

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа на газораспределительной станции

УДК 004.896:622.691.5-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Сурков Максим Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		
Руководитель ОАР	Филипас Александр Александрович	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P2	Применять передовой отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств при решении производственных задач.
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств.
P4	Разрабатывать системы автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, проектировать устройства автоматизации и обосновывать экономическую целесообразность решений
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных систем автоматизации.
P6	Внедрять и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты при решении задач автоматизации технологических процессов и производств, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Применять высоко технологичное программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, поддерживать должный уровень физической подготовленности
P12	Решать задачи производственного анализа, связанные с проектированием и созданием современных систем автоматизации технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

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

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

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Суркову Максиму Юрьевичу

Тема работы:

Автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа на газораспределительной станции
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 134-30 с от 13.05.2020
---	---------------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(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.).

Объект исследования: узел контроля расхода газа.

Цель работы: повышение точностных и экономических характеристик автоматизированного узла контроля расхода газа.

Режим работы: непрерывный.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Описание технологического процесса; разработка структурной схемы АС; разработка функциональной схемы автоматизации; разработка схемы информационных потоков АС; выбор средств реализации АС; разработка схемы соединения внешних проводов; разработка алгоритмов управления АС; разработка экранной формы АС.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408-2013; функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1-2009; структурная схема; схема соединения внешних проводов; схема информационных потоков; экранная форма; дерево экранных форм; алгоритм управления узлом контроля расхода газа.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Трубченко Татьяна Григорьевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Белоенко Елена Владимировна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Старший преподаватель ОАР ИШИТР</p>	<p>Сидорова Анастасия Александровна</p>	<p> </p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Т6А</p>	<p>Сурков Максим Юрьевич</p>	<p> </p>	<p> </p>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

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

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.06.2020	Основная часть	75
25.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
20.05.2020	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Сидорова Анастасия Александровна			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Суркову Максиму Юрьевичу

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

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа на газораспределительной станции	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Создание проекта по автоматизации узла контроля расхода газа на газораспределительной станции. Разработка алгоритмов управления и мнемосхемы для мониторинга технологических параметров и дистанционного управления шаровыми кранами.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
7.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Конституция РФ; – основное законодательство РФ по охране труда; – ФЗ РФ от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; – ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ СТО Газпром 2-3.5-454-2010; – ГОСТ Р 57413-2017; – ВРД 39-1.10-069-2002; – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ; – ГОСТ Р 50923-96.
7.3 Производственная безопасность: <ul style="list-style-type: none"> 7.3.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов 7.3.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия 	<ul style="list-style-type: none"> – Движущиеся машины и механизмы в зоне работ; – отклонение показателей микроклимата; – высокий уровень вибрации (локальная, общая); – наличие производственного шума;

	<ul style="list-style-type: none"> – недостаточный уровень освещения (естественное, искусственное); – повышенный уровень электромагнитного излучения; – токсические (одорант, природный газ, метанол).
7.4 Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера: выброс опасных веществ при эксплуатации.</p> <p>Гидросфера: слив производственных сточных вод.</p> <p>Литосфера: пролив метанола, одоранта.</p>
7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – разрыв газопровода на площадке ГРС с воспламенением газа; – разлив одоранта; – пожар на территории ГРС или в технологических блоках. <p>Самым распространённым является разлив одоранта.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Сурков Максим Юрьевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т6А	Суркову Максиму Юрьевичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 20000 руб. Оклад консультанта - 13000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности.	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований.	Определение трудоемкости работ для НТИ, разработка графика проведения НТИ, составление бюджета НТИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.	Расчёт интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НТИ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности НТИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т. Г.	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т6А	Сурков Максим Юрьевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 111 страниц, содержит 21 рисунок, 35 таблиц, 55 источников литературы, 9 приложений.

Объектом исследования является узел контроля расхода газа на газораспределительной станции.

Целью работы является повышение точности и экономичности автоматизированного узла контроля расхода газа (УКРГ).

В настоящей работе приведены решения по автоматизации узла контроля расхода газа газораспределительной станции, выбору датчиков, контроллерного оборудования, разработке алгоритма сбора данных, экранных форм ГРС, а также разработаны: функциональная схема автоматизации, структурная схема, схема информационных потоков, схема соединений внешних проводок.

Для выполнения работы использовались программные продукты: Matlab R2018b, Microsoft Visio 2018, Mathcad 15, Bentley MicroStation V8i, Simp light.

Выпускная квалификационная работа выполнялась в Microsoft Word 2018.

ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ГРС, УЗЕЛ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ГАЗА, АСУ ТП, ДАТЧИКИ, АРМ ОПЕРАТОРА, SCADA-СИСТЕМА, АЛГОРИТМ, ПИД-РЕГУЛЯТОР.

Оглавление

Определения, сокращения, обозначения	13
Введение	15
1 Требования к разрабатываемой системе	17
1.1 Назначение и цели автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа	17
1.2 Требования к системе.....	17
1.2.1 Требования к техническому обеспечению	17
1.2.2 Требования к программному обеспечению	18
1.2.3 Требования к математическому обеспечению.....	19
1.2.4 Требования к информационному обеспечению.....	19
1.2.5 Нормативно-техническая документация.....	19
2 Разработка автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа	21
2.1 Описание технологического процесса	21
2.2 Структура и архитектура САУ ГРС	22
2.3 Разработка функциональной схемы	23
2.4 Комплекс аппаратно-технических средств	24
2.4.1 Выбор датчиков давления	24
2.4.2 Выбор датчиков температуры.....	28
2.4.3 Выбор датчика расхода	30
2.4.4 Выбор анализатора температуры точки росы.....	33
2.4.5 Выбор анализатора влажности газа.....	34
2.4.6 Выбор контроллера для измерения расхода	35
2.4.7 Выбор блока управления шаровым краном	36
2.5 Разработка схемы соединения внешних проводок	37
2.6 Разработка алгоритмов управления.....	38
2.6.1 Алгоритм автоматического регулирования технологического параметра	40

2.7	Экранные формы	49
2.7.1	Разработка дерева экранных форм	49
2.7.2	Разработка экранных форм	49
3	Социальная ответственность	51
3.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	51
3.2	Производственная безопасность	52
3.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	53
3.2.2	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего	58
3.3	Экологическая безопасность	59
3.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	59
	Выводы по разделу «Социальная ответственность»	60
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	61
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	61
4.2	Потенциальные потребители результатов исследования.....	61
4.3	Анализ конкурентных технических решений.....	62
4.4	SWOT-анализ.....	63
4.5	Планирование научно-исследовательских работ	68
4.5.1	Структура работ в рамках научного исследования	68
4.5.2	Разработка графика проведения научного исследования	69
4.6	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	74
4.6.1	Расчёт материальных затрат	74
4.6.2	Расчёт амортизационных отчислений	76
4.6.3	Основная заработная плата исполнителей темы	77
4.6.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	78
4.6.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления).....	79
4.6.6	Накладные расходы	80
4.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	80

4.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	81
Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	84
Заключение	86
Conclusion	87
Список используемых источников.....	88
Приложение А (обязательное) Таблица перечня вход/выходных сигналов	94
Приложение Б (обязательное) Схема информационных потоков	96
Приложение В (обязательное) Структурная схема	98
Приложение Г (обязательное) Функциональная схема. ГОСТ 21.408-13.	100
Приложение Д (обязательное) Функциональная схема. ANSI/ISA S5.1 ...	102
Приложение Е (обязательное) Схема внешних проводок.....	104
Приложение Ж (обязательное) Алгоритм сбора данных измерений	106
Приложение К (обязательное) Дерево экранных форм	108
Приложение Л (обязательное) Мнемосхема.....	110

Определения, сокращения, обозначения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

автоматизированная система; АС: Комплекс технических и программных средств, обеспечивающий управление объектом и производственной или административной среде;

архитектура автоматизированной системы: Совокупность организационных решений, а также набор интерфейсов и структурных элементов;

технологический процесс; ТП: Последовательные технологические операции, которые необходимы, чтобы выполнить определённый вид работ;

SCADA: Инструментальная программа, предназначенная для проектирования ПО АСУ;

интерфейс: Совокупность правил и средств для обеспечения взаимодействия между техническими устройствами, или между различными программными системами, или между системой и пользователем;

ФЮРА: Код организации разработчика проекта (ТПУ);

SQL: Язык программирования, применяемый для создания, модификации и управления данными в реляционной базе данных, управляемой соответствующей системой управления базами данных;

АРМ: Автоматизированное рабочее место;

АСУ ТП: Автоматизированная система управления технологическим процессом;

ГРС: Газораспределительная станция;

ИЛ: Измерительная линия;

КИПиА: Контрольно–измерительные приборы и автоматика;

ОТиПБ: Охрана труда и правила безопасности;

ПО: Программное обеспечение;

СИЗ: Средства индивидуальной защиты;

ПТК: Программно–технический комплекс;

УКРГ: Узел контроля расхода газа;

ФСА: Функциональная схема автоматизации.

Введение

При внедрении автоматизации различных технологических процессов используются технические средства, имеющие функцию саморегулирования, а также различные математические методы. Основной целью автоматизации является существенное уменьшение участия персонала, работающего непосредственно на производстве или его полное освобождение. Создание и внедрение на производствах автоматизированных систем позволяет обезопасить людей от влияния вредных и опасных производственных факторов, а также улучшить качество производимого продукта и увеличить производительность установки в целом.

Автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа обеспечивает автоматизированный коммерческий учет природного газа. УКРГ представляет собой комплекс средств измерений, которые дают информацию по таким показателям, как расход, давление, температура, влажность газа и т.д.

Исходя из вышесказанного, процесс транспортировки природного газа во многом зависит от узла контроля расхода газа, а автоматизация происходящих в нем технологических процессов благоприятно скажется на общей производительности и качестве работы установки.

Объектом исследования является узел контроля расхода газа на газораспределительной станции.

Целью работы является повышение точности и экономичности автоматизированного узла контроля расхода газа.

Перечень задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели:

- изучение и описание технологического процесса;
- разработка функциональных схем автоматизации, согласно российскому и иностранному стандартам;
- разработка структурной схемы АС;
- выбор средств автоматизации;

- разработка схемы внешних проводок;
- разработка алгоритмов автоматического управления;
- разработка экранной формы АСУ ТП.

1 Требования к разрабатываемой системе

1.1 Назначение и цели автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа

Автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа (АСУ УКРГ) предназначена для автоматического измерения объёмного расхода газа, а также для оперативного контроля показателей качества газа.

АСУ должна обеспечивать:

- повышение точности измерения показателей газа;
- обеспечение безопасного управления технологическими процессами контроля расхода газа;
- реализация дистанционного контроля комплекса оборудования УКРГ из операторной ГРС с помощью АРМ оператора;
- контроль технологических параметров газа.

Целью создания системы АСУ УКРГ является необходимость решения следующих задач:

- получение достоверной информации с устройств;
- оптимизация режимов работы технологического узла;
- повышение точности и оперативности измерения параметров расхода газа;
- повышение безопасности производства;
- улучшение экологической обстановки вблизи производства;
- минимизация технологических издержек.

1.2 Требования к системе

1.2.1 Требования к техническому обеспечению

Структура системы должна соответствовать госту СТО Газпром 2-2.3-1122-2017 [1].

Оборудование, применяемое на ГРС, устанавливается на срок службы не менее 30 лет, при условии своевременного проведения регламентных работ.

«Климатическое исполнение ГРС, а также защита от наружной и внутренней коррозии должны соответствовать требованиям ГОСТ 15150. Конструкция ГРС должна обеспечивать огнестойкость в соответствии с требованиями СП 2.13130.2012» [2].

