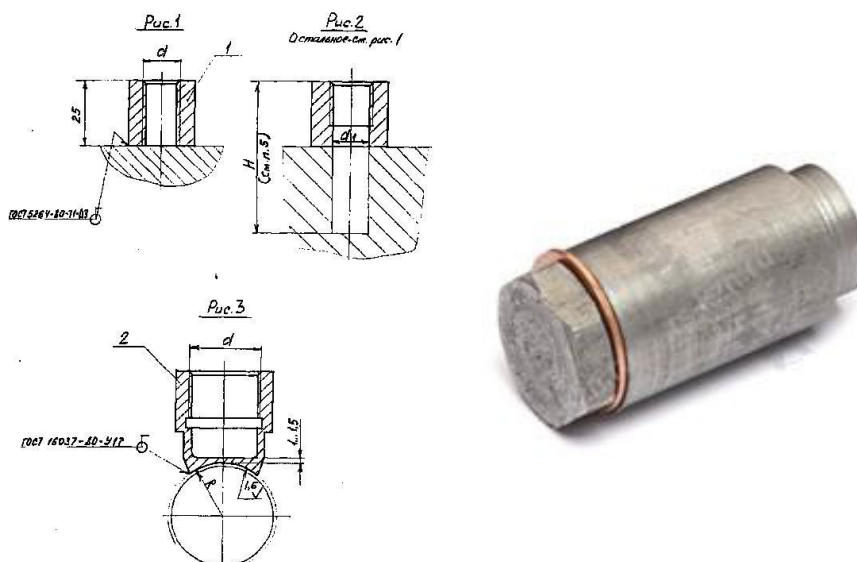


Рисунок 10 – ЗК4-1-1-95 закладная конструкция бобышка

2.1.2.3 Выбор датчика расхода

Выбор преобразователя расхода осуществлялся между ультразвуковым врезным (лубрикаторного типа) FGM-160, вихревым многопараметрическим корпусным Pro-V M22 и ультразвуковым газовым счётчиком FLOWSIC600.

В связи с тем, что коммерческий учёт расхода газа является одной из самых главных задач ГРС, то и расходомер необходимо выбирать с достаточно высокой точностью и надёжностью. Поэтому использование измерительной системы FLOWSIC600 Quatro (рис.11) будет отличным решением для реализации данной задачи.



Рисунок 11 – Измерительная система FLOWSIC600 Quatro

Измерительная система FLOWSIC600 предназначена для измерения объёмного расхода газа в трубопроводах. Она может быть использована для измерения объёмного расхода при стандартных условиях и скорости звука в газах. Данная система является первым компактным газовым счётчиком в области ультразвукового измерения объёмного расхода газов. В нашем случае предлагается использовать конфигурацию, состоящую из двух 4-лучевых коммерческих счётчиков, расположенных в одном измерительном корпусе. Оба счётчика обладают равной точностью и тем самым обеспечивают полное дублирование измерений. Каждый электронный блок управляет 4 парами датчиков (расположенными в одной плоскости), причём каждый измеряет расход независимо от другого. Такая конструкция позволяет значительно снизить затраты на установку по сравнению с традиционным использованием двух отдельных счётчиков вместе с присоединяемыми трубопроводами. Одним из преимуществ такой конструкции является тот факт, что две различные фирмы или организации могут использовать один и тот же измерительный корпус, но при этом иметь абсолютно электрически изолированные друг от друга измерительные системы. Кроме того, в случае, если на одном из электронных блоков возникают проблемы или происходит отказ, второй будет продолжать поставлять точные измерительные данные [14].

Основными особенностями FLOWSIC600 являются:

- Встроенный контроль рабочих характеристик в реальном времени
- Программное обеспечение MEPAFLOW600 CBM на русском языке
- три встроенных архива данных (часовой, суточный и архив диагностики)
- три встроенных журнала событий (коммерческого учёта, предупреждений, параметров)
- Работа даже при атмосферном давлении газа
- Широкий динамический диапазон 1 : 100
- Возможны модификации со встроенным корректором расхода

- Возможность поверки без демонтажа счётчика с измерительной линии

Принцип работы счётчика газа основан на сравнении времени прохождения ультразвукового импульса через среду в направлении, совпадающем с направлением движения среды, и в обратном. Два ультразвуковых преобразователя, которые установлены под углами к потоку газа, работают попеременно как передатчик и приёмник. Сигналы, переданные в направлении движения среды ускоряются, а против движения потока – замедляются. Результирующая разница времени передачи сигналов используется чтобы определить значение скорости потока газа. Используя расстояние между преобразователями, вычисляется значение объёмного расхода газа. На корректность измерений не влияет давление, температура или состав газа. Основные технические характеристики датчика расхода FLOWSIC600 Quatro приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики датчика расхода FLOWSIC600 Quatro

Техническая характеристика	Значение
Измеряемый газ	Природный газ, технологические газы, попутный нефтяной газ, воздух
Диапазон измерения температуры	-40 ... +180 °С; -194 ... +280 °С
Диапазон давлений	0 бар ... 250 бар (изб.)
Рабочий расход для DN 500	200...20000 м3/ч
Типичная погрешность	1-о лучевой: ±2,0 % 2-х лучевой: ±1,0 % 4-х лучевой: ±0,5 % (сухая калибровка), ±0,3 % (после калибровки – Россия ГОСТ)
Аналоговый выход	Активный/Пассивный; оптически изолированный; 4 ... 20 мА; макс. нагрузка = 250 Ω

Техническая характеристика	Значение
Цифровые выходы	Пассивные, оптически изолированные, открытый коллектор или NAMUR, $f_{\text{макс}} = 6 \text{ кГц}$
Наличие взрывозащищённого (Ex, Вн) исполнения	есть
Степень защиты от воздействия пыли и воды	IP 65/IP 67
Интерфейсы	2xRS485
Протокол шины	HART, Modbus ASCII/Modbus RTU
Средний срок службы	Не менее 5 лет

2.1.2.4 Выбор анализатора температура точки росы

Выбор датчиков анализаторов температуры росы происходил из следующих вариантов: анализатор точки росы углеводородов Condumax II, анализатор точки росы HYGROVISION BL, анализатор температуры точки росы по углеводородам АМЕТЕК модель 241СЕ II, представлен на рис. 12



Рисунок 12 – Анализатор АМЕТЕК 241СЕ II

Выбранный анализатор АМЕТЕК 241СЕ II полностью соответствует техническим требованиям и предназначен для определения точки росы по углеводородам в природном газе в процессе его добычи, переработки, транспортировки и потребления. Анализатор 241СЕ II допущен для

автономной работы во взрывоопасных зонах в соответствии с маркировкой 1ExdIIВТ4 X. [15]

Особенности:

- Высокая чувствительность и точность
- Нечувствительность к помехам
- Большой ресурс измерительной ячейки
- Простая проверка с использованием чистого пропана
- Постоянная диагностика

Работа анализатора основана на первичном принципе – конденсации углеводородов на охлаждаемом зеркале. Для циклического охлаждения и нагрева зеркала применяется трёхступенчатый термоэлектрический охладитель/нагреватель (элемент Пельтье). Поверхность зеркала освещается источником постоянной интенсивности. Детектирование момента конденсации осуществляется оптической системой, которая регистрирует изменение интенсивности отражённого света от поверхности охлаждаемого зеркала. Температура зеркала определяется с помощью платинового термометра сопротивления. [16]



Рисунок 13 - Оптическая схема регистрации слоя углеводородного конденсата на охлаждаемом зеркале в гигрометре Ametek model 241CE II

Процессом измерения и обработкой результатов управляет встроенный микропроцессор, который также выполняет повторяющиеся измерительные циклы, состоящие из трёх этапов: продувки, охлаждения и нагрева. При охлаждении и нагреве ячейки выход пробы запирается соленоидным клапаном. Диагностическая программа непрерывно контролирует ключевые

рабочие параметры и ход каждого этапа измерительного цикла. На встроенный дисплей кроме значения точки росы по углеводородам выводится информация о последнем значении измеренной температуры точки росы, рабочем давлении внутри измерительной ячейки (при наличии датчика), продолжительности работы монитора, диагностика состояния работы монитора и другая служебная информация. Имеются токовые выходы 4-20 мА для непрерывной регистрации измеренной точки росы и условного кода состояния.

Высокая точность при измерении температуры точки росы сочетается с высокой надёжностью при флуктуационных изменениях рабочего давления, температуры, расхода газа. Специальный фильтр на входе предохраняет анализатор от возможного загрязнения такими типовыми продуктами, как аэрозоли, механические частицы, жидкости.

Таблица 5 - Технические характеристики Ametek model 241CE II

Диапазон	от Токр-60°С до Токр-5°С, но не ниже -40°С
Единицы измерения	°С точки росы
Погрешность	±1°С
Продолжительность измерительного цикла	15...45 мин (устанавливается пользователем)
Сигнализация	6 реле (=24 В, 0,5 А), 7 светодиодов на дисплее
Аналоговые выходы (2 канала)	4...20 мА: температура точки росы (-40...+40°С), код состояния (питание =15...30 В обеспечивается пользователем)
Интерфейс	RS232, RS485/Modbus
Дисплей	12-разрядный алфавитно-цифровой, 1 строка, прокрутка автоматическая
Клавиатура	Мембранная, 4 клавиши
Параметры пробы на входе	Давление: 13,79 МПа (макс.) Температура: 0...40°С Расход: 1...5 нл/мин в режиме продувки, 0,3...3,3 нл/мин в режиме измерения
Питание	220/240 В, 50 Гц или 120 В, 60 Гц, не более 275 Вт
Взрывозащита	1ExdIIВТ4 X
Окружающая среда	10...40°С, 0...90% относит. влажности без конденсации

2.1.2.5 Выбор анализатора влажности газа

Выбор анализаторов влажности происходил между лазерным анализатором анализатор влажности АМЕТЕК модели 5100 и пьезокристаллическим анализатором влажности АМЕТЕК, модель 5000 (рис. 14)



Рисунок 14 – Анализатор влажности АМЕТЕК модель 5000

Уникальные свойства анализаторов АМЕТЕК обеспечили их широкое распространение в мире, в том числе и на территории стран СНГ. Многие годы эти надёжные приборы успешно работают на нефте- и газоперерабатывающих производствах.