«Узлы и системы, технические устройства и технологическое оборудование, применяемые на ГРС, должны соответствовать требованиям технических регламентов, паспортам и сертификатам соответствия организаций-изготовителей, а также должны быть разрешены для применения на объектах ПАО «Газпром» в установленном порядке» [2].

Оборудование, устанавливаемое на открытой местности, должно быть устойчивым к температурным воздействиям, характерным для области, в которой производится эксплуатация.

Комплекс технических средств должен безотказно работать в заданном режиме в условиях окружающей среды, иными словами, удовлетворять требованиям устойчивости.

Средства измерения (СИ) должны иметь стандартные сигналы диапазоном (4-20) мА.

1.2.2 Требования к программному обеспечению

Для обеспечения бесперебойной работы установки необходимо, чтобы программное обеспечение включало в себя все необходимые языки программирования, а также соответствующие им средства разработки такие, как отладчики, компиляторы и т. д.

Основные требования, предъявляемые к программным средствам, используемым в системе управления узлом контроля расхода газа:

- функциональная достаточность;
- возможность модификации;
- удобство эксплуатации;
- модульность построения всех составляющих.

Помимо этого, в системе должны быть предусмотрены меры по защите данных и предотвращению возможности изменений исходного программного обеспечения без привлечения персонала.

1.2.3 Требования к математическому обеспечению

Под математическим обеспечением автоматизированной системы управления понимают совокупность математических моделей и алгоритмов получения и обработки информации, применяемых при проектировании и модернизации автоматизированных систем.

Основные этапы разработки математического обеспечения для системы управления узлом контроля расхода газа заключаются в создании алгоритмов:

- специального назначения;
- функционального назначения.

Разработка математического обеспечения должна производиться с учетом требований, предъявляемых к системам реального времени.

1.2.4 Требования к информационному обеспечению

Основным результатом автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа должно быть определение следующих составляющих:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- структура процесса сбора и обработки данных в АС;
- вид и принцип работы АРМ диспетчера.

1.2.5 Нормативно-техническая документация

АСУ УКРГ выполнена, основываясь на утвержденные технологические схемы в соответствии с действующими руководящими и нормативными документами:

- СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации» [3];

- СТО Газпром 2-2.1-249-2008 «Магистральные газопроводы» [4];
- СТО Газпром 2-2.3-1122-2017 «Газораспределительные станции.

Правила эксплуатации»;

- СТО Газпром 2-3.5-454-2010 «Правила эксплуатации магистральных газопроводов» [5];

- Федеральный закон от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ [6].

2 Разработка автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа

2.1 Описание технологического процесса

Для разработки автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа на газораспределительной станции за основу была взята функциональная схема узла учёта газа, разработанная в стандарте СТП-01-002-97 компанией ПАО «Лукойл» [7].

В исходной схеме представлены минимальные необходимые средства КИПиА для учёта газа. В работе необходимо осуществлять контроль расхода, что в целом схоже с назначением узла учёта газа, но взятая за основу система выполняет лишь основную свою функцию, а именно, измерение расхода, давления и температуры.

В данной работе расширим функционал системы в связи с необходимостью постоянного контроля количества транспортируемого газа, проходящего через ГРС.

УКРГ предназначены для автоматического учёта расхода и контроля качества газа при коммерческих операциях по их транспортировке между поставщиками и потребителями. УКРГ обладают возможностью сбора, накопления, обработки и передачи данных.

На узел контроля расхода газ поступает после прохождения узла отчистки газа, узла предотвращения гидратообразований и наконец узла редуцирования. На узел поступает уже очищенный, подготовленный газ с давлением, пониженным до заданного значения. После прохождения узла газ проходит одоризацию и отправляется к потребителю.

Узел контроля расхода газа состоит из двух ниток трубопровода (основная и резервная), с одинаковыми диаметрами.

На входе и выходе каждой ветки УКРГ установлены линейные краны, для удобства переключения, при необходимости, с одной ветку на другую.

На каждой ветке измеряются датчики: расход, давление, температура, температура точки росы и влажность газа.

Все показания передаются в автоматическом режиме на шкафы (распределительные щиты) в операторную ГРС, откуда в дальнейшем передаются на монитор оператора.

В операторной ГРС находятся шкаф сигнализации и шкаф КИПиА.

Система измерения количества транспортируемого газа (СИКТГ) обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматическое определение расхода, формирование и хранение отчётов результатов измерений за отдельные периоды;
- визуальное отображение информации о значениях измеряемых параметров и состояния системы на рабочем месте оператора ГРС;
- подача отчётов результатов измерений на блок сигнализации в целях предотвращения аварийной ситуации и сигнализирование при превышении или понижении заданного значения.

Таблица перечня вход/выходных сигналов приведена в приложении А.

Схема информационных потоков представлена в приложении Б.

2.2 Структура и архитектура САУ ГРС

АСУ УКРГ на ГРС выполняется по принципу трех уровней.

Структурная схема системы приведена в приложении В.

Нижний (полевой) уровень включает в себя измерительные устройства, исполнительные устройства, трубопроводную арматуру. Данный уровень включает измерительные преобразователи для сбора информации о ходе технологического процесса [8].

Средний уровень состоит из контроллеров, на данном уровне происходит сбор и первичная обработка информации с устройств нижнего уровня, контроль необходимых параметров, сопряжение с верхним уровнем.

На основе информации, поступившей на средний уровень, формируются команды управления (автоматически или оператором).

В данной системе средний уровень представлен системой управления, представляющей собой шкафы в операторной ГРС.

Под верхним уровнем подразумеваются уровень сетевого оборудования и уровень операторских и диспетчерских станций. На данном уровне происходит контроль хода сбора, обработки и объединение в базу данных информации с нижних уровней. Кроме того, производится индикация необходимых параметров и процессов, регистрация и хранение информации. Здесь осуществляется визуализация и диспетчеризация (мониторинг) хода технологического процесса.

2.3 Разработка функциональной схемы

Одним из важнейших проектных документов является функциональная схема автоматизации (ФСА). Данная схема определяет функциональную структуру и объем автоматизации технологических установок и отдельных агрегатов промышленного объекта.

На функциональной схеме автоматизации технологическое оборудование и коммуникации изображают упрощенно без указания технологических аппаратов и трубопроводов вспомогательного назначения [9].

Разрабатываемая схема АСУ УКРГ представляет следующее:

- датчики, установленные по месту:
- давление газа в узле контроля расхода газа;
- температура газа в узле контроля расхода газа;
- датчики удалённого контроля:
- давление газа в узле контроля расхода газа;
- расход газа в узле контроля расхода газа;
- температура газа в узле контроля расхода газа;
- влажность газа в узле контроля расхода газа;
- температура точки росы газа в узле контроля расхода газа;

- давление газа до узла контроля расхода газа.

Ссылаясь на стандарт компании ПАО «Лукойл» (СТП-01-002-97) объём автоматизации узла учёта газа должен включать в себя технологические параметры согласно таблице 1.

Таблица 1 – Технологические параметры

Наименование параметров и состояний	Функции АСУТП				
	Изменение	Управление	Регулирование	Сигнализация	Противоаварийная защита
Расход газа	Ф	-	-	-	-
Давление газа	Ф	-	-	-	-
Температура газа	Ф	-	-	-	-

Для передачи полного объема информации разработаны два варианта функциональных схем автоматизации:

- по ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [10] в приложении Г;
- по Стандарту американского общества приборостроителей ANSI/ISA S5.1. «Instrumentation Symbols and Identification» [11] в приложении Д.

2.4 Комплекс аппаратно-технических средств

2.4.1 Выбор датчиков давления

Для разработки автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа ГРС были рассмотрены датчики давления: Метран-150, Rosemount 3051S и Элемер-100. Сравнение данных датчиков приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение датчиков давления

Критерий сравнения	Метран-150 [12]	Rosemount 3051S [13]	Элемер-100 [14]
Измеряемая величина	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений	Абсолютное, избыточное, гидростатическое давление
Диапазон измерений	от 0 до 68 МПа	от 0 до 68 МПа	от 0 до 100 МПа
Выходной сигнал	(4-20) мА; (0-5) мА HART;	(4-20) мА; HART;	(4-20) мА; HART; Modbus RTU
Погрешность	до $\pm 0,065$ %	до $\pm 0,075$ %	до $\pm 0,075$ %
Средняя цена	от 50000 руб.	от 40000 руб.	от 70000 руб.

По приведенным выше данным можем сделать вывод о том, что подходят все датчики, но в данной работе выбор был сделан в пользу датчика Rosemount 3051S, изображённого на рисунке 1, так как диапазон цен на данный датчик относительно не велик по сравнению с двумя другими датчиками. По остальным показателям датчики схожи, поэтому в данном случае сделаем акцент на экономическую выгоду.



Рисунок 1 – Датчик давления Rosemount 3051S

Опишем принцип действия выбранного преобразователя давления. В преобразователях 3051S реализуются принципы преобразования давления в электрический сигнал. Со стороны среды на мембрану оказывается давление. Чувствительным элементом является тензорезистор, который меняет сопротивление в зависимости от оказываемого на него давления. Величина сопротивления преобразуется в токовый сигнал.

Преобразователь 3051S поставляется в двух комплектациях: с обычным или компланарным фланцем. Для облегчения установки преобразователя болты, поставляемые компанией Emerson Process Management, изготавливаются из нержавеющей стали и покрываются смазочным материалом, в отличие от болтов, изготовленных из углеродистой стали.

Установка производится с помощью монтажного кронштейна, изображенного на рисунке 2.

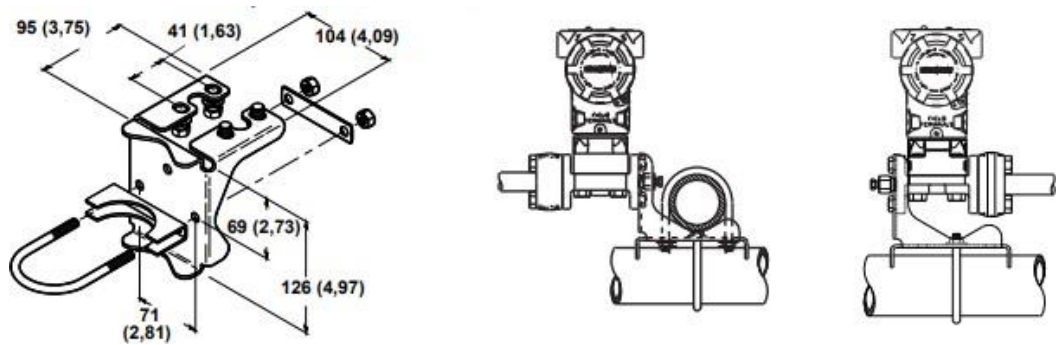


Рисунок 2 – Монтажный кронштейн

Также выберем показывающий манометр класса точности 1,0, модели МП4-У, представленный на рисунках 3 и 4, стоимостью в пределах 1000 рублей [15]. Данный манометр необходим, чтобы показывать показания давления на месте.



Рисунок 3 – Манометр показывающий

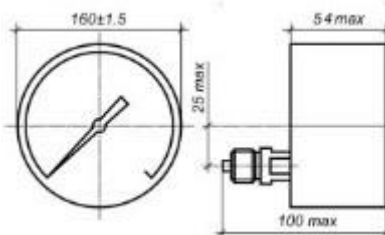


Рисунок 4 – Манометр МП4-У

Установка осуществляется осевым (торцевой) штуцером, представленным на рисунке 4, без фланца — ОШ (штуцер сзади, без борта под монтаж на трубе).

2.4.2 Выбор датчиков температуры

Для измерения температуры необходимо выбрать наиболее оптимальный датчик температуры. Рассмотрим три разных датчика в таблице 3 и выберем наиболее подходящий.

Таблица 3 – Сравнение датчиков температуры

Техническая характеристика	WIKА TR10-C [16]	ТСМУ 9418 [17]	Rosemount 644 [18]
Диапазон измерений	от минус 40 до плюс 70 °С	от минус 50 до плюс 50 °С	от минус 51 до плюс 85 °С
Выходные сигналы	(4-20) мА	(4-20) мА, (0-5) мА	(4-20) мА
Допускаемая погрешность	± 0,2 %	± 0,1 %	± 0,15 %

Предполагается использовать Rosemount 644, произведённый компанией «Emerson», поскольку он имеет хороший диапазон измерения и среднее значение погрешности, представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Датчик температуры Rosemount 644

Принцип действия термопреобразователей основан на изменении электрического сопротивления из-за изменения температуры металла (платина или медь).

Датчик температуры состоит из первичного преобразователя сопротивления (медного или платинового), а также вторичного

преобразователя – электронной схемы. Электронная схема преобразует сигнал датчика в унифицированный токовый выходной сигнал, который пропорционален измерению температуры. Первичный преобразователь представляет из себя намотку из медной проволоки или спираль из платины, которая помещена в защитную арматуру.

Монтаж Rosemount 644 преимущественно осуществляется в соединительной головке, которую монтируют с первичным преобразователем, либо отдельно (на монтажном кронштейне). Данный датчик может иметь следующие виды взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная цепь

Монтаж самого датчика осуществляется с помощью взрывобезопасной гильзы и бобышки.

В качестве показывающего термометра предполагается использовать биметаллический термометр WIKA R5503, представленный на рисунке 6.



Рисунок 6 – Биметаллический термометр WIKA R5503

Термометры монтируются аналогично с помощью взрывобезопасной гильзы и бобышки.

2.4.3 Выбор датчика расхода

Прежде чем перейти к выбору датчика расхода рассмотрим различные типы расходомеров и выберем наиболее оптимальный. Опишем основные достоинства и недостатки в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика расходомеров

Тип расходомера [19]	Достоинства	Недостатки
Вихревые [20]	отсутствие необходимости перекалибровки в течении всего срока службы; высокая точность измерений; низкая стоимость.	существенная потеря давления; непригодны для работы с загрязнёнными средами.
Ротаметры [21]	широкий диапазон измерений; малая потеря давления; возможно измерение агрессивных веществ.	только вертикальное расположение; измеряет расход лишь прозрачных веществ; использование в автоматизированной системе практически невозможно.
Калометрические [22]	высокая точность измерений; прочность конструкции; минимальная инертность.	Сложность измерительной системы; нестабильные характеристики.
Ультразвуковые [23]	высокая точность измерений; минимальные потери давления; широкий диапазон измеряемых величин; защищённость измерительной системы.	высокая цена; сложность регулировки.

По приведенным выше данным можем сделать вывод о том, что ультразвуковые расходомеры наиболее оптимальные, поскольку обладает высокой точностью и имеет минимальные потери давления.

Теперь рассмотрим несколько видов расходомеров данного типа и выберем наиболее подходящий. Результат представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение расходомеров

Критерии сравнения	FLAWSIC600 [24]	Turbo Flow TFG-S [25]	Q.Sonic plus [26]
Количество пар ультразвуковых лучей	4	4	6
Максимальный объёмный расход	25000 м ³ /ч	25000 м ³ /ч	20000 м ³ /ч
Интеллектуальная система самодиагностики	+	+	+
Погрешность	0,6 %	1 %	0,8 %

Из датчиков расхода был выбран Flowsic600 производства немецкой компании «SICK MAHAK GmbH», предназначенный для измерения объёмного расхода газа в трубопроводах, поскольку он имеет оптимальную погрешность и хороший максимальный объёмный расход. Также данный датчик может быть использован для измерения объёмного расхода при стандартных условиях и скорости звука в газах.

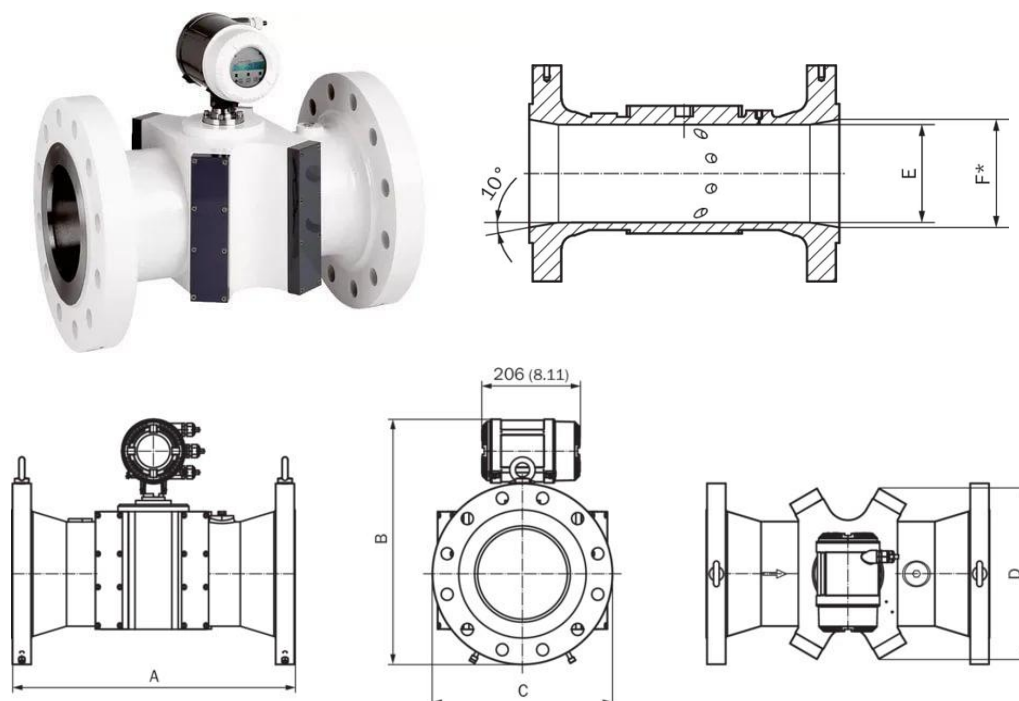


Рисунок 7 – Датчик расхода FLOWSIC600 Quattro

В основу принципа работы датчика FLOWSIC600 Quattro заложено сравнение времени прохождения ультразвукового импульса через среду в направлении, совпадающем с направлением движения среды, и в обратном. Под углом к потоку газа устанавливаются два ультразвуковых преобразователя, которые попеременно работают как передатчик и приемник.

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.

Для установки FLOWSIC 600 используется первая конфигурация, предложенная изготовителем, поскольку использование будет осуществляться в одном направлении. Соединение осуществляется фланцами. На рисунке 8 представлена сборочная конструкция.

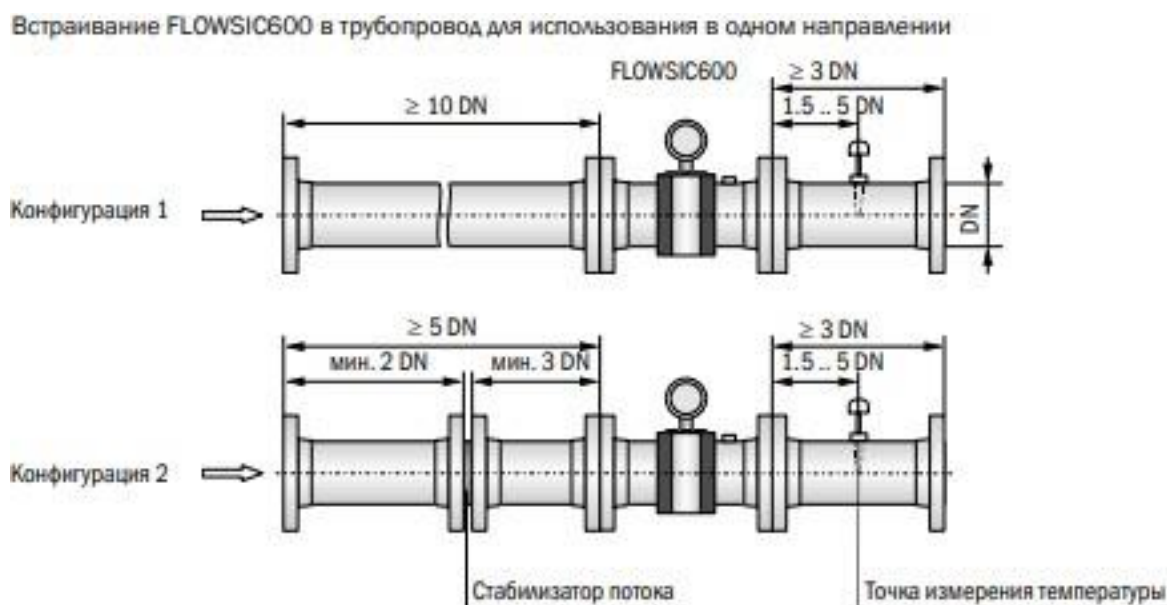


Рисунок 8 – Сборочная конфигурация

2.4.4 Выбор анализатора температуры точки росы

При разработке АСУ УКРГ необходимо также учесть температуру точки росы, поэтому сравним три устройства и выберем наиболее оптимальный для системы, результаты приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение анализаторов температуры точки росы

Характеристика	АМЕТЕК 241СЕ II [27]	HYGROVISIONBL [28]	Condumax II [29]
Рабочее давление	от 0,1 до 14 МПа	от 0,1 до 30 МПа	от 0,1 до 20 МПа
Диапазон Измерения температуры точки росы	от минус 60 до плюс 60 °С	От минус 30 до Токр °С	От минус 34 до Токр °С
Пределы погрешности	±0,5 °С	±1 °С	±0,5 °С

После анализа вышеуказанной таблицы, в качестве анализатора температуры точки росы по углеводородам выбран анализатор АМЕТЕК, модель 241СЕ II, представленный на рисунке 9, поскольку данный анализатор имеет небольшую погрешность и оптимальный диапазон измерения.



Рисунок 9 – Анализатор АМЕТЕК 241СЕ II

Основное предназначение анализатора АМЕТЕК 241СЕ II заключается в определении температуры точки росы по углеводородам в природном газе в процессе его переработки, транспортировке и потреблении. Анализатор АМЕТЕК 241СЕ II допущен для автономной работы во взрывоопасных зонах в соответствии с маркировкой 1ExdПВТ4 Х.

Особенностью данного анализатора является высокая чувствительность и точность, нечувствительность к помехам.

В основе работы анализатора заложен первичный принцип конденсации углеводородов на охлаждаемом зеркале. Для циклического охлаждения и нагрева зеркала применяется трехступенчатый термоэлектрический охладитель/нагреватель (элемент Пельтье). Поверхность зеркала освещается источником постоянной интенсивности. Детектирование момента конденсации осуществляется оптической системой, которая регистрирует изменение интенсивности отраженного света от поверхности охлаждаемого зеркала. Температура зеркала определяется с помощью платинового термометра сопротивления.

Установка данного анализатора производится креплением к стене.

2.4.5 Выбор анализатора влажности газа

Анализатор влажности газа выбирался из представленных моделей фирмы АМЕТЕК, а именно, модель 3050-OLV, модель 5000 и модель 5800. Сравнение моделей представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнение анализаторов влажности газов

Техническая характеристика	АМЕТЕК 3050-OLV [30]	АМЕТЕК 5000 [31]	АМЕТЕК 5800 [32]
Диапазон измерения	от 0,1 до 2500 мг/м ³	от 0 до 1000 мг/м ³	от 0 до 1000 мг/м ³
Погрешность	± 10 % от показания	± 5 % от показания	± 5 % от показания
Аналоговый выход	(4-20) мА	(4-20) мА	(4-20) мА

По результату, в виду широкого диапазон измерения, был выбран анализатор влажности газов АМЕТЕК 3050-OLV, представленный на рисунке 10.