Пьезокристаллические анализаторы влажности – кварцевые микровесы - отличает рекордная чувствительность, в том числе в диапазонах ppm, ppb и даже ppt. Такие анализаторы широко используются в процессах риформинга и производства олефинов, а также при транспортировке природного и попутного газа. Поэтому свой выбор сделаем на поточном анализатор влажности АМЕТЕК модель 5000.

Исключительные характеристики:

- Быстрый отклик
- Высокая чувствительность и точность
- Нечувствительность к помехам

- **Большой ресурс измерительной ячейки**

Анализатор 5000 определяет влажность в потоке газа, измеряя частоту колебаний кварцевого кристалла. Когда кристалл обдувается анализируемым влажным газом, вода адсорбируется специальным покрытием кристалла, вызывая уменьшение частоты его колебаний. Затем кристалл продувается сравнительным газом, в качестве которого используется осушённый анализируемый газ. При этом адсорбированная вода удаляется с кристалла, и его частота колебаний вновь восстанавливается. Разность между этими двумя частотами - "влажной" и "сухой" – пропорциональна содержанию воды в газе. Периодичность переключения потоков влажного и сухого газов - 30 с. [17]

Анализатор АМТЕК 5000 практически не имеет конкурентов, когда речь идёт о высокой точности при сложных измерениях на потоке. Однако, учитывая стоимостные характеристики данной модели, разумно использовать эти анализаторы, в основном, в самых ответственных местах – на выходе из больших подземных хранилищ, на узлах учёта границ государств, когда неточное или неправильное измерение влажности газа ведёт к ощутимым финансовым потерям.

2.1.2.6 Контроллер для измерения расхода

FloBoss 107 Flow Manager является новейшим многофункциональным компьютером расхода семейства FloBoss и сочетает в себе такие свойства как: модульность, универсальность, производительность и простота в эксплуатации. Прибор одинаково хорош как для однопоточных узлов учёта, так и для узлов учёта с несколькими измерительными трубопроводами. Благодаря его модульной конструкции, можно легко расширить его систему ввода/вывода от нескольких единиц сигналов, до нескольких десятков сигналов ввода/вывода. Подобным образом можно поступить и с его коммуникационными портами. Такая гибкость предоставляет практически неограниченные возможности при построении и компоновке именно той системы учёта, которая идеальным образом отвечает конкретным требованиям

объекта. Поэтому вычислитель расхода FloBoss 107 является идеальным вариантом для проектируемой СИКГ (рис.15).



Рисунок 15 – Вычислитель расхода FloBoss 107

Контроллер FB107 можно использовать для измерений не более чем в четырёх участках трубопровода. Измерения выполняются с помощью ультразвукового расходомера (для нашего случая проектируемой СИКГ). К контроллеру также можно подключать аналоговые датчики. В случае если в приложении требуется вычислять расход на нескольких сужающих устройствах, можно использовать дополнительный коммуникационный модуль MVS. Данный модуль позволяет подключить к контроллеру FloBoss 107 несколько многопараметрических сенсоров удалённого монтажа, используя последовательный интерфейс. Контроллер расхода FB107 архивирует данные в стандартный архив один раз в минуту, в час, в сутки и фиксирует минимальное и максимальное значение. Контроллер расхода FB107 предоставляет информацию в электронном виде и заменяет традиционные диаграммы на бумажном носителе; он регистрирует скорректированные значения расхода с дифференциальных или импульсных счётчиков и сохраняет данные. Контроллер предоставляет набор функций по месту установки и поддерживает удалённый контроль, измерение, архивацию, обмен данными и управление. Результаты вычислений расхода контроллер сохраняет в памяти, по запросу или с заданным интервалом можно выполнять передачу

этих данных на внешнее устройство. Конструкция FB107 позволяет настраивать его для определённых областей применения, в том числе для управления с применением логических операций и последовательного управления с использованием таблицы функциональных последовательностей (FST).

Новый вычислитель FloBoss 107 позволяет удовлетворить распространённые требования пользователей подобных систем. Он обладает всеми проверенными функциями предыдущих моделей FloBoss, такими как точный расчёт расхода по стандарту AGA, сохранение архивных данных, поддержка большого числа протоколов обмена данными, малая потребляемая мощность, поддержка контуров с ПИД-регулированием, работа с таблицами последовательности функций (FST) и возможность эксплуатации при крайне высоких и низких температурах. В стандартную конфигурацию FloBoss 107 включены три порта: один порт интерфейса оператора, коммуникационные порты RS-232 и RS-485. Также поддерживается дополнительный порт при использовании расширенного коммуникационного модуля.

Основные технические характеристики контроллера расхода FloBoss 107:

32-разрядный процессор Renesas HD64F2378 с выбором тактовой частоты: 29,4 МГц, 14,7 МГц и 3,7 МГц.

Резервное питание памяти от аккумулятора и конденсатора большой ёмкости для обеспечения целостности краткосрочных и долгосрочных данных и конфигурации контроллера, а также для поддержания его работоспособности.

Флэш-память загрузки: – 8 Кбайт для инициализации и диагностики системы.

Флэш-память (внутренняя): 512 Кбайт для прикладной программы.

Флэш-память (внешняя): 1 Мбайт x 16 для образа микропрограммного обеспечения (для хранения конфигурации и программ User C).

SRAM (внешнее статическое ОЗУ): 1 МБ x 16 для конфигурации и архивных журналов данных.

RAM (ОЗУ): 32 Кбайт для выполнения микропрограммы, хранения данных и локальных переменных.

Локальный интерфейс оператора: Формат EIA-232 (RS-232C).

COM1: EIA-485 (RS-485), скорость передачи данных от 300 до 115200 бит/с, последовательный интерфейс. Стандарт для дифференциальной передачи данных на расстояние до 1220 м (4000 футов).

COM2: EIA-232 (RS-232), скорость передачи данных от 300 до 115200 бит/с, основной последовательный интерфейс. Стандарт для асимметричной передачи данных на расстояние до 15 м (50 футов).

COM3: EIA-232 (RS-232) и EIA-485 (RS-485). Требуется дополнительный коммуникационный модуль. Протоколы связи: ROC или Modbus для ведомых (slave) устройств (ASCII или RTU). Modbus для ведущего (host) устройства на портах COM1, 2 или 3, с использованием дополнительного коммуникационного модуля [13].

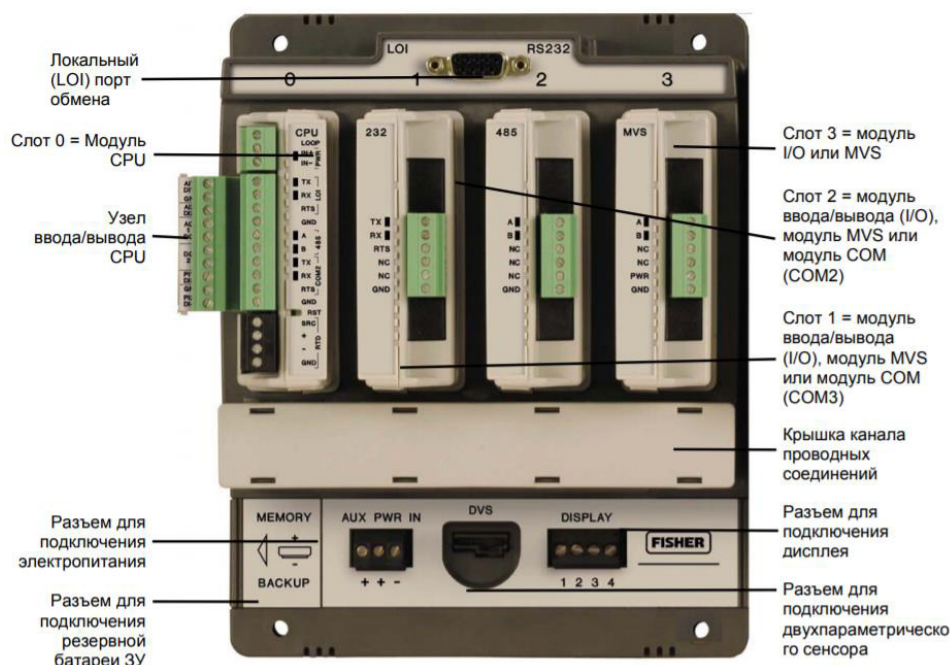


Рисунок 16 - Базовый блок контроллера расхода FloBoss 107

2.1.3 Исполнительные механизма

2.1.3.1 Регулирующий клапан

Исполнительным устройством называется устройство в системе управления, непосредственно реализующее управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления путём механического перемещения регулирующего органа.

Регулирующее воздействие от исполнительного устройства должно изменять процесс в требуемом направлении для достижения поставленной задачи – стабилизации регулируемой величины.

В процессе подачи газа потребителю необходимо регулировать давление на входе узла учёта таким образом, чтобы оно было не выше заданного исходя из условий прочности трубопровода и не ниже заданного давления на входе. В качестве исполнительного механизма для регулирования давления газа будем использовать клапан с электроприводом.

В качестве способа регулирования давления будем использовать метод дросселирования (рис. 17). РТ-ПИС-ПУ контур регулирования давления (Р).

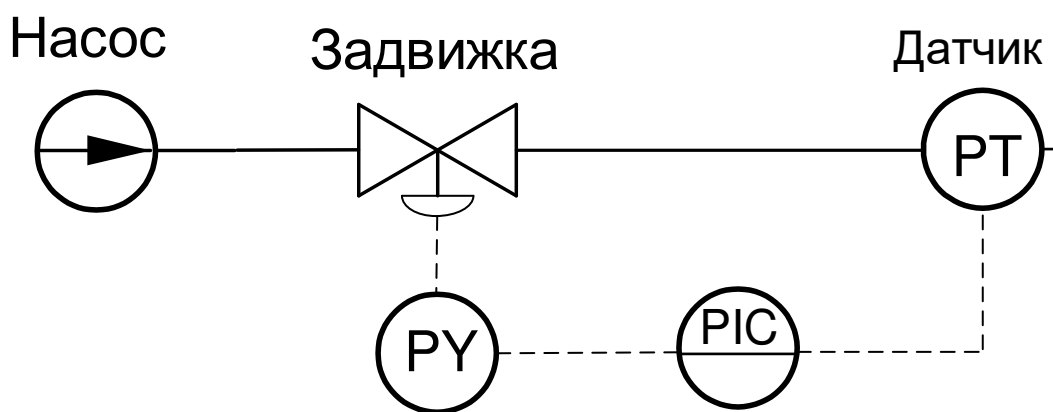


Рисунок 17 – контур регулирования

Для быстрого и плавного изменения величины давления в настоящее время наибольшее распространение получил метод дросселирования потока. Дросселирующим устройством может служить задвижка (кран, вентиль) или специальная шайба. Применяются также дроссельные втулки.

Для дросселирования используют задвижку только на напорном трубопроводе насоса, но не на всасывающем. Дросселирование всасывающей задвижкой увеличит сопротивление линии всасывания и может вывести насос на режим кавитации.

Регулирование подачи задвижкой удобно тем, что с ее помощью можно быстро изменить режим работы насоса в зависимости от обстоятельств, т. е. если насос работает в переменном режиме. В то же время, если требуется какая-то определённая подача, то после остановки насос необходимо снова регулировать, выводя его на заданный режим работы. В этом случае следует применять дроссельную шайбу, которая обеспечит постоянный перепад давления (при постоянном расходе).

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

$$Kv = Q_{\max} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}, \quad (8)$$

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

Δp – изменение давления в трубопроводе до и после клапана;

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

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

Исходными данными для расчёта пропускной способности являются следующие:

Δp_0 – потеря давления на клапане принята равной $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$;

Δp – изменение давления в трубопроводе $0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$;

Q_{\max} – максимальное значение расхода $20000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расчётная пропускная способность клапана должна быть не менее $200 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В соответствии с таблицей зависимости диаметра трубопровода от расхода жидкости получен присоединительный размер клапана к трубопроводу – $D_y = 500$ мм.

В качестве регулирующего клапана будет использоваться клапан регулирующий G3FM-T Ду 500 (рис. 18).



Рисунок 18 – клапан регулирующий седельный проходной

Технические характеристики данного клапана приведены в таблице 6:

Таблица 6 – Технические характеристики G3FM-T Ду 500

Техническая характеристика	Значение
Условный проход Ду, мм	500
Пропускная способность K_v , м ³ /ч	20000
Тип конструкции	Поворотный сегмент
Динамический диапазон регулирования	более 100 : 1
Характеристика регулирования	линейная
Температура регулируемой среды Т, °С	– 40...150
Присоединение	фланцевое
Уплотнение сальника	NBR

При монтаже клапана необходимо убедиться, чтобы направление движения регулируемой среды совпадало с направлением стрелки на его корпусе.

2.5.1.1 Электропривод

Электропривод VB-300 приводятся в действие реверсивным синхронным мотором переменного тока. Электроприводы имеют встроенные автоматические концевые выключатели, предохраняющие двигатель от перегрузки. Передача момента происходит посредством червячного редуктора. Шестерни изготовлены из металла и синтетических материалов. Механизм приводов смазан и не требует обслуживания. Приводы позволяют производить ручную регулировку. Корпус привода выполнен из алюминиевого сплава.

Для управления регулирующим клапаном будем использовать электропривод VB-300 (рис. 19)

Характеристики:

- - компактное исполнение;
- - встроенные автоматические концевые выключатели;
- - высокая точность регулирования;
- - возможность ручного регулирования;
- - пониженные шумовые и вибрационные характеристики;
- - не требует сервисного обслуживания.



Рисунок 19 –Электропривод VB-300

Технические характеристики электропривод приведены в таблице 7:

Таблица 7 – технические характеристики VB-300

Техническая характеристика	Значение
Тип сигнала управления	4–20 мА
Макс крутящий	1962 Н
Время поворота	на 90град 90 с
Номинальный ток	3 фазы 0,8 А

2.5.2 Разработка схемы внешних проводов

Схема внешней проводки приведена в Приложении Г. Первичные и внешние приборы включают в себя датчики давления Rosemount 3051S, расположенные на ИЛ-1 и ИЛ-2, расходомеры FlowSIC600 Quatro, расположенный на ИЛ-1 и ИЛ-2, датчики температуры Rosemount 644, расположенные на ИЛ-1 и ИЛ-2, датчик температуры росы АМЕТЕК 241СЕ II, расположенный на ИЛ-1 и ИЛ-2. На выходе расходомера имеется унифицированный токовый сигнал 4...20 мА. На выходе датчика температуры токовый сигнал 4..20 мА. Датчик давления имеет встроенный преобразователь сигнала, таким образом, на выходе имеем токовый сигнал 4..20 мА. Датчик температуры росы имеет на выходе токовый сигнал 4...20 мА.

Для передачи сигналов от датчиков давления, датчиков температуры и расходомеров на щит КИПиА используются по три провода. В качестве кабеля выбран КВВГЭнг(рис.20).

К - Кабель контрольный

В - Изоляция жил из поливинилхлоридного пластиката

В - Оболочка из поливинилхлоридного пластиката

Г - Отсутствие защитных покровов

Э - Экранированный

нг - Оболочка из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести

4 - количество медных жил.

1 - сечение жил в квадратных миллиметрах.



Рисунок 20 – Кабель КВВГЭнг 4x1

2.5.3 Выбор алгоритмов управления АС СИКГ

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы:

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

В ВКР разработаны следующие алгоритмы АС:

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

Для представления алгоритма сбора данных будем использовать правила ГОСТ 19.002.

2.5.3.1 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром

В процессе измерения расхода газа необходимо поддерживать давление газа в трубопроводе, чтобы оно не превышало заданного уровня, исходя из условий прочности трубопровода, и не падало ниже заданного уровня. Поэтому в качестве регулируемого параметра технологического процесса выбираем давление газа. В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

Структурная схема автоматического регулирования давлением приведена в приложении И. Данная схема состоит из следующих основных элементов: задание, ПЛК с ПИД-регулятором, регулирующий орган, объект управления. P_3

Функциональная схема системы поддержания давления в трубопроводе приведена на рис. 21.

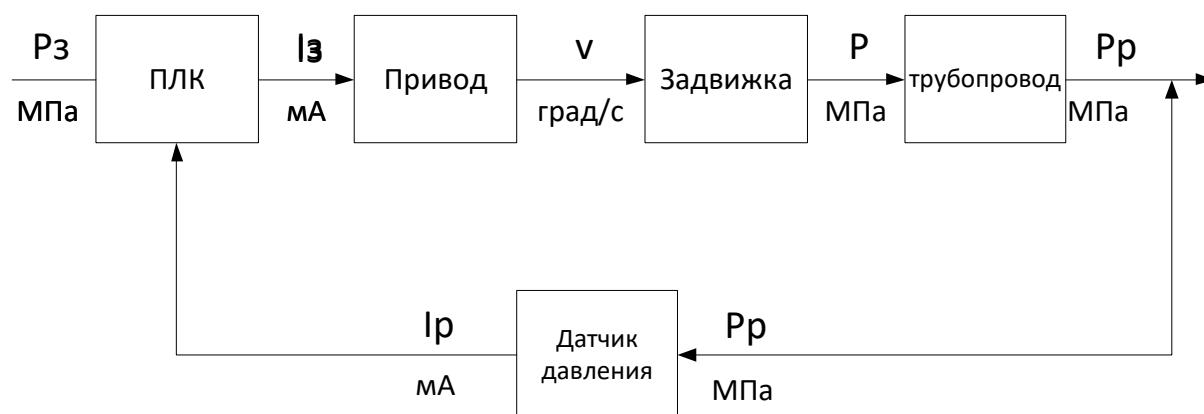


Рисунок 21 – Функциональная схема автоматизации

Объектом управления является участок трубопровода после задвижки. С панели оператора задаётся давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. Далее это давление приводится к унифицированному токовому

сигналу 4-20 мА и подаётся на ПЛК. В ПЛК также подаётся значение с датчика давления, происходит сравнение значений, и формируется выходной токовый сигнал. Этот сигнал подаётся на привод электрической задвижки. Задвижка с электроприводом преобразует электрическую энергию в поступательное движение штока задвижки, в результате чего происходит изменение давления в трубопроводе.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором уравнений.