Рисунок 10 – Анализатор влажности АМЕТЕК модель 3050-OLV

Поточный анализатор влажности АМЕТЕК модель 3050-OLV предназначен для определения влажности в водородосодержащих и углеводородных газах [33].

Принцип действия основан на сравнении частот кварцевого генератора, полученных при поочерёдном прохождении влажного газа и сравнительного, в качестве которого используется осушенный анализируемый газ.

Монтаж анализатора влажности осуществляется во взрывозащищённом корпусе для настенного монтажа.

2.4.6 Выбор контроллера для измерения расхода

При выборе контроллера для измерения расхода было подобрано два устройства: FloBoss107 [34] и SEC-4401[35]. По результату сравнения был выбран FloBoss 107, поскольку у него большая точность измерения и имеется аналоговый выход (4-20) мА. Контроллер FloBoss 107, представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Вычислитель расхода FloBoss 107

Вычислитель FloBoss 107 построен на основе модульной платформы, обладающей повышенной гибкостью, высокими рабочими характеристиками и простотой в эксплуатации. Вычислитель разработан с возможностью его эксплуатации для разного количества трубопроводов (один или несколько), а также с различным количеством точек ввода-вывода.

Особенности и преимущества вычислителя FloBoss 107:

- локальный и дистанционный обмен данными;
- высокий уровень защиты данных;
- настройка скорости работы для оптимизации энергопотребления;
- сохранение данных в стандартном и дополнительном архиве;
- батарея для резервного электропитания.

Установка FloBoss 107 осуществляется в шкаф КИПиА в операторной ГРС.

2.4.7 Выбор блока управления шаровым краном

Для управления шаровыми кранами были выбраны следующие блоки управления: ЭПУ-4[36] и БУК-2[37].

В результате сравнения был выбран ЭПУУ-4, в виду высокого давления рабочей среды, а также больших диапазонов температур, при которых возможна эксплуатация блока управления краном.

Блок управления ЭПУУ-4, представленный на рисунке 12. Данный блок имеет взрывонепроницаемую оболочку, условный проход кранов до 1400

мм, условия внешней среды от минус 60 до плюс 55 °С. Средняя стоимость данного блока около 45000 рублей. Однако, стоит учитывать, что при заказе данного блока, потребуется дополнительно заказывать сигнализаторы крайних положений, поскольку они не встроены и только по спец. заказу.



Рисунок 12 – Блок управления шаровыми кранами ЭПУУ-4

2.5 Разработка схемы соединения внешних проводов

Схема внешней проводки приведена в приложении Е. На измерительных линиях 1 и 2 расположены: датчики давления Rosemount 3051S, расходомеры FLOWSIC 600 Quattro, датчики температуры Rosemount 644, анализаторы температуры точки росы АМЕТЕК 241СЕ II. С расходомера, датчика температуры и датчика давления выходит унифицированный токовый сигнал (4-20) мА.

Далее на щит КИПиА сигнал передается от датчиков по кабелям. При разработке системы был выбран контрольный кабель КВВГЭ нг, представленный на рисунке 13.



Рисунок 13 – Кабель КВВГЭ нг

Расшифровка обозначения:

- К – кабель контрольный;
- В – внутренняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката;
- В – внешняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката;
- Г – гибкий класс жилы;
- Э – экранированный;
- нг – не поддерживающий горения.

Соединительный кабель КВВГЭ нг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию из ПВХ, а также в оболочку из пластика пониженной горючести. Предназначен для соединения с различными электроприборами и аппаратурой с напряжением до 660 В частотой до 100 Гц.

Общие характеристики [38]:

- минимально допустимый радиус изгиба – 6 диаметров кабеля;
- количество жил – 4;
- размер сечения – 1 мм²;
- температура окружающей среды при эксплуатации кабеля – от минус 50°С до плюс 50°С;
- строительная длина – 200-450 метров;
- срок службы – 15 лет;
- номинальная частота – 100 Гц;
- номинальное переменное напряжение – 0,66 кВ.

2.6 Разработка алгоритмов управления

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений, представленный в приложении Ж;
- алгоритм автоматического регулирования расхода газа.

Все элементы контроля и управления должны иметь свой идентификатор (ТЕГ). Структура данного шифра имеет следующую форму:

AAAA_BB_CC,

где:

AAA – параметр:

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

BBB – код технологического аппарата:

- IL1 – измерительная линия 1;
- IL2 – измерительная линия 2;
- SHK – шаровой кран. CCC – примечание:
- UPR – управление;
- IZM – измерение.

В таблице 8 представлены примеры кодировок сигналов для узла контроля расхода газа.

Таблица 8 – Кодировка сигналов SCADA

Кодировка	Расшифровка кодировки
TEM_IL1_IZM	Температура газа в узле контроля расхода газа ИЛ1
DAV_IL1_IZM	Давление газа в узле контроля расхода газа ИЛ1
RAS_IL1_IZM	Расход газа в узле контроля расхода газа ИЛ1
TEM_IL2_IZM	Температура газа в узле контроля расхода газа ИЛ2
DAV_IL2_IZM	Давление газа в узле контроля расхода газа ИЛ2
RAS_IL2_IZM	Расход газа в узле контроля расхода газа ИЛ2
TTP_IL1_IZM	Температура точки росы в узле контроля расхода газа ИЛ1

Продолжение таблицы 8

Кодировка	Расшифровка кодировки
TTP_IL2_IZM	Температура точки росы в узле контроля расхода газа ИЛ2
VLJ_IL1_IZM	Влажность газа в узле контроля расхода газа ИЛ1
VLJ_IL2_IZM	Влажность газа в узле контроля расхода газа ИЛ2
DAV_SHK_IZM	Давление газа после шарового крана
UPR_SHK_UPR	Управление шаровым краном
TEM_SHK_IZM	Температура окружающей среды после шарового крана

2.6.1 Алгоритм автоматического регулирования технологического параметра

В качестве алгоритма регулирования выберем алгоритм ПИД регулирования, который обеспечивает хорошее качество регулирования и низкую чувствительность к внешним воздействиям.

Операторно-структурная схема автоматического регулирования расхода приведена на рисунке 15. Данная схема состоит из следующих основных элементов: ПЛК с ПИД-регулятором, регулирующий орган, объект управления.

Функциональная схема системы регулирования расхода в трубопроводе приведена на рисунке 14.



Рисунок 14 – Функциональная схема системы регулирования расхода в трубопроводе

В схеме, приведенной выше объектом управления, является участок трубопровода, расположенный непосредственно после шарового крана.

Оператор задает значение расхода, которое требуется поддерживать в трубопроводе. Введенное значение конвертируется в токовый сигнал (4-20) мА, после чего поступает на ПЛК. Помимо этого, в ПЛК поступает действительное значение расхода, снятое с датчика расхода, после чего происходит сравнение полученных значений и формируется выходной токовый сигнал. Полученный сигнал передается на преобразователь, на выходе которого имеет напряжение питания электропривода крана. Шаровой кран с электроприводом преобразует электрическую энергию в вращательное движение шара крана, в результате чего происходит изменение расхода в трубопроводе.

Линеаризованная модель системы управления описывается следующим набором передаточных функций:

Передаточная функция частотного преобразователя

Дифференциальное уравнение для частотного преобразователя (ЧП) выглядит следующим образом:

$$T_{чп} \frac{df}{dt} + f = k_{чп} \cdot I_3, \quad (1)$$

где $T_{чп}$ – постоянная времени ЧП, f – частота ЧП, $k_{чп}$ – коэффициент передачи ЧП, I_3 – ток ЧП.

Частотный преобразователь представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию сети в электрическую энергию для управления шаровым краном.

Далее, для составления передаточной функции частотного преобразователя, необходимо рассчитать коэффициент передачи и постоянную времени.

Постоянная времени для данного типа преобразователей частоты принимается равной $T_{чп} = 0,005с$.

Коэффициент передачи частотного преобразователя может быть определён в статическом режиме как отношение частоты на выходе

преобразователя, обеспечивающей номинальный режим работы двигателя, к задающему току с ПЛК на входе преобразователя. Так как управление происходит током (4-20) мА, а частота изменяется в диапазоне 0-50 Гц, номинальной частоте $f_n = 50$ Гц будет соответствовать ток $I_{3н} = 20$ мА.

$$k_{чп} = \frac{f_n}{I_{3н}} = \frac{50}{20} = 2,5, \quad (2)$$

где $k_{чп}$ – коэффициент передачи ЧП, f_n – номинальная частота, $I_{3н}$ – задающий ток.

Таким образом, можно записать передаточную функцию частотного преобразователя:

$$W_{чп}(s) = \frac{k_{чп}}{T_{чп} \cdot s + 1} = \frac{2,5}{0,005 \cdot s + 1}, \quad (3)$$

где $W_{чп}(s)$ – передаточная функция ЧП, $k_{чп}$ – коэффициент передачи ЧП, $T_{чп}$ – постоянная времени ЧП.

Передаточная функция асинхронного двигателя

Дифференциальное уравнение для асинхронного двигателя (АД) выглядит следующим образом:

$$T_{дв} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{дв} \cdot f, \quad (4)$$

где $T_{дв}$ – постоянная времени АД, f – частота ЧП, $k_{дв}$ – коэффициент передачи АД, ω – угловая скорость вращения АД.

Асинхронный двигатель представляет собой апериодическое звено, которое преобразует электрическую энергию в скорость вращения вала.

Исходя из технических характеристик двигателя, рассчитаем постоянную времени $T_{дв}$ и коэффициент передачи $k_{дв}$.

Постоянную времени примем равной $T_{дв} = 0,83$ с. Коэффициент передачи двигателя может быть определён как отношение номинальной угловой скорости вращения двигателя $\omega_{двн}$ к номинальной частоте питающей

сети f_n . Будем считать, что номинальная скорость равна 400 об/сек, а номинальная частота электропитания 50 Гц.

$$k_{\partial\epsilon} = \frac{\omega_{\partial\epsilon n}}{f_n} = \frac{400}{50} = 8, \quad (5)$$

где $k_{\partial\epsilon}$ – коэффициент передачи АД, f_n – номинальная частота, ω – номинальная угловая скорость вращения.

Таким образом, можно записать передаточную функцию двигателя:

$$W_{\partial\epsilon}(s) = \frac{k_{\partial\epsilon}}{T_{\partial\epsilon} \cdot s + 1} = \frac{8}{0,83 \cdot s + 1}, \quad (6)$$

где $W_{\partial\epsilon}(s)$ – передаточная функция АД, $k_{\partial\epsilon}$ – коэффициент передачи АД, $T_{\partial\epsilon}$ – постоянная времени АД.

Передаточная функция шарового крана

Дифференциальное уравнение для крана выглядит следующим образом:

$$\frac{dQ_{\text{вх}}}{dt} = \omega, \quad (7)$$

где $Q_{\text{вх}}$ – расход на входе, ω – угловая скорость вращения АД.

Клапан представляет собой интегрирующее звено, которое преобразует степень открытия λ клапана в расход на выходе.

Таким образом, можно записать передаточную функцию крана:

$$W_k(s) = \frac{1}{s}, \quad (8)$$

где $W_k(s)$ – передаточная функция крана.

Передаточная функция трубопровода

Объектом управления является участок трубопровода после крана. Передаточная функция объекта управления может быть описана апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием:

$$W_{mp}(s) = \frac{Q_{\text{вх}}}{T \cdot s + 1} \cdot e^{-\tau_0 \cdot s}, \quad (9)$$

где $W_{mp}(s)$ – передаточная функция трубопровода, $Q_{вх}$ – расход на входе, T – постоянная времени трубопровода, τ_0 – время запаздывания.

$$\tau_0 = \frac{L \cdot f}{P}, \quad (10)$$

где τ_0 – время запаздывания, L – длина участка трубопровода, f – площадь сечения трубопровода, P – давление после крана.

$$T = \frac{2 \cdot L \cdot f \cdot c^2}{P}, \quad (11)$$

где T – постоянная времени трубопровода, L – длина участка трубопровода, f – площадь сечения трубопровода, P – давление после крана.

$$c = \frac{P}{f} \cdot \sqrt{\frac{p}{2 \cdot \Delta p \cdot g}}, \quad (12)$$

где Δp – перепад давления в трубопроводе, p – плотность газа, g – ускорение свободного падения, P – давление после крана, f – площадь сечения трубопровода.