Передаточная функция привода

$$W_{\text{прив}}(p) = \frac{K_{\text{прив}}}{T_{\text{прив}}p + 1}.$$

Привод реализует радиальное перемещение от 0 до 90 град со скоростью 1 град/с. Следовательно при дискретном изменении сигнала выхода ПЛК в диапазоне 4-20мА, следовательно весь диапазон регулирования, должен укладываться в 16мА, т.к двигатель вращается в двух направлениях возмём на каждое направление ток в 8мА. скорость установившееся в обоих направлениях 0-90 град/с. Таким образом коэффициент передачи привода $K_{\text{прив}} = \frac{1}{8} = 0,125$ град/(с * мА) постоянная времени привода берётся из характеристик и составляет $T_{\text{прив}} = 5$ с

$$W_{\text{прив}}(p) = \frac{0,125}{5p+1}.$$

Передаточная функция клапана имеет вид:

$$W_{\text{кл}}(p) = \frac{K_{\text{кл}}}{p}$$

Из-за малого значения инерциальности клапана ей пренебрегаем. Общее перемещение осуществляется от 0 до 90 градусов. При этом давление меняется в пределах 0-9 мПа. Таким образом коэффициент передачи клапана равен $K_{\text{клап}} = \frac{9}{90} = 0,1$ ($\frac{\text{бар}}{\text{град}}$) Этот коэффициент будет иметь линейную статическую характеристику. Следовательно передаточная функция клапана:

$$W_{\text{прив}}(p) = \frac{0,1}{p}.$$

Передаточная функция трубопровода имеет вид:

$$W_{\text{труб}}(p) = \frac{K_{\text{труб}}}{T_{\text{труб}}p + 1} e^{-\tau_0 p};$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p g}},$$

где $Q(s)$ – объёмный расход жидкости;

γ – удельный вес жидкости;

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

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления в трубопроводе;

τ_0 – задержка распространения объёма газа T - постоянная времени

Удельный вес газа $\gamma = 0,85 \text{ кг/м}^3$

Длина трубопровода $L=10\text{м}$

Диаметр трубы $d= 500\text{мм}$

Расход $Q=5,55 \text{ м}^3/\text{с}$

Перепад давления $\Delta p = 500000 \text{ кгс/ м}^3$

$$f = \frac{\pi d^2}{8} = \frac{3.14 * 500 * 500}{8} = 0.098125 \text{ м}^2$$

$$T = \frac{LQ\gamma}{\Delta p f g} = \frac{10 \cdot 55,6 \cdot 0.85}{500000 \cdot 0.0981 \cdot 9.8} = 9,8 \text{ с}$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{10 \cdot 0.0981}{5,55} = 1.77 \text{ с}$$

Исходя из расчётов передаточная функция трубопровода:

$$W_{\text{труб}}(p) = \frac{1}{0,98p + 1} e^{-1,77p}$$

В процессе управления объектом необходимо поддерживать давление на выходе равное 9 МПа, поэтому в качестве передаточной функции задания

выступает ступенчатое воздействие, которое в момент запуска программы меняет свое значение с 0 до 9.

Модель с выделенными блоками показана на рис. 22.

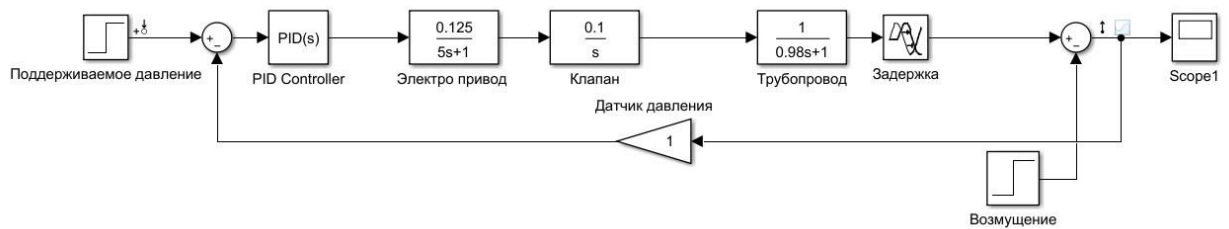


Рисунок 22 – Модель в Simulink

График переходного процесса САР мы можем наблюдать на рис.23.

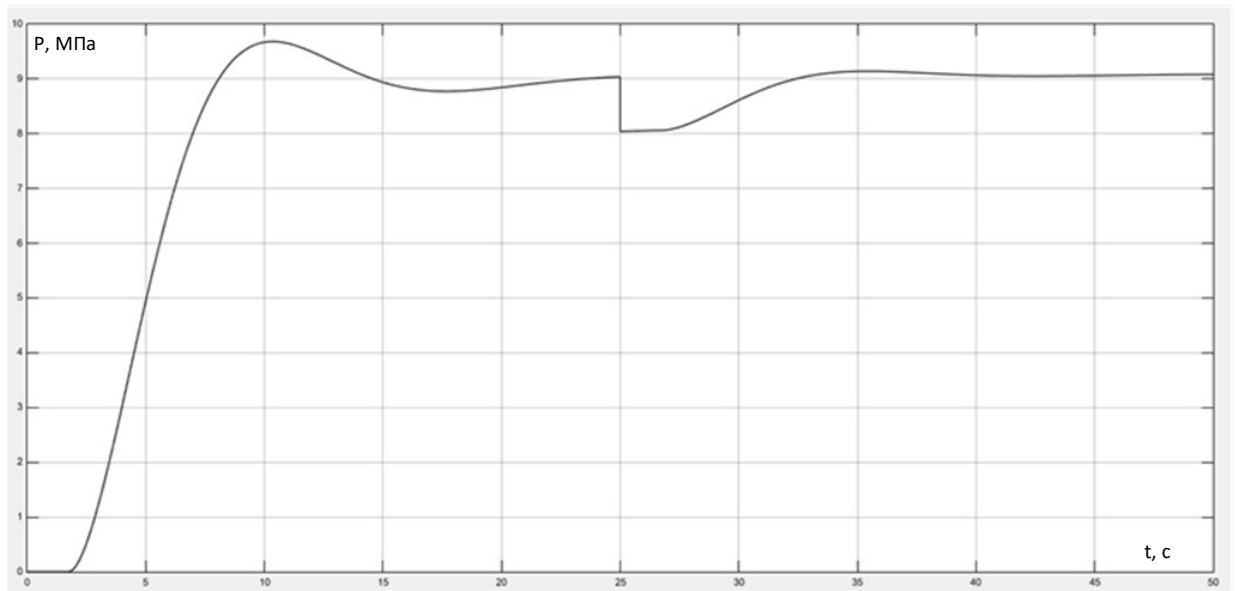


Рисунок 23 – График переходного процесса

Из данного графика видно, что перерегулирование 10 %. Время переходного процесса 12,5 с. статическая Ошибка регулирования равна нулю.

2.6.5 Экранные формы АС СИКТ

Управление в АС СИКТ реализовано с использованием SCADA система Simatic WinCC (тут WinCC — Windows Control Center, поскольку работают под управлением различных версий ОС Windows) – это мощный программный комплекс для создания систем HMI. Данное программное решение входит в семейство систем автоматизации Simatic компании Siemens AG. Данное решение разрабатывается и выпускается с 1995 года, прошла путь

от однопользовательской системы до комплекса приложений, позволяющих реализовывать резервированные SCADA/HMI, с использованием Microsoft SQL Server, 3D, и многим другим.

Основные функции и возможности SCADA Simatic WinCC.

SCADA система WinCC позволяет конфигурировать и настраивать связь с различными видами контроллеров от множества производителей (не только Simatic от Siemens AG). Есть возможность хранения, архивирования сообщений и переменных, построение отчётов. Windows Control Center позволяет использовать скрипты на языках ANSI C, VBS, VBA, и других. Для обеспечения интеграции с сетями предприятий используются стандартные и всем известные интерфейсы OLE, ODBC, SQL, открытый OPC-интерфейс. Графические элементы позволяют использовать ActiveX.

Обмен данными между SCADA WinCC и прочими Windows приложениями происходит с помощью механизмов DDE, OLE, ODBC/SQL. Сегодня Windows Control Center поддерживает распределённую структуру проекта с многопользовательскими решениями. Вложенный WinCC Web Navigator позволяет получить доступ к данным АСУ ТП через internet и intranet. Проекты для верхних и нижних уровней АСУ ТП теперь объединены.

Обмен между устройствами по протоколам Modbus, Profibus предоставляется широкий набор драйверов, возможно участие SCADA WinCC в обмене данных как в виде OPC-клиента, так и в виде OPC-сервера.

2.6.6.1 Разработка экранных форм АС СИКГ

Экранные формы можно считать масками, через которые пользователь рассматривает поля записи. Маска скрывает от пользователя не нужные ему в данный момент поля. Пользователь может создать экранные формы, в которых поля размещены по всему полю экрана в удобном ему порядке. По его требованию в форме могут быть интегрированы и другие элементы (надписи, командные кнопки, селекторные кнопки, контрольные индикаторы, списки, иллюстрации и т.д.). Формы можно раскрасить любыми доступными

красками, использовать для оформления растры и графические элементы (линии и прямоугольники).

Экранные формы предназначены облегчить пользователю ввод данных в базу и в качестве дополнительной информации могут содержать тексты помощи, отвечающие на вопрос, как ввести данные в поле X, а также образцы заполнения полей. Формы должны быть обозримыми и наглядными.

Интерфейс оператора содержит рабочее окно (рис. 24) состоящее из следующих областей:

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



Рисунок 24 – Рабочее окно

2.6.6.2 Область видеокadra

Видеокadры предназначены для контроля состояния технологического оборудования и управления этим оборудованием. В состав видеокadров входят:

- мнемосхемы, отображающие основную технологическую информацию;
- всплывающие окна управления и установки режимов объектов и параметров;

- табличные формы, предназначенные для отображения различной технологической информации, не входящей в состав мнемосхем, а также для реализации карт ручного ввода информации (уставок и др.).

В области видеокadra АРМ оператора доступны следующие мнемосхемы:

- Узел учёта газа;
- ИЛ-1 и ИЛ-2;
- Расходомеры;

На мнемосхеме «Узел учёта» Приложение Д отображается работа следующих объектов и параметров:

- Текущие показания датчиков;
- Положения задвижек.

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

- Красный цвет – предельно низкое значение параметров
- Жёлтый цвет – допустимое значение параметров
- Зелёный цвет – норма;

Мнемознак лампочка имеет следующие цветовые обозначения:

- Красный цвет – предельно низкое значение параметров
- Жёлтый цвет – допустимое значение параметров
- Зелёный цвет – норма;

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Макаров Никита Сергеевич

Институт	ИШИТР	Кафедра	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Потенциальные потребители результатов исследований, анализ конкурентных технических решений.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Разработка этапов выполнения работ, составление графика работ, расчет бюджета исследования
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т32	Макаров Никита Сергеевич		

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности газоперерабатывающие заводы, предприятия, имеющие СИКГ для коммерческого газа. Научное исследование рассчитано на предприятия, имеющие СИКГ. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система контроля и управления транспортировкой газа, а также автоматическая система регулирования определёнными параметрами технологического процесса.

В таблице 8 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «Нефтестройпроект», «Б» - ОАО «ТомскНИПИнефть», «В» - ЗАО «ЭлеСи».

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка

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

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 9). Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая система АСУ ТП СИКГ, существующая система управления СИКГ, и проект АСУ ТП сторонней компанией.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 9 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП СИКГ	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП КУУГ	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,1	5	1	4	0,5	0,1	0,4
Удобство в эксплуатации	0,09	3	2	4	0,27	0,18	0,36
Помехоустойчивость	0,1	2	3	2	0,2	0,3	0,2
Энергоэкономичность	0,11	3	4	2	0,33	0,44	0,22
Надежность	0,14	5	2	5	0,7	0,28	0,7
Уровень шума	0,06	2	2	2	0,12	0,12	0,12
Безопасность	0,15	5	3	5	0,75	0,45	0,75
Потребность в ресурсах памяти	0,05	2	5	3	0,1	0,25	0,15
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	2	2	1	0,1	0,1	0,05
Простота эксплуатации	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	0	4	0,2	0	0,2
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,04	5	0	5	0,2	0	0,2
Итого:	1				3,77	2,4	3,59

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 8, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 - наиболее слабая позиция, а 5 - наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: цена разработки ниже, повышение надёжности и безопасности, простота эксплуатации.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках научного исследования составим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер
	11	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер
	12	Составление схемы информационных потоков	Инженер
	13	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	14	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер
	15	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер
	16	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер
17	Проектирование SCADA-системы	Инженер	
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	Инженер

3.2.2 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:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$3t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

$$T_{Pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{Pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

$$T_{ki} = T_{Pi} + k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях (округляется до целых);

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

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

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

где $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности;

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

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

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

В расчетах учитывается, что календарных дней в 2017 году 365, сумма выходных дней составляет 118 дней. Используя эти данные рассчитаем коэффициент календарности который равен 1,48. Расчетные значения представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	2	3	2,4	Рук	2,4	4
Подбор и изучение материалов по теме	2	9	4,8	Инж	4,8	8
Изучение существующих объектов проектирования	2	5	3,2	Инж	3,2	5
Календарное планирование работ	0,5	1	0,7	Рук Инж	0,35	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	1	3	1,8	Инж	1,8	3
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2	4	2,8	Инж	2,8	5
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	0,5	1	0,7	Инж	0,7	1
Оценка эффективности полученных результатов	0,5	1	0,7	Рук Инж.	0,35	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0,5	1	0,7	Рук Инж	0,35	1
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	1	2	1,4	Инж	1,4	3
Составление перечня вход/выходных сигналов	0,5	1	0,7	Инж	0,7	1
Составление схемы информационных потоков	0,5	1	0,7	Инж	0,7	1

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных
	t min	t max	t ож			
Разработка схемы внешних проводок	1	3	1,8	Инж	1,8	3
Разработка алгоритмов сбора данных	1	3	1,8	Инж	1,8	3
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	0,5	1	0,7	Инж	0,7	1
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	4	2,8	Инж	2,8	5
Проектирование SCADA-системы	2	5	3,2	Инж	3,2	5
Составление пояснительной записки	1	3	1,8	Инж	1,8	3
Итого:	Руководитель				5	7
	Инженер				43,3	50

Рук - руководитель, Инж - инженер.

На основе таблицы 11 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. На рис. 25 приведён календарный план-график с разбивкой по месяцам.

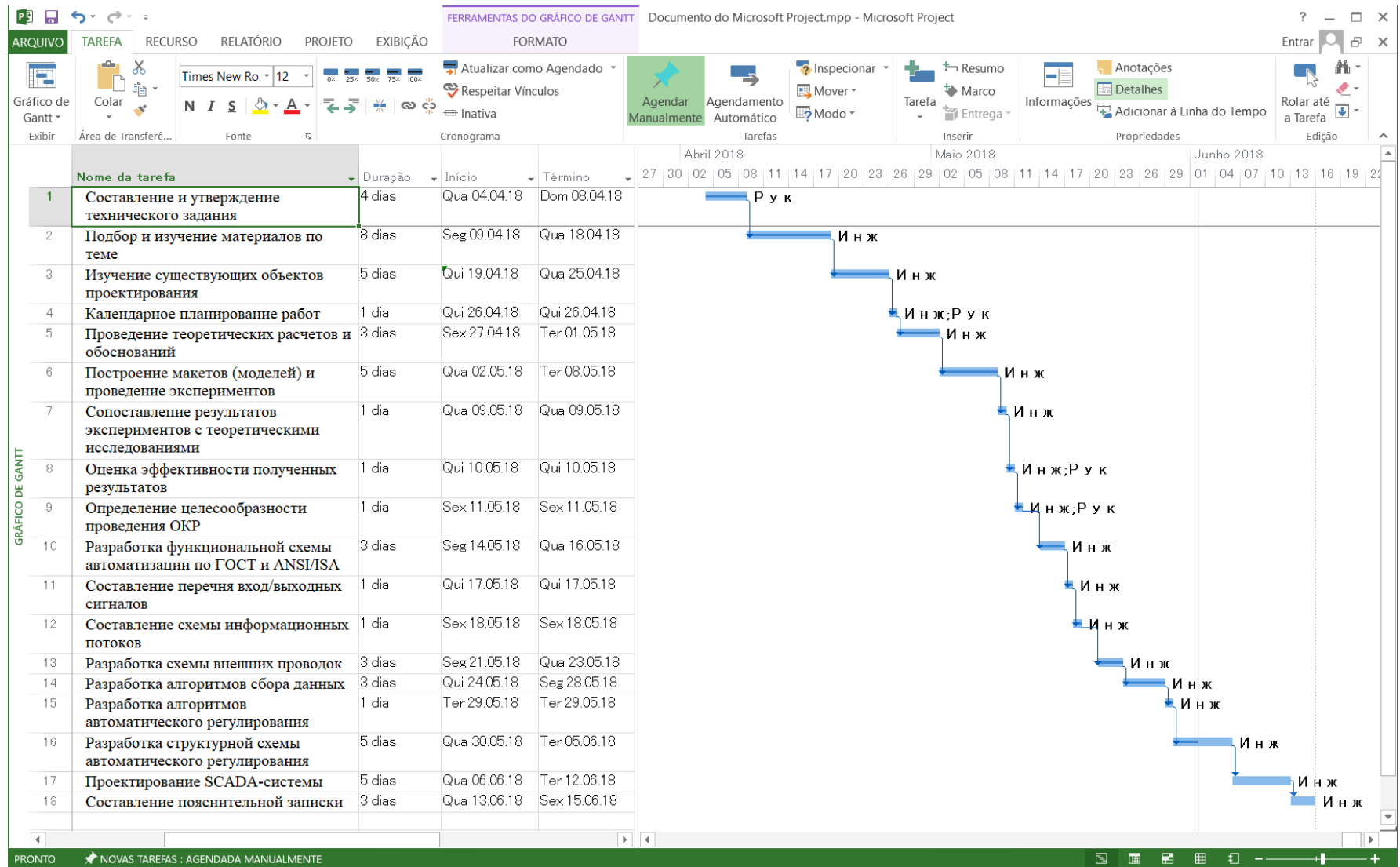


Рисунок 25 – Диаграмма Ганта

3.3 Бюджет научно-технического исследования

3.3.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 12 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитываются транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Расходомер "Flowsick 600"	шт.	2	1 129 000	2 709 600
Контроллер "Simens S7-300"	шт.	1	279 337,59	335 205,1
Датчики давления "Rosemount 3051S"	шт.	4	87 000	417 000
Датчик температуры " Rosemount 644"	шт.	4	68 280	327 744
Вычислитель расхода FloBoss 107	шт.	2	700 000	1 680 000
Анализатор АМЕТЕК 241CE II	шт.	1	1 071 000	1 285 200
Анализатор влажности АМЕТЕК модель 5000	шт.	1	1 068 000	1 281 600
Прямоходный привод SIPOS 5 Flash 2SB5	шт.	3	180 360	649 188
Итого:				8 685 537,1

3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения SCADA системы. В таблице 13 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц, шт.	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость, руб.
WinCC	1	397 573,92	397 573,92
Итого:			397 573,92

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет заработной платы произведен на основе тарифных ставок ООО «Газпром трансгаз Томск» заместителя начальника и инженера. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, раб. дн. (табл. 10);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} * (k_{\text{пр}} + k_d + k_p) + Z_{\text{тс}}$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2 и 0,5 (т.е. 20% и 50% от $Z_{\text{тс}}$)

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 14 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, З _{тс} , руб.	Премимальный коэффициент, k _{пр} , %	Районный коэффициент, k _р , %.	Месячный должностной оклад работника, З _м , руб.	Среднедневная заработная плата, З _{дн} , руб.	Продолжительность работ, Т _р , р.д.	Заработная плата основная, З _{осн} , руб.
Руководитель	35 400	30	30	56 640	2 568,29	5,0	12 841,45
Инженер	22 700	30	30	36 320	1 646,90	43,3	71 310,77
Итого:							84 52,22

3.3.4 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 следующей формуле:

$$Z_{\text{допР}} = \text{доп} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 12\,841,45 = 1\,926,22 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{допИ}} = \text{доп} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 71\,310,77 = 10\,696,61 \text{ руб.}$$

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 15.

Таблица 15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	12 841,45	1 926,22
Инженер	71 310,77	10 696,61
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30	30

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Итого:	25 245,67	3 786,85

3.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (2\,569\,599 + 31\,800 + 44\,864,99 + 6\,729,74 + 13\,982,17) \cdot 0,15 = 400\,046,24 \text{ руб.}$$

Где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы (15%).