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (13)$$

где d – диаметр трубы.

Исходные данные для участка трубопровода представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Исходные данные

Величина	Значение
P – давление после крана	1,4 МПа
L – длина участка трубопровода	8 м
Δp – перепад давления в трубопроводе	0,05 МПа
p – плотность газа	0,7 кг/м ³
d – диаметр трубы	0,5 м

$$f = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,196; \quad (14)$$

$$c = \frac{1,4}{0,196} \cdot \sqrt{\frac{0,7}{2 \cdot 0,05 \cdot 9,8}} = 6,029; \quad (15)$$

$$T = \frac{2 \cdot 8 \cdot 0,196 \cdot 6,029^2}{1,4} = 81,529; \quad (16)$$

$$\tau_0 = \frac{8 \cdot 0,196}{1,4} = 1,121; \quad (17)$$

$$W_{mp}(s) = \frac{1}{81,529 \cdot s + 1} \cdot e^{-1,121 \cdot s}. \quad (18)$$

Датчик расхода, согласно литературным источникам, можно считать безынерционным звеном [39].

Редуктор можно считать безынерционным звеном. Коэффициент передачи для редуктора выберем равный 0,02.

Далее смоделируем полученную систему в Simulink. Результат представлен на рисунке 15.

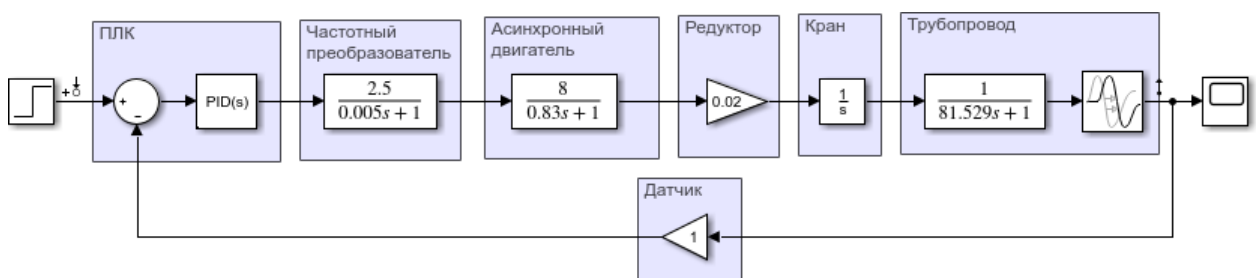


Рисунок 15 – Модель в Simulink

Настроим разные регуляторы, чтобы выбрать наиболее оптимальный для данной системы.

Поскольку система является сложной и присутствует запаздывание, то при настройке регуляторов воспользуемся функцией автонастройки Simulink. Результат настройки приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты настройки

Регулятор	Параметры регулятора	Показатели качества
P	$P = 0,025$	$\sigma = 12,6 \%$ $t_{\Pi} = 480$ сек
PI	$P = 0,030$ $I = 0,000005$	$\sigma = 18,2 \%$ $t_{\Pi} = 454$ сек
PD	$P = 0,4075$ $D = 51,382$ $N = 28,21$	$\sigma = 0 \%$ $t_{\Pi} = 10,6$ сек
PID	$P = 0,629$ $I = 0,001$ $D = 51,356$ $N = 28,21$	$\sigma = 0 \%$ $t_{\Pi} = 9,75$ сек

По результату можно сделать вывод, что наиболее оптимально сработал PID-регулятор. На рисунке

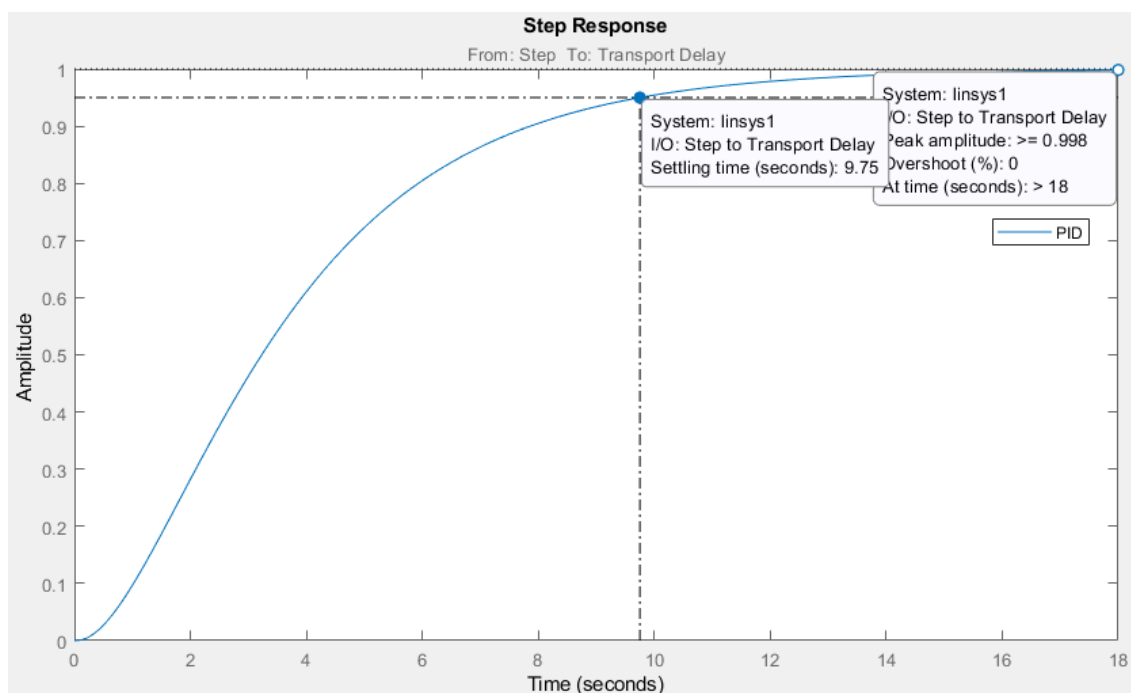


Рисунок 16 – График переходной характеристики PID-регулятора

По результату можно сделать вывод, что наиболее оптимально сработал PID-регулятор. После выбора регулятора и определения прямых показателей качества рассмотрим косвенные показатели качества системы. Для замкнутой передаточной функции относительно вход-выходного сигнала определим при помощи пакета Control System Toolbox полюса и нули передаточной функции системы, представленные на рисунке 17.

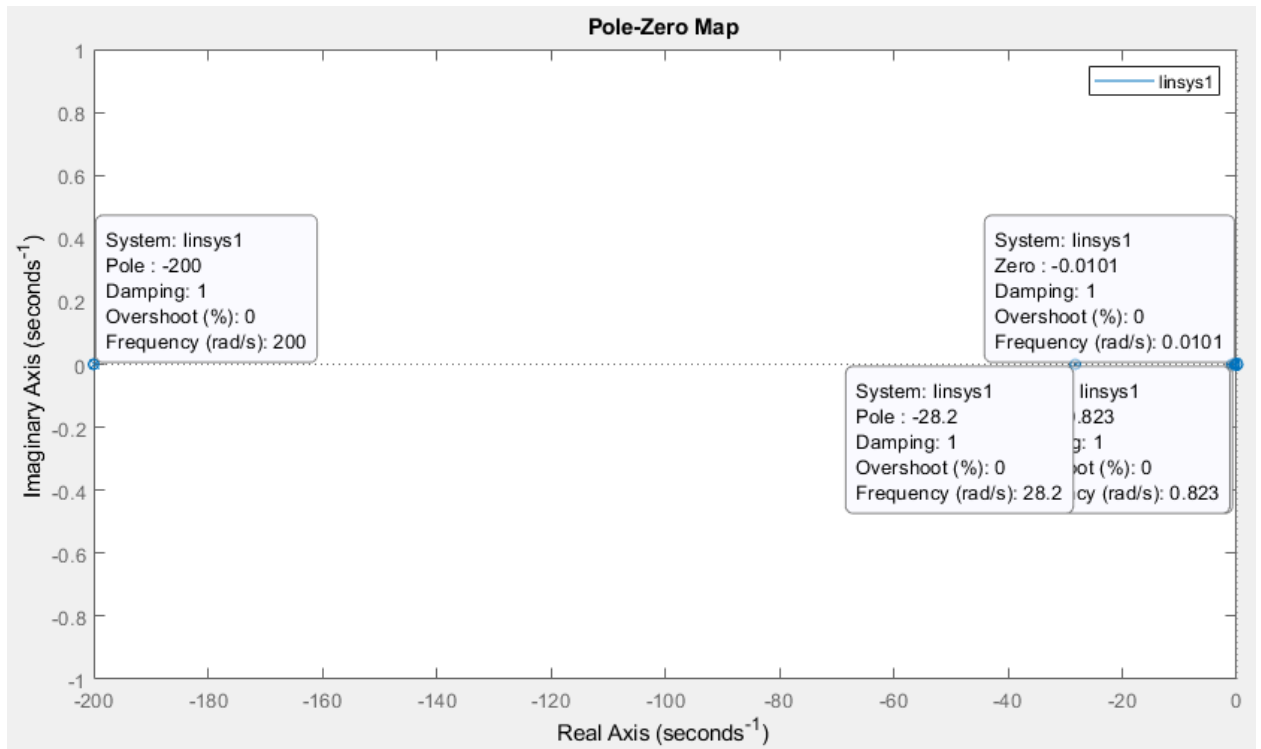


Рисунок 17 – Нули и полюса замкнутой передаточной функции системы

Рассчитаем степень устойчивости и степень колебательности:

$$\mu = \max_i \left| \frac{\text{Im } s_i}{\text{Re } s_i} \right| = 0; \quad (19)$$

$$\eta = \min_i |\text{Re } s_i| = 0,0101. \quad (20)$$

На рисунке 18 для разомкнутой передаточной функции построены ЛАЧХ и ЛФЧХ.