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НИИ

	Наименование статьи	Сумма, руб.
1	Материальные затраты	8 685 537,1
2	Затраты на специальное оборудование	397 573,92
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	84 152,22
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12 622,83
5	Отчисления во внебюджетные фонды	29 032,52
6	Накладные расходы	400 046,24
7	Итого:	9 608 964,83

3.4 Определение эффективности исследования

Разработка автоматизированной системы измерения количества и показателей качества газа весьма затратный процесс и требует больших материальных затрат, а именно порядка 10 млн. руб. В свою очередь сооружение СИКГ и ее автоматизация является единственным решением для автоматического оперативного измерения объема газа, транспортируемого на ГПЗ, котельные, газоэлектростанции и другие цели с определением качественных характеристик газа (плотности, давления, температуры и др.) и передачей информации на АРМ оператора. Представленный проект разработанной СИКГ отличается высокой производительностью, удобством эксплуатации, помехоустойчивостью, надёжностью, безопасностью и качеством работы технологического оборудования.

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами, как в финансовой составляющей, так и в технической составляющей.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т32	Макаров Никита Сергеевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	ИШИТР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Система измерения количества и показателей качества газа
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, модернизации:

1. Надёжности системы	Надёжности системы
2. Методы повышения надёжности разработанной системы	Требования предъявляемые надёжности к автоматической системе в целом
3. Безопасность обеспечиваемая разрабатываемой системой	Методы повышения надёжности модернизированной системы
4. Анализ и методы повышения надёжности разработанной системы	Анализ выбранного способа повышения надёжности модернизированной системы

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
3-8Т32	Макаров Никита Сергеевич		

4 Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Согласно техническому заданию предполагается разработать систему измерений количества и показателей качества газа (СИКГ).

Объектами исследования будет выступать оборудование добавленное в существующий проект. Контроллерное оборудование, датчики давления, температуры, датчик расхода, анализатор точки росы, анализатор влажности газа.

В ВКР рассматривается вопрос разработки автоматизированной системы измерений количества и показателей качества газа.

4.1 Надёжности системы

Надежностью называют свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях

применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Расширение условий эксплуатации, повышение ответственности выполняемых радиоэлектронными средствами функций, их усложнение приводит к повышению требований к надежности изделий.

Надежность является сложным свойством и формируется такими составляющими, как безотказность, долговечность, восстанавливаемость и сохраняемость. Основным здесь является свойство безотказности - способность изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение времени. Потому наиболее важным в обеспечении надёжности радиоэлектронных средств является повышение их безотказности.

Особенностью проблемы надёжности является ее связь со всеми этапами «жизненного цикла» радиоэлектронных средств от зарождения идеи создания до списания: при расчёте и проектировании изделия его надёжность закладывается в проект, при изготовлении надёжность обеспечивается, при эксплуатации - реализуется. Поэтому проблема надёжности - комплексная проблема и решать ее необходимо на всех этапах и разными средствами. На этапе проектирования изделия определяется его структура, производится выбор или разработка элементной базы, поэтому здесь имеются наибольшие возможности обеспечения требуемого уровня надёжности радиоэлектронных средств. Основным методом решения этой задачи являются расчёты надежности (в первую очередь - безотказности), в зависимости от структуры объекта и характеристик его составляющих частей, с последующей необходимой коррекцией проекта.

4.2 Требования, предъявляемые к надёжности автоматической системы в целом

Система управления должна состоять из распределённой системы управления (PCY) и автоматической системы противоаварийной защиты (ПАЗ). Основной целью и назначением которых является обеспечение безопасного и эффективного управления технологическим процессом в реальном масштабе времени.

Программно-технические средства, входящие в Систему, должны иметь сертификаты соответствия, выданные органами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии при Министерстве промышленности и торговли РФ (Росстандарт), а также в установленных случаях другими лицензирующими органами РФ.

Связь между оборудованием нижнего и среднего уровней должна осуществляться при помощи проводных связей, посредством цифровых и унифицированных аналоговых, дискретных электрических сигналов через кроссовые шкафы.

Обмен данными между оборудованием среднего и верхнего уровней должен осуществляться при помощи резервированных специализированных промышленных компьютерных сетей высокой производительности. Для организации этих сетей должна быть предусмотрена проводка резервированных оптоволоконных кабелей и кабелей типа "витая пара" категории не ниже "5e" с применением специализированного сетевого оборудования.

Структура РСУ и ПАЗ должна быть предусмотрена такой, чтобы исключить наличие узлов (единичных элементов и связей), отказ которых приведет к отказу РСУ и ПАЗ в целом. Для обеспечения минимальной вероятности отказов должно быть предусмотрено резервирование ответственных элементов и сетей системы.

В системе должна быть предусмотрена сохранность информации:

- при нештатных технологических ситуациях, выходе из строя компонентов системы и нештатном отключении электропитания;
- сохранение системной конфигурации, прикладного программного обеспечения (ПО), трендов и журналов событий в случае выхода из строя компонентов системы, нештатного отключения электропитания либо некорректных действий технологического персонала.

4.2.1 Выбор ПЛК

В основе системы автоматизированного управления СИКГ будем использовать два ПЛК Siemens SIMATIC S7–300.

Контроллер управления Simatic S7-300 предназначен для сбора информации состояния и управления электропроводной арматуры, системной сигнализации загазованности и силовым оборудованием.

В состав контроллер управления Simatic S7-300 входят:

1) Мощный программируемый контроллер для построения систем автоматизации разной степени сложности. Широкая гамма центральных процессоров различной производительности с встроенными интерфейсами PROFIBUS DP.

2) Широкий спектр модулей для оптимальной адаптации к требованиям решаемой задачи:

– сигнальные модули (SM) для ввода и вывода дискретных и аналоговых сигналов;

– коммуникационные модули (CP) для подключения S7-300 к промышленным сетям PROFIBUS/Industrial Ethernet/PROFINET, Modbus TCP/Ethernet а также организации последовательной передачи данных через PtP интерфейс;

– интерфейсные модули (M), для связи базового блока контроллера со стойками расширения. К одному базовому блоку контроллера SIMATIC s7-300 может подключаться до 21 стойки расширения.

3) Высокопроизводительная внутренняя шина S7-300 и коммуникационные интерфейсы, которые могут быть встроены непосредственно в центральный процессор, обеспечивают эффективное функционирование контроллера линии, используемые для связи с системами человеко-машинного интерфейса и программирования, для высокопроизводительной связи с компонентами систем управления перемещением для связи с стандартными приборами системы

распределённого ввода-вывода. При необходимости могут быть установлены дополнительные соединения с системами MES/ERP или Internet.

4) Инструментальные средства. При решении сложных комплексных задач автоматического управления для программирования и конфигурирования контроллера S7-300 могут использоваться инструментальные средства проектирования SIMATIC. Эти средства включают в свой состав языки программирования управляющих последовательностей, программирования на основе разработки графов состояний или функциональных диаграмм.

Контроллеры S7-300 имеют сертификат Госстандарта России, соответствуют отраслевым требованиям РАО «ЕЭС России». К достоинствам S7-300 можно отнести гибкость и надёжность платформы, полную документацию, возможность связаться по множеству протоколов и интерфейсов с другими системами.

Таким образом обеспечивается надёжная автоматизация непрерывных процессов и процессов с высокими требованиями к надёжности функционирования систем автоматизации.

4.2.2 Датчик давления

Для этих целей выбираем датчик Rosemount 3051S, производства компании «Emerson».

В качестве чувствительного элемента выступает тензорезистор, который меняет свое сопротивление в зависимости от давления. Величина сопротивления тензорезистора преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4-20мА и передаётся в модуль аналогового ввода системы управления.

Цельносварная герметичная конструкция из нержавеющей стали обеспечивает максимальную эксплуатационную надёжность и производительность приведённой погрешностью измерений не более 0,055% и стабильностью характеристик в течение 5 лет. Гарантия составляет 15 лет.

4.2.3 Датчика температуры

Для измерения температуры предлагается использование преобразователя температуры Rosemount 644, производства компании «Emerson».

Высокоточный измерительный преобразователь Rosemount 644 с возможностью передачи данных по протоколам HART, FOUNDATION Fieldbus или PROFIBUS PA, в конструктивных исполнениях с монтажом в головке датчика или на DIN рейке, соответствует самым высоким требованиям условий применения. ЖК-дисплей обеспечивает индикацию результатов измерения, а опция согласования преобразователя-сенсора обеспечивает непревзойдённую точность измерения для преобразователя и сенсора термометра сопротивления.

Rosemount 644 может применяться во взрывоопасных зонах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов, паров, горючих жидкостей с воздухом.

Преобразователь измерительный температуры Rosemount 644 является универсальным измерительным преобразователем, который обеспечивает надёжность измерений на объекте, а также повышенную точность и стабильность измерений в соответствии с критическими условиями технологического процесса.

4.2.4 Датчик расхода

Выбор преобразователя расхода осуществлялся между ультразвуковым врезным (лубрикаторного типа) FGM-160, вихревым многопараметрическим корпусным Pro-V M22 и ультразвуковым газовым счётчиком FLOWSIC600.

Измерительный прибор FLOWSIC600 представляет собой ультразвуковой счётчик газа и устанавливает стандарты в своём сегменте рынка для калибруемого измерения природного газа, а также измерения расхода пара. Уже по внешнему виду можно определить, что речь идёт о технической концепции, которая ориентирована на применение в тяжёлых

промышленных условиях. Компактная конструкция со встроенным кабельным вводом обеспечивает измерительной системе прочность, надёжность в эксплуатации, неприхотливость и долговечность. Широкие возможности диагностики устройства FLOWSIC600 позволяют своевременно обнаруживать помехи до того, как результаты измерения будут искажены. Исполнения с 2, 4, 4 + 1 или 4 + 4 измерительными лучами позволяют применять счётчики для множества разных технологических процессов, вплоть до измерений с обязательной калибровкой.

Таблица 17 – Технические характеристики FLOWSIC600

Техническая характеристика	Значение
Газы	Природный газ (сухой, влажный), попутный нефтяной газ, воздух и т.д.
Диапазон температур измеряемой среды	-40...+180 °С
Диапазон давлений измеряемой среды	0 бар ... 250 бар (изб.)
Рабочий расход для DN 500	200...20000 м ³ /ч
Типичная погрешность	4 луча: ±0,5% (сух. калибровка); ±0,3% (после калибровки – Россия ГОСТ); ±0,1% (после калибровки и коррекции полиномом – Европа; США)
Выходной сигнал	Аналоговый выход: Активный/Пассивный; оптически изолированный; 4...20 мА. Цифровые выходы: Пассивные, оптически изолированные, открытый коллектор или NAMUR.
Наличие взрывозащищённого (Ex, Вн) исполнения	есть
Степень защиты от воздействия пыли и воды	IP 65/IP 67

Техническая характеристика	Значение
Интерфейсы	2xRS485
Протоколы связи компьютерной средой	HART, Modbus ASCII/Modbus RTU
Средний срок службы	Не менее 5 лет

4.2.5 Анализатор температуры точки росы

Выбранный анализатор АМЕТЕК 241СЕ II полностью соответствует техническим требованиям и предназначен для определения точки росы по углеводородам в природном газе в процессе его добычи, переработки, транспортировки и потребления. Анализатор 241СЕ II допущен для автономной работы во взрывоопасных зонах в соответствии с маркировкой 1ExdIIВТ4 Х.

Особенности:

- ✓ Высокая чувствительность и точность
- ✓ Нечувствительность к помехам
- ✓ Большой ресурс измерительной ячейки
- ✓ Простая проверка с использованием чистого пропана
- ✓ Постоянная диагностика

4.2.6 Анализатор влажности газа

Выбор анализаторов влажности происходил между лазерным анализатором влажности АМЕТЕК модели 5100 и пьезокристаллическим анализатором влажности АМЕТЕК, модель 5000.

Пьезокристаллические анализаторы влажности – кварцевые микровесы - отличает рекордная чувствительность, в том числе в диапазонах ррт, ррб и даже ррт. Такие анализаторы широко используются в процессах риформинга и производства олефинов, а также при транспортировке природного и попутного газа. Поэтому свой выбор сделаем на поточном анализатор влажности АМЕТЕК модель 5000.

Исключительные характеристики:

Быстрый отклик

Высокая чувствительность и точность

Нечувствительность к помехам

Большой ресурс измерительной ячейки.

Модель 5000 предлагает высокую характерность, селективность, скорость ответа и большую надёжность.

4.3 Методы повышения надёжности модернизированной системы

Основным, но не единственным фактором, обеспечивающим надёжность системы, является именно то оборудование, которое, было выбрано для её реализации. В частности, ПЛК Siemens SIMATIC S7–300, преобразователь давления Rosemount 3051S, датчик температуры Rosemount 644, анализатор температуры точки росы АМТЕК 241СЕ II, анализатор влажности АМТЕК модель 5000

Всё выше перечисленное оборудование от данных производителей прошло многолетние опытно промышленные испытания на площадных многих газотранспортирующих компаний России. В ходе которых оно было признано достаточно надёжным для оснащения им технологических объектов.

Ещё одним составляющим фактором, обеспечивающим надёжность системы, является закупка ЗИП при реализации проектов в размере 10% от имеющегося оборудования, но не меньше одного экземпляра.

Таблица 18 – Перечень оборудования ЗИП заложенный в рамках проекта разработки СИКГ

Наименование	Количество, шт
Датчики давления "Rosemount 3051С"	2
Датчик температуры " Rosemount 644"	2
Вычислитель расхода FloBoss 107	1
Анализатор АМТЕК 241СЕ II	1
Анализатор влажности АМТЕК модель 5000	1

4.4 Анализ выбранного способа повышения надёжности разработанной системы

На основании выбранных методов повышения надёжности можно сделать вывод, что совокупность данных факторов позволяет обеспечить достаточную надёжность систем на площадных объектах, не прибегая к чрезмерным финансовым затратам, позволяя получить максимальный баланс между вложенными средствами и полученным эффектом

Заключение

В результате выполненной работы была разработана система автоматизации СИКГ. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был изучен технологический процесс СИКГ. Были разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации СИКГ, позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Системы автоматизации БКНС, диспетчерского контроля и управления были спроектированы на базе полевых устройств фирмы Rosemount, промышленных контроллеров Simens S7-300 и программного SCADA-пакета WinCC. В данном курсовом проекте была разработана схема внешних проводов, 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 технологического оборудования и управления сбором данных. Для поддержания расхода газа в трубопроводе был разработан алгоритм автоматического регулирования давления (разработан ПИД-регулятор). В заключительной части курсового проекта были разработаны дерево экранных форм, мнемосхемы СИКГ.

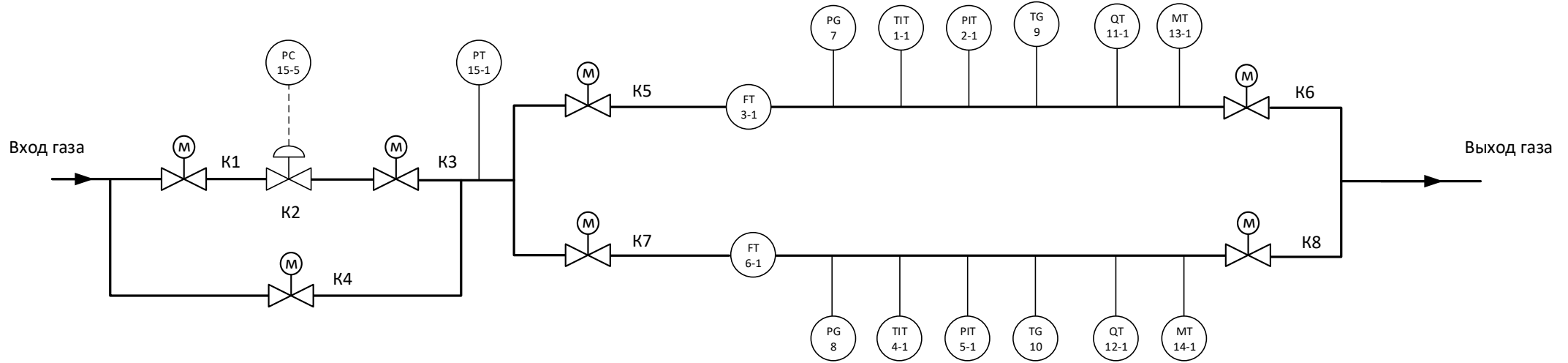
Таким образом, спроектированная САУ СИКГ не только удовлетворяет текущим требованиям к системе автоматизации, но и имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САУ в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

Список использованных источников

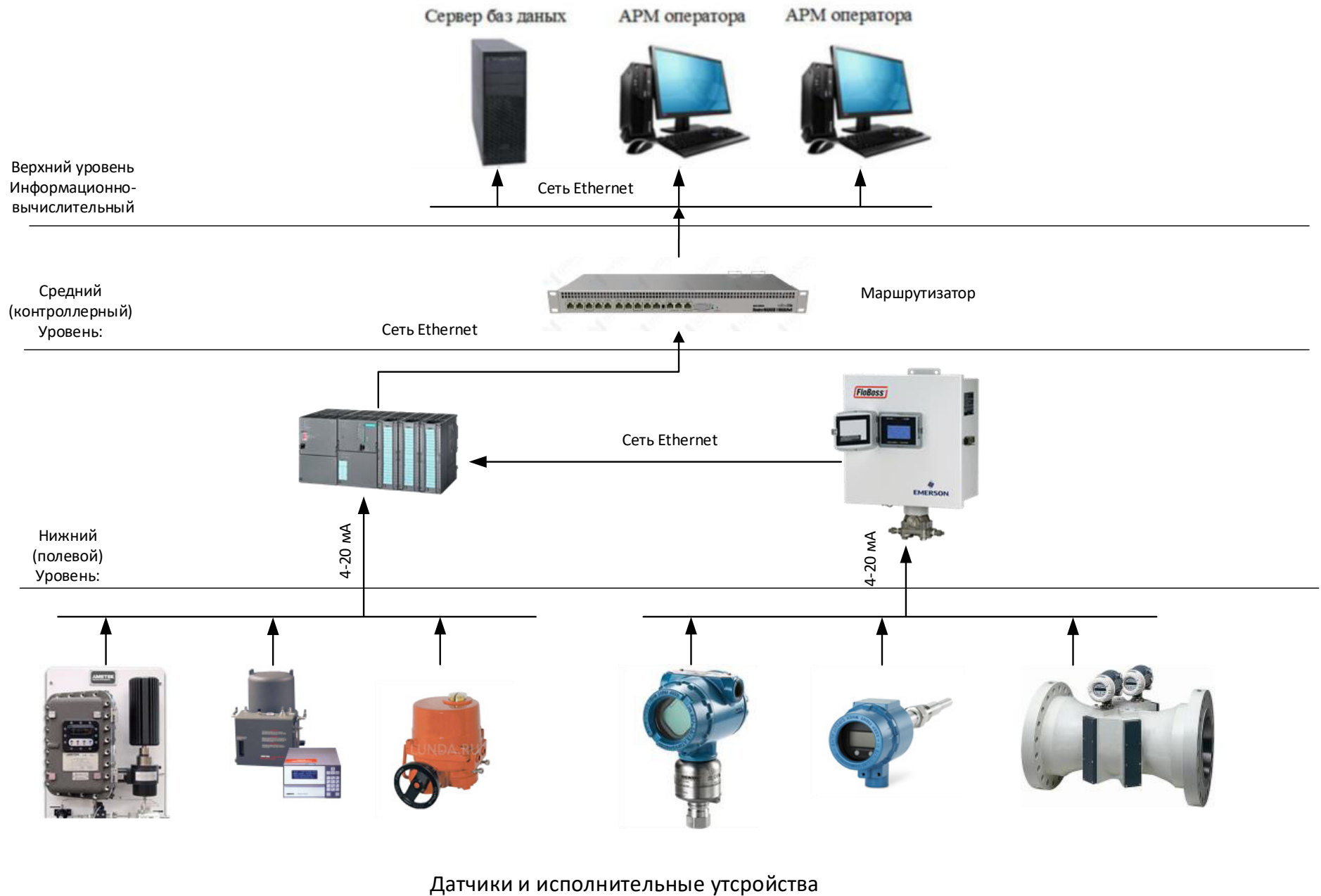
1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
2. Ключев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Ключев А. А.; под ред. А.С. Ключева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. Тверь 2001. – 247 с.
4. ГОСТ 21.408-93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов М.: Издательство стандартов, 1995.– 44с.
5. Разработка графических решений проектов СДКУ с учетом требований промышленной эргономики. Альбом типовых экранных форм СДКУ. ОАО «АК Транснефть». – 197 с.
6. Комягин А. Ф., Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов. Ленинград, 1983. – 376 с.
7. Попович Н. Г., Ковальчук А. В., Красовский Е. П., Автоматизация производственных процессов и установок. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
8. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://simatic-s7-1200.ru/>
10. ООО Промэнерго Автоматика. Авторизованный дистрибьютор Siemens в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm>