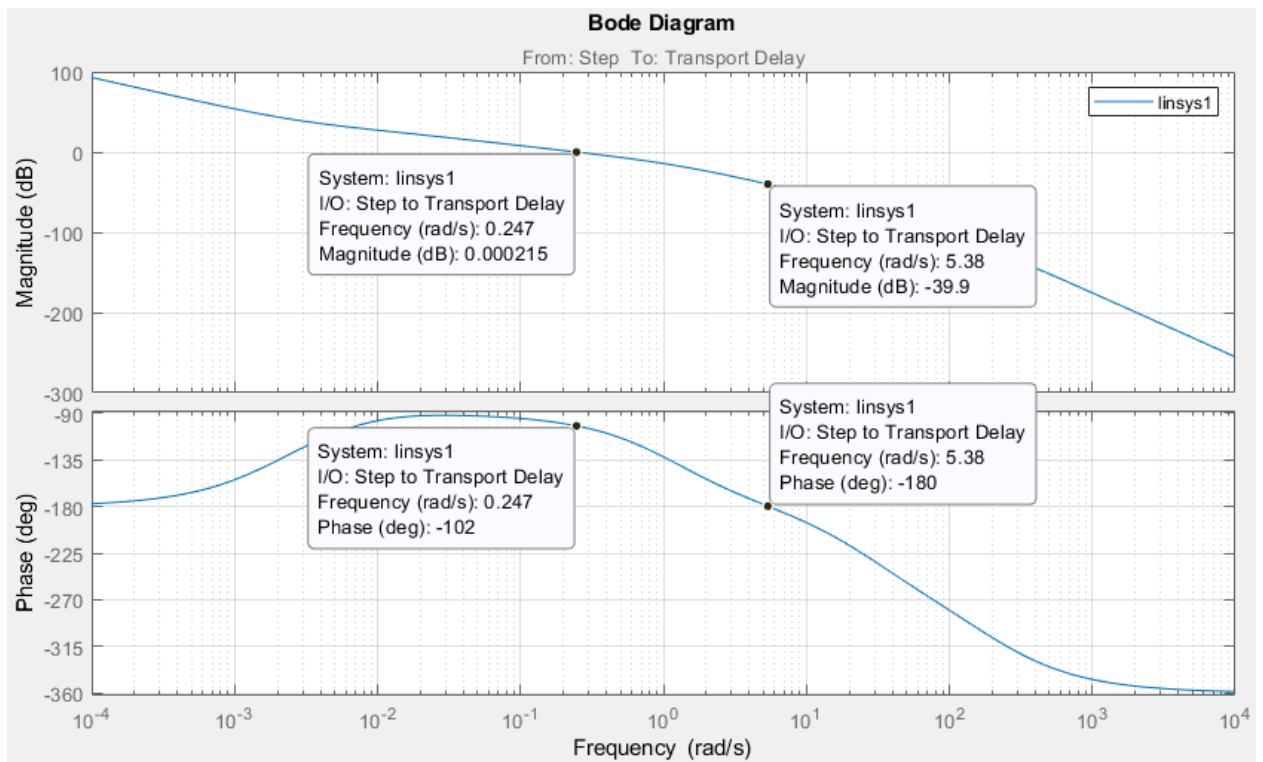


Рисунок 18 – ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой передаточной функции системы

По графикам частотных характеристик определим запас устойчивости по амплитуде и по фазе:

$$\Delta L = 39,9 \text{ дБ}; \quad (21)$$

$$\Delta \varphi = 78 \text{ градусов}. \quad (22)$$

Также следует проверить работу системы при наличии внешнего возмущающего воздействия. Операторно-структурная схема представлена на рисунке 19, а показания осциллографа на рисунке 20.

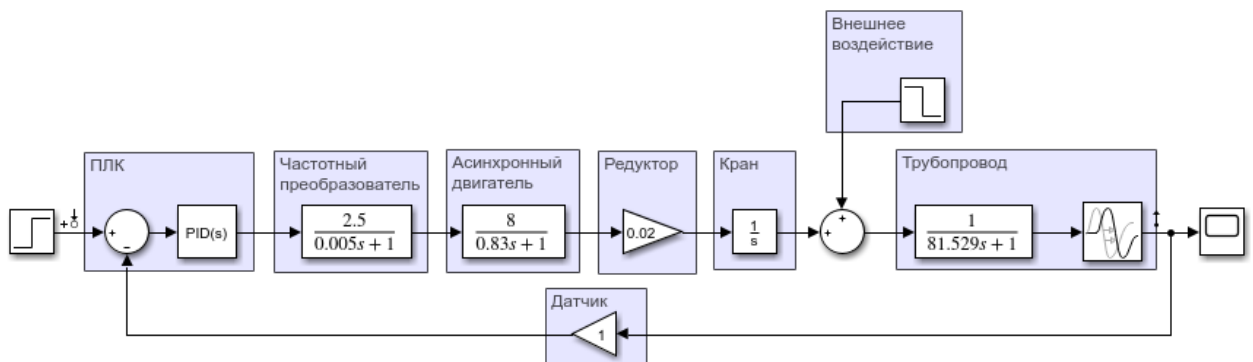


Рисунок 19 – Модель с внешним воздействием в Simulink

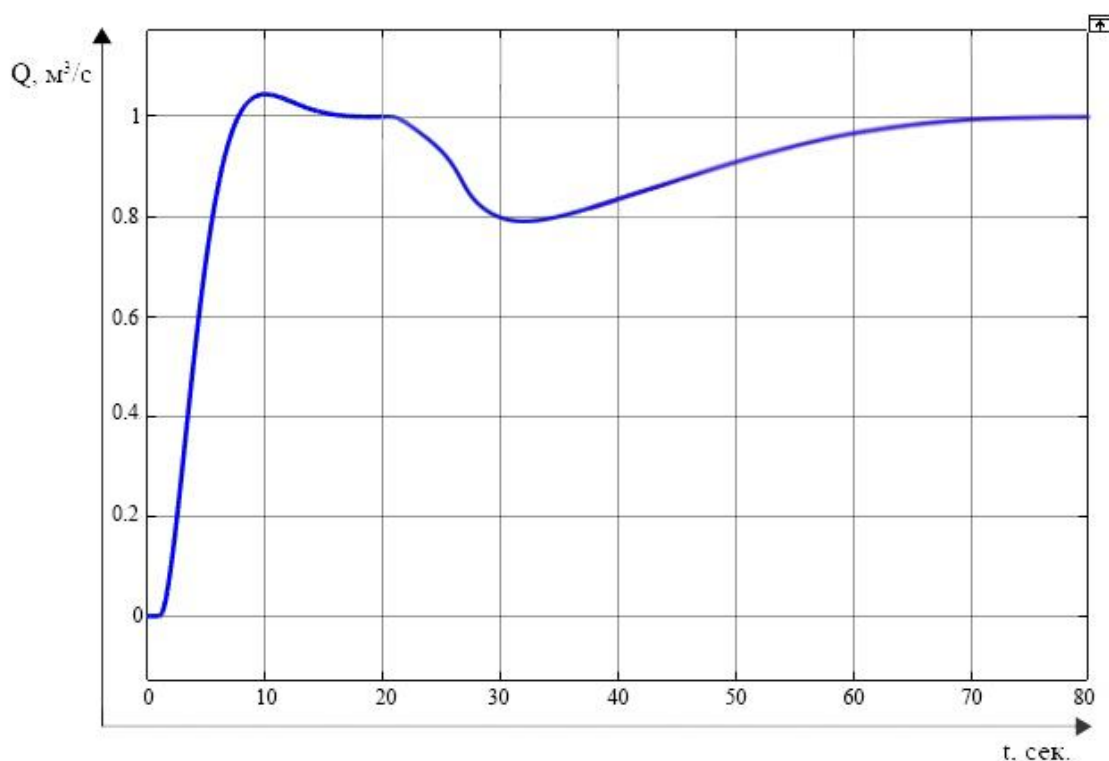


Рисунок 20 – Показания осциллографа

По результату можно заметить, что система справляется с внешним воздействием. После отклонения от внешнего воздействия система вновь возвращается в единицу. Система удовлетворяет прямым и косвенным показателям качества.

2.7 Экранные формы

2.7.1 Разработка дерева экранных форм





Дерево экранных форм приведено в приложении К. После авторизации оператор переходит на главную экранную форму, затем переходит на форму управлением узлом учёта. С экранной формы узла учёта можно перейти на вкладки: тренды, журнал событий, а также статистику.

2.7.2 Разработка экранных форм

Разработанная экранная форма приведена в приложении Л.

Экранная форма оборудована пятью светодиодами, представленными в таблице 11.

Таблица 11 – Назначение системных светодиодов

Светодиод		Состояние	Значение
Символ	Цвет		
	зеленый	откл.	Панель работает нормально, батарея в порядке
		мигание	Напряжение батареи низкое
		вкл.	Неисправность панели
	красный	откл.	Панель работает нормально
		мигание	Низкое напряжения батареи
		вкл.	Неисправность панели
	зеленый	откл.	Нет нажатых клавиш
		вкл.	Хотя бы одна клавиша нажата
	зеленый	откл.	Неисправность панели
		вкл.	Панель работает
	зеленый	мигание	Ошибка связи
		вкл.	Связь стабильная
	красный	выкл.	Нет сообщений в окне аварии
		мигание	Требуется подтверждение для сообщений в окне аварии
		вкл.	Сообщения в окне аварий подтверждены, но не сняты

На экран SCADA выводятся: давление, температура и текущий расход газа. Помимо этого, присутствует возможность получения данных о текущей влажности газа и температуры точки росы. Оператор имеет доступ ко вкладке «статистика», которая отражает архив значений параметров в широком временном диапазоне. Помимо этого, на экранной форме присутствует вкладка «тренды», позволяющая строить графики зависимостей расхода и давления газа от времени. Все аварии и внештатные ситуации, а также действия операторов отражаются во вкладке «журнал событий»

С рабочего места оператора присутствует возможность управления шаровым краном.

Обозначение на мнемосхеме состояний крана: Зеленый – кран открыт;

Синий – кран закрыт;

Желтый – кран в промежуточном положении; Красный – кран находится в аварии.

3 Социальная ответственность

В разделе рассматриваются вопросы выявления и оценки вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте оператора узла контроля расхода газа, уменьшение негативных аспектов проектируемой деятельности в соответствии с требованиями промышленной безопасности, санитарных норм, охраны труда и пожарной безопасности (ОТиПБ).

В разрабатываемой системе автоматизации управления узлом контроля расхода газа предлагается применение и внедрение более точных приборов учёта расхода газа, а также приборов, определяющих качество поставляемого газа. Коммерческий учёт газа на газораспределительной станции является одним из основных технологических этапов при подготовке товарного газа и последующей подачи потребителю, в связи с тем, что здесь происходит оценка рентабельности всей добычи.

3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Главными законодательными документами, лежащими в основе санитарных норм и правил, ОТиПБ, являются:

- конституция РФ (ст. 7 п. 2 и 3, ст. 39-42, ст. 52, ст. 58);
- основное законодательство РФ по охране труда (ст. 3-5, ст.9, ст. 20);
- ФЗ РФ от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ст. 11);
- ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ СТО Газпром 2-3.5-454-2010;
- ГОСТ Р 57413-2017;
- ВРД 39-1.10-069-2002;
- ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ;
- ГОСТ Р 50923-96.

Общие эргономические требования. При конструировании рабочих мест необходимо соблюдать следующие основные условия:

- достаточное рабочее пространство для оператора, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования;
- оптимальное размещение оборудования (главным образом средств отображения информации и органов управления), благодаря чему обеспечивается удобное положение оператора при работе;
- четкое обозначение органов управления, индикаторов и других элементов оборудования, которые нужно находить, опознавать и которыми приходится манипулировать;
- необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения оперативных задач, технического обслуживания;
- допустимый уровень акустического шума и вибрации, создаваемых оборудованием рабочего места или другими источниками шума и вибрации;
- достаточную простоту и быстроту сборки и разборки оборудования;
- наличие необходимых инструкций и предупредительных знаков, предупреждающих об опасностях, которые могут возникнуть при работе, и указывающих на необходимые меры предосторожности [40].

3.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для узла контроля расхода газа на ГРС представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Внедрение	Эксплуатация	
Физические факторы				
Движущиеся машины и механизмы в зоне работ.	+	+	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ [41]
Отклонение показателей микроклимата.	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96 [42]
Высокий уровень вибрации (локальная, общая).		+	+	СН 2.2.4/2.1.8.566–96 [43]
Наличие производственного шума.		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [44]
Недостаточный уровень освещения (естественное, искусственное);	+	+	+	СП 52.13330.2016 [45]
Повышенный уровень электромагнитного излучения.		+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16 [46]
Химические факторы				
Токсические (одорант, природный газ, метанол).		+	+	ГОСТ Р 57413-2017 [47]

3.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Движущиеся машины и механизмы в зоне работ

Данный фактор исходит от оборудования и техники на территории ГРС и способен повлечь за собой травматизм работника или привести к летальному исходу.

Согласно ГОСТу 12.2.003-91, конструкция рабочего места оператора ГРС, его размеры и взаимное расположение элементов (органов управления,

средств отображения информации, вспомогательного оборудования и др.) должны обеспечивать безопасность при использовании производственного оборудования по назначению, техническом обслуживании, ремонте и уборке, а также соответствовать эргономическим требованиям.

Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных рабочих позах и не затруднять движений работающего.

В качестве защиты необходимо провести разметку территории и оборудования, установка предупреждающих знаков и табличек, а также обеспечить каждого работника минимальным набором средств индивидуальной защиты (СИЗ), а состав которых входит униформа, каска, перчатки, наушники и т.д.

Отклонение показателей микроклимата

При разных сезонах и погодных условиях возможно изменение микроклимата. Данный фактор может привести к ухудшению здоровья сотрудников, обслуживающих газораспределительную станцию.

При проработке данного фактора стоит опираться на СанПиН 2.2.4.548–96. Для выявления необходимых условий необходимо знать категорию работ в помещении по уровню энергозатрат.

В качестве безопасности ГРС имеет котельную и помещения (узлы технологического процесса, операторная, мастерская) оснащены системой вентиляции, а СИЗ имеет летний и зимний вариант исполнения.

Повышенный уровень вибрации

При внедрении автоматизированной системы узла контроля расхода газа вибрация может появиться вследствие наличия в системе задвижек и электропривода. Однако стоит заметить, что подобранное оборудование имеет низкую вибрационную активность, поэтому дополнительных мер по предотвращению вредных воздействий от вибрации в узле контроля расхода газа не требуется.

Высокий уровень шума

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с ГОСТом 12.1.003-2014.

При разработке автоматизированной системы узла контроля расхода газа использовались объекты, которые при эксплуатации способны создавать шум, такие как автоматические задвижки, электропривод, сигнализаторы загазованности. Но основным источником шума является газ проходящий под высоким давлением.

В связи с тем, что уровень шума, испускаемый оборудованием, расположенным в узле контроля газа, близок к предельно допустимому, необходимо устраивать кратковременные перерывы в течение рабочего дня вне помещения учета газа, а также обеспечить всех людей, находящихся на территории ГРС, наушниками с шумоподавлением.

Повышенный уровень электромагнитного излучения

Любое устройство, производящее или потребляющее электроэнергию, излучает электромагнитные волны. Воздействие электромагнитного излучения на организм человека зависит от ряда факторов, таких как, например, частота колебаний, напряжение электрического и магнитного полей, потока энергии и т.д. Нарушения в организме человека, подвергшегося воздействию электромагнитного поля малых напряжений, носят обратимый характер.

При внедрении автоматизированной системы узла контроля расхода газа появятся новые источники дополнительных электромагнитных полей. Исходя из СанПиНа 2.2.4.3359-16, допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работников без средств защиты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, ч	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
≤ 1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

В виду того, что в процессе разработки АС узла контроля расхода газа подбирались с намерением минимизировать влияние электромагнитного поля, уровень общего воздействия магнитного поля составляет приблизительно 90 А/м. Следовательно, обслуживающий персонал ГРС может находиться в помещении не более 8 часов за смену.

Помимо этого, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлические шкафы. Таким образом, влияние магнитного поля незначительно и не требует дополнительных средств защиты.

Токсические факторы

На территории ГРС находятся множество опасных химических веществ, которые опасны для человека в дозах превышающих ПДК.

Природный газ – сложная газообразная смесь, состоящая преимущественно из метана и содержащая этан и более тяжёлые углеводороды.

Природный газ относится к группе веществ, способных образовывать с воздухом взрывопожарные смеси. Согласно ГОСТу Р 57413-2017 метан при концентрации от 4,4 до 17% (по объёму) взрывоопасен, а свыше 17% пожароопасен, температура самовоспламенения 537 °С.

По токсикологической характеристике относится к веществам четвёртого класса опасности.

Природный газ не имеет цвета и запаха, поэтому для его обнаружения используется специальное оборудование (газоанализаторы), но, чтобы работник смог самостоятельно своевременно определить наличие утечки природного газа в него добавляется одорант, чтобы газ приобрел специфический запах, также это используется, чтобы обезопасить потребителей.

При наличии в воздухе помещения одоранта в концентрации 0,001-0,002 мг/л и сотрудник испытывает рефлекторную тошноту, головную боль и теряет работоспособность. При более высоких концентрациях воздействует на нервную систему и способен сковывать мышцы, обладает наркотическим эффектом.

На ГРС одорант хранится в одоризационных ёмкостях. Ёмкости подвержены коррозии и износу, также на ГРС имеется основная одоризационная ёмкость и резервная. Резервная находится под землёй и для контроля расхода одоранта в ёмкостях установлены датчики уровня.

Метанол – бесцветная прозрачная жидкость, по запаху и вкусу напоминающая этиловый спирт. На ГРС метанол используется для предотвращения образования в газопроводе гидратообразований.

ПДК метанола в воздухе рабочей зоны производственных помещений составляет 5 мг/м³.

На территории ГРС метанол хранится в специальной ёмкости называемой метанольницей. Условия хранения и контроля схожи с ёмкостями одоранта.

Лица, допущенный к работе с метанолом, в зависимости от характера работы, должны быть оснащены СИЗ кожного покрова, органов дыхания и зрения.

3.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

Для защиты от опасных и вредных производственных факторов оператору бесплатно выдают сертифицированные СИЗ согласно установленных норм, в зависимости от времени года и условий труда, а также смывающие и обезвреживающие средства.

Оператор несет ответственность за бережное отношение, правильное использование и применение СИЗ.

Оператор при работе с оборудованием (за исключением щитов управления) на территории ГРС должен пользоваться защитными касками.

Территория, рабочее место, эксплуатируемое оборудование и механизмы должны содержаться в чистоте и работоспособном состоянии.

На территории ГРС ходить допустимо только по тротуарам, аллеям и пешеходным дорожкам.

Персоналу следует иметь наряд-допуск при ведении работ с применением грузоподъемных механизмов, газоопасных, огневых и других работ повышенной опасности.

Во время работы оператор должен:

- контролировать степень одоризации газа, отпускаемого потребителю;
- выполнять только ту работу, которая поручена и при условии, что безопасные способы ее выполнения хорошо известны;
- проверять исправность ограждений, предохранительных приспособлений, блокировочных и сигнализирующих устройств;
- использовать в процессе работы безопасные приемы труда, соблюдать последовательность выполнения операций, предусмотренных нарядом-допуском (разрешением), инструкциями по эксплуатации и ремонту оборудования [48].

3.3 Экологическая безопасность

Защита селитебной зоны. Опираясь на СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, санитарно-охранная зона на ГРС с одоризацией составляет 300 м [49]. Согласно ВРД 39-1.10-069-2002, техническое выполнение узлов измерения расхода газа должно соответствовать требованиям Федерального закона "Об обеспечении единства измерений", действующей нормативно-технической документации Госстандарта России [50].

Воздействие на атмосферу. Возможен выброс опасных веществ при эксплуатации, например, выброс природного газа при продувке газопровода, но в подобных ситуациях мы не можем повлиять на защиту атмосферы. В СТО Газпром 2-3.5-454-2010 прописаны загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу и подлежащие контролю, в процессе эксплуатации МГ.

Воздействие на гидросферу. В целях защиты водоёмов от производственных сточных вод, предприятие осуществляет водоохранные мероприятия, согласно СТО Газпром 2-3.5-454-2010, например, разработку системы очистки сточных вод и строительство очистных сооружений.

Воздействие на литосферу. В процессе эксплуатации возможно загрязнение почвы при утечке метанола или же одоранта. При утечке метанола оператор должен немедленно засыпать пролитый метанол песком или опилками и затем его утилизировать, а также обильно промыть место разлива. При разливе одоранта необходимо быстро нейтрализовать место разлива раствором хлорной извести, затем перекопать землю и повторить процедуру.

3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для уменьшения последствий ЧС и помощи сотрудникам при авариях на предприятии формируется и утверждается план ликвидации аварий. План ликвидации аварий зачастую описывает все возможные аварийные ситуации на производстве и методы борьбы с ними. В ВРД 39-1.10-069-2002, прописаны основные возможные аварии на ГРС, которые могут послужить причиной возникновения ЧС:

- разрыв газопровода на площадке ГРС с воспламенением газа;
- разлив одоранта;
- пожар на территории ГРС или в технологических блоках [50].

Самым распространённым является разлив одоранта.

Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В данной главе были рассмотрены способы защиты работника от основных вредных и опасных производственных факторов, с которыми оператор может столкнуться при работе на газораспределительной станции.

Автоматизированная система контроля расхода газа обеспечивает большую безопасность и надёжность режима работы, за счет дистанционной передачи показаний с датчиков на АРМ оператора, благодаря которой оператору допустимо нахождение в операторной, а не в технологических помещениях.

Также была рассмотрена защита окружающей среды и выявлены основные недостатки в её защите. Однако благодаря постоянному контролю показаний возможно быстрое отключение рабочей ветки учёта расхода и переход на резервную для проведения ремонтных работ и устранения последствий аварий.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Разработка данного проекта актуальна для газодобывающих и газотранспортирующих компаний. Система устанавливается для проведения коммерческого и оперативного учета добываемого и/или товарного газа. В данной работе рассматривается учёт расхода газа на газораспределительной станции.

Учет газа между поставщиком и потребителем позволяет выявить утечки, определить точное количество поставляемого продукта, а, соответственно, и точную цену за него. Автоматизированная система наилучшим образом подходит для решения задач учета.

Главной целью создания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является создание разработки, проекта, соответствующего требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения и являющегося конкурентноспособным на рынке в текущее время.

4.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Объектом разработки является автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа на газораспределительной станции. Потенциальными потребителями разрабатываемого проекта являются предприятия нефтегазовой отрасли. На внутреннем рынке, помимо ПАО «Газпром», существует ряд таких компаний данной отрасли, как ПАО «Лукойл», ПАО «Роснефть» и ОАО «Новатэк».

В таблице 14 приводятся основные сегменты рынка по таким критериям, как размер компании-заказчика и вид услуги по автоматизации ТП. Цифрами обозначены компании: «1» – ПАО «Лукойл», «2» – ПАО «Роснефть», «3» – ОАО «Новатэк».

Таблица 14 – Сегментирование рынка

		Вид услуги по автоматизации ТП		
		Разработка АСУ ТП	Строительно-монтажные работы	Разработка SCADA-системы
Размер компании	Крупные	1, 2	1	1
	Средние	1, 2, 3	1, 2	1, 2
	Мелкие	2, 3	3	3

По результатам анализа карты сегментирования можно сделать вывод о том, что наименьшая конкуренция на рынке услуг по автоматизации ТП у крупных и мелких компаний.

4.3 Анализ конкурентных технических решений

В настоящее время существует достаточное количество проектных организаций, занимающихся разработкой АСУ и внедрением их на производстве.

Анализ проведён с помощью оценочной карты, представленной в таблице 15, где $B_{к1}$ – ООО «Элком+», $B_{к2}$ – АО «ЭлеСи», B_p – разработанная автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа.

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.

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле:

$$K = \sum B_j \cdot B_i, \quad (23)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки, B_j – вес показателя (в долях), B_i – балл i -го показателя.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _р	Б _{к1}	Б _{к2}	К _р	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Надёжность	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
Удобство в эксплуатации	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
Безопасность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Улучшение производительности	0,11	5	4	4	0,55	0,44	0,44
Минимизация ошибок контроля расхода	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Ремонтопригодность	0,09	5	4	5	0,45	0,36	0,45
Энергоэкономичность	0,11	5	3	4	0,55	0,33	0,44
Помехоустойчивость	0,09	3	5	5	0,27	0,45	0,45
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Послепроектное сопровождение	0,09	3	5	5	0,27	0,45	0,45
Цена	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
Конкурентоспособность	0,06	5	5	3	0,3	0,3	0,18
Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	5	3	0,12	0,15	0,09
Итого	1	51	51	49	4,26	4,15	4,17

Из оценочной карты можно заметить, что текущий проект является конкурентоспособным. Стоит заметить, что его положительными сторонами являются безопасность, улучшение производительности, ремонтпригодность, цена, а также немаловажным критерием является надёжность. С другой стороны, при дальнейшей модернизации проекта необходимо уделить большее внимание таким критериям, как минимизация ошибок контроля расхода, помехоустойчивость, послепроектное сопровождение, предполагаемый срок эксплуатации.