11. ООО Промэнерго Автоматика. Авторизованный дистрибьютор Siemens в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1500.htm>
12. Emerson [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20metran%20documents/catalog/catalogues/dd/rosemount-3051s.pdf>
13. Emerson [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20metran%20documents/catalog/catalogues/dt/rosemount-644.pdf>
14. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <http://xn--80aahrlqppik8d.xn--plai/pasporta/pasport-flowsic600.pdf>
15. Artvik. Анализатор температуры точки росы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.artvik.ru/pdf/moisture-in-gas_analyzers/241.pdf
16. VYMPPEL. Измерение концентрации углеводородов [Электронный ресурс] . – Режим доступа: <http://vympel.group/company/articles/aktualnost-i-problemy-izmereniya-temperatury-kondensatsii-uglevodorodov-v-prirodnom-gaze/>
17. Artvik. Анализатор влажности газов [Электронный ресурс] http://www.artvik.ru/pdf/moisture-in-gas_analyzers/5000.pdf
18. EMERSON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.emerson.com/documents/automation/floboss-107-flow-manager-instruction-manual-russian-ru-133736.pdf>
19. И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения. Томский политехнический университет, 2014 – 36 с.

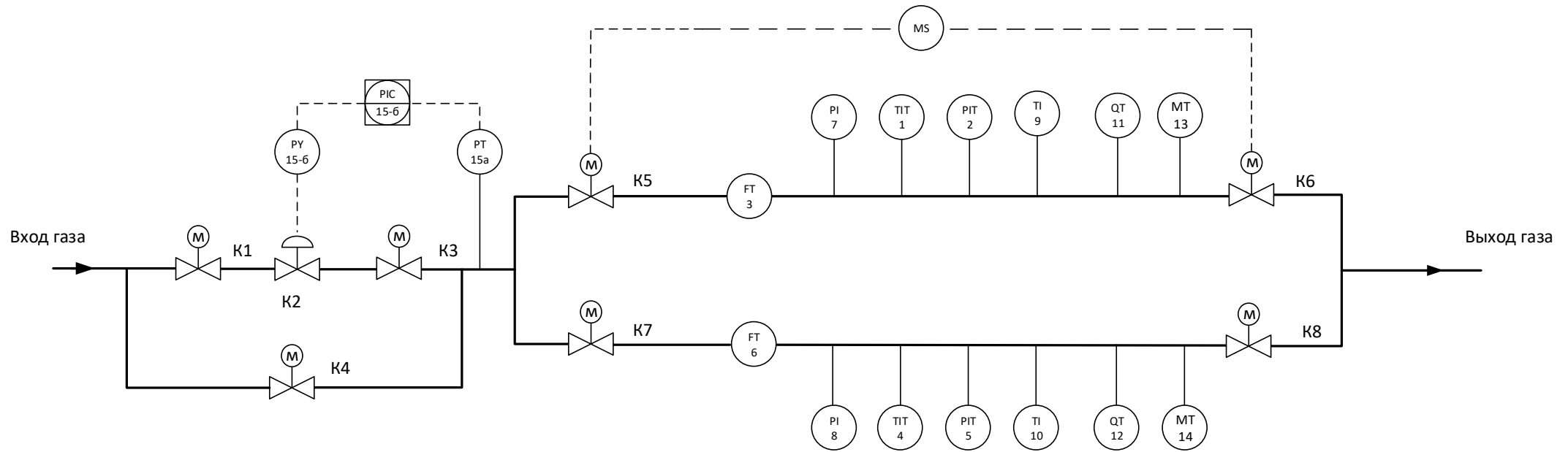
Приложение А. Функциональная схема узла учета газа



Приложение Б. Трехуровневая система АС

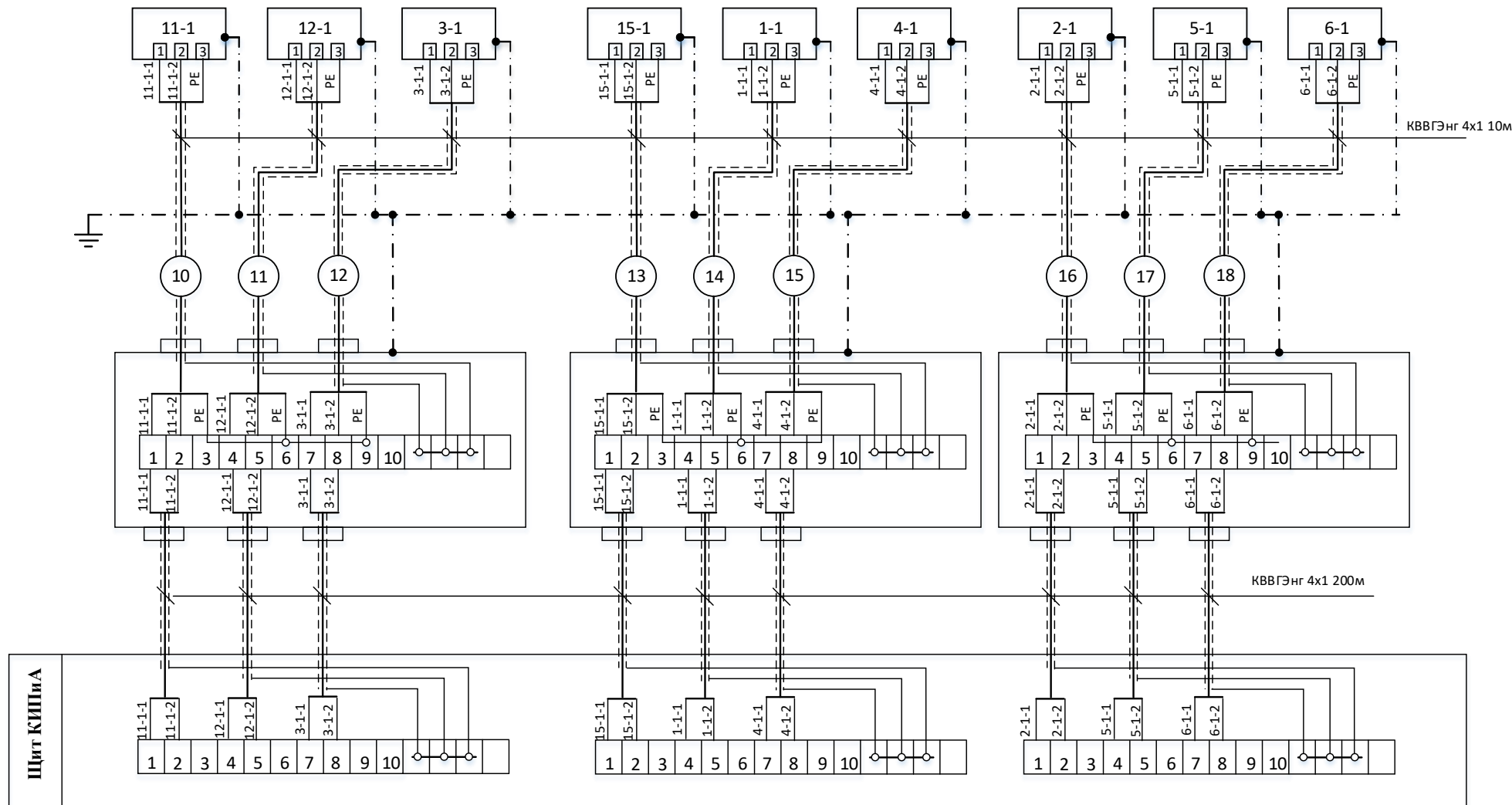


Приложение В. Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA



Приложение Г. Схема внешних проводок

Наименования параметра	Температура точки росы	Температура точки росы	Расход газа	Давление	Температура		Давление		Расход газа
Место отбора импульса	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	Регулятор	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-2
Тип датчика	АМЕТЕК 241СЕ II	АМЕТЕК 241СЕ II	FlowSIC600 Quatro	Rosemount 3051S	Rosemount 644	Rosemount 644	Rosemount 3051S	Rosemount 3051S	FlowSIC600 Quatro
Позиция	11-1	12-1	3-1	15-1	1-1	4-1	2-1	5-1	6-1



Приложение Д. Мнемосхема СИКГ

UI elements at the top:

- Buttons: ? F1, ИЛ-1 (green dot), ИЛ-2 (yellow dot), НАЗАД
- Buttons: ИЛ-1 (green), СТОП (red)

Monitoring data:

- Температура газа, °C: 5,89
- Текущий расход, м³/час: 480
- Давление, Мпа: 5,89
- Давление, Мпа: 5,89

Process flow diagram:

Navigation menu:

- Влажность
- Точка росы
- Статистика
- Журнал событий

ОКНО ОПЕРАТИВНЫХ СООБЩЕНИЙ

Operator: Оператор Карнацкий А.В.