4.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ – метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении

их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) [51].

Он проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 16.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках данного этапа построим интерактивную матрицу проекта. Каждый фактор помечен либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных или слабых сторон возможностям или угрозам), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие).

Таблица 16 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Более низкая стоимость. С3. Актуальность разработки. С4. Не требуется уникальное оборудование.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынок. Сл4. «Новичок» на рынке разработчиков АСУ ТП.</p>
<p>Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		

Продолжение таблицы 16

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему. У4. Срыв поставок оборудования.		
--	--	--

В таблицах 17-20 представлены интерактивные матрицы проекта.

Таблица 17 – Интерактивная матрица сильных сторон и возможностей проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	-	+	-
	В2	-	+	-	-
	В3	-	+	-	-

Таблица 18 – Интерактивная матрица слабых сторон и возможностей проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	-	-	+
	В2	+	+	-	-
	В3	-	-	-	-

Таблица 19 – Интерактивная матрица сильных сторон и угроз проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	+	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	+	+	+	-
	У4	-	-	-	+

Таблица 20 – Интерактивная матрица слабых сторон и угроз проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	-	+
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	+	-
	У4	-	-	-	+

В рамках третьего этапа составим итоговую матрицу SWOT-анализа.

Представим результат в виде таблицы 21.

Таблица 21 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Более низкая стоимость. С3. Актуальность разработки. С4. Не требуется уникальное оборудование.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывода на рынок. Сл4. «Новичок» на рынке разработчиков АСУ ТП.</p>
<p>Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В1С1С3 – актуальность и экономичность разработанной системы свидетельствует о большом потенциале проекта. В2С2 – использование существующего ПО предполагает меньшую стоимость системы. В3С2 – поиск более дешевых датчиков и исполнительных механизмов.</p>	<p>В1Сл4 – трудность в нахождении клиентов и необходимость укрепления позиций на рынке. В2Сл1Сл2 – в связи с тем, что отсутствует работающий прототип, заранее не известна его совместимость с существующем ПО.</p>

Продолжение таблицы 21

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему. У4. Срыв поставок оборудования.</p>	<p>У1С2 – несмотря на то, что спрос на новые технологии невысок, низкая стоимость проекта сможет решить данную проблему. У3С1С2С3 – заказчикам сложно будет перейти на новую систему, однако разработанный проект имеет ряд преимуществ: актуальность, более низкая цена, экономичность. У4С4 – сотрудничество с ненадежными поставщиками оборудования.</p>	<p>У1Сл1Сл4 – клиентов могут отпугнуть отсутствие прототипа и внедрение новых технологий. У3Сл2Сл3 – возможные срывы сроков работы. У4Сл4 – отсутствие опыта в выборе поставщиков.</p>
---	---	--

SWOT-анализ позволяет определить сильные и слабые стороны разрабатываемого проекта, а также показывает, каким слабым сторонам нужно уделить внимание и предпринять стратегические изменения.

- Чтобы уменьшить влияние Сл1, разрабатываемая система детально прорабатывается и подвергается ряду проверок на качество работы в среде MATLAB.

- Большой срок поставок оборудования можно обсудить с поставщиком, при заключении договоров поставки. Если не будет найден компромисс, то возможно обратиться к российским аналогам.

- Медленный процесс вывода на рынок неизбежен, поскольку установка системы займет продолжительное время, однако, если заключать договор на этапе начала строительства ГРС, а не в процессе её эксплуатации, то это во многом упрощает процесс внедрения системы.

- Чтобы убедить потребителей в надёжности системы она проходит проверки качества в системе MATLAB. При необходимости возможен расчёт надёжности для конкретного предприятия.

4.5 Планирование научно-исследовательских работ

4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

Для реализации проекта необходимы три исполнителя – руководитель (Р), студент (С). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 22.

Таблица 22 – Этапы НИР и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Исполнитель и
Определение целей, задач, исходных данных	1	Выбор темы ВКР	С
	2	Составление и утверждение технического задания	Р, К, С
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Р, К, С
	4	Календарное планирование работ	С, К
Разработка АСУ	5	Описание технологического процесса	С
	6	Подбор СИ и контроллерного оборудования	С
	7	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	С, К
	8	Составление перечня вход/выходных сигналов	С
	9	Составление схемы информационных потоков	С
	10	Разработка схем внешних проводок	С
	11	Разработка алгоритмов сбора данных	С, К
	12	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	С, К
	13	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	С, К
	14	Проектирование SCADA-системы	С

Продолжение таблицы 22

	15	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	16	Написание раздела «социальной ответственности»	С
	17	Проверка работы с руководителем и консультантом	Р, С, К
Оформление отчёта	18	Составление пояснительной записки	С
	19	Подготовка презентации дипломного проекта	С

Исходя из таблицы можно сделать вывод, что большинство работы было проделано самостоятельно, однако потребовалась помощь руководителя и консультанта на начальном и конечном этапе, также отдельно помощь консультанта на этапе разработки алгоритмов.

4.5.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}, \quad (24)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел. дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел. дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i}, \quad (25)$$

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

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

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

Для удобства построения графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (26)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (27)$$

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

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней

в году.

Значение коэффициента календарности для 2020 года [52]:

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 118} = \frac{366}{248} = 1,48. \quad (28)$$

С учётом данных таблицы 21 и приведённых выше формул составляется расчётная таблица 23. Диаграмма Ганта, представляющая собой календарный график работ, приведена на рисунке 24.

Таблица 23 – Расчёт трудозатрат на выполнение работ

Наименование работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min}			t_{max}			$t_{ож}$				
	Студент	Консультант	Руководитель	Студент	Консультант	Руководитель	Студент	Консультант	Руководитель	Совместное выполнение работ	Совместное выполнение работ
Выбор темы ВКР	2	0	0	3	0	0	2,4	0	0	2,4	3,5
Составление и утверждение технического задания	6	5	4	10	7	5	7,6	5,8	4,4	2,5	3,75
Подбор и изучение материалов по теме	7	5	5	10	10	8	8,2	7	6,2	2,7	4
Календарное планирование работ	2	1	0	3	2	0	2,4	1,4	0	1,2	1,78
Описание технологического процесса	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,14
Подбор СИ и контроллерного оборудования	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,14
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	5	0	2	10	0	3	7	0	2,4	3,5	5,2
Составление перечня вход/выходных сигналов	3	0	0	7	0	0	4,6	0	0	4,6	6,81

Продолжение таблицы 23

Составление схемы информационных потоков	3	0	0	6	0	0	4,2	0	0	4,2	6,22
Разработка схем внешних проводок	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,14
Разработка алгоритмов сбора данных	3	1	0	6	2	0	4,2	1,4	0	2,1	3,11
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	3	2	0	5	3	0	3,8	2,4	0	1,9	2,81
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	3	1	0	5	3	0	3,8	1,8	0	1,9	2,81
Проектирование SCADA-системы	3	0	0	7	0	0	4,6	0	0	4,6	6,81
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	1	0	0	3	0	0	1,8	0	0	1,8	2,7
Написание раздела «социальной ответственности»	1	0	0	3	0	0	1,8	0	0	1,8	2,7
Проверка работы с руководителем и консультантом	1	2	4	3	4	7	1,8	2,8	5,2	1,7	2,56
Составление пояснительной записки	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,1
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	0	4	0	0	2,8	0	0	2,8	4,14
Итого:							72,2	22,6	18,2	50,9	75,42

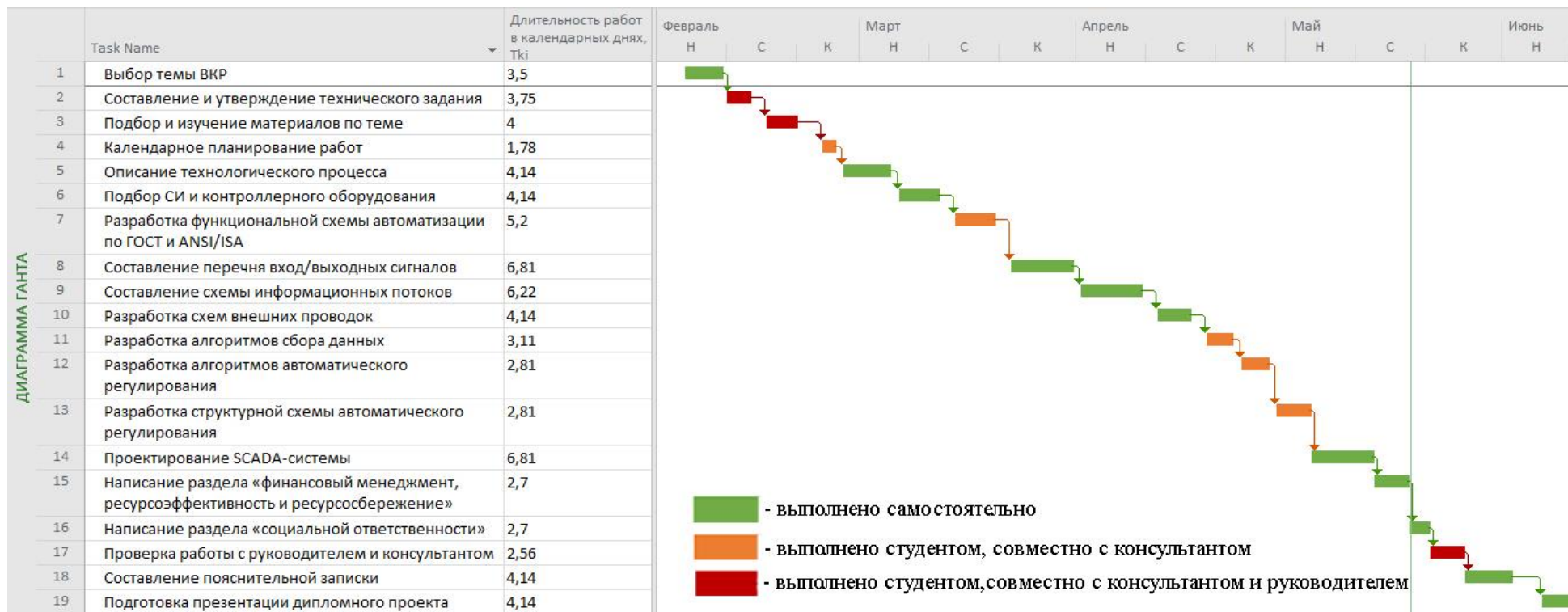


Рисунок 21 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы на рисунке 24 видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка 2,5 календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальную проработку проекта. Выбор темы ВКР и проработка материала не заняла много времени, на все организационные моменты ушло около месяца – это связано с тем, что приблизительная тема ВКР была заранее определена. На оформление дополнительных разделов и подготовка в защите занимает приблизительно также около месяца.

4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата исполнителей;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.6.1 Расчёт материальных затрат

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разработке проекта. В таблице 24 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат также учитывается транспортные расходы и расходы (величина k_T) на установку оборудования в размере 20% от стоимости материалов.

Основная формула для расчета материальных затрат выглядит следующим образом:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи}, \quad (29)$$

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

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования.

Таблица 24 – Материальные затраты

	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
SIMATIC S7-1200	Шт.	2	36000	72000
Датчик давления «Rosemount 3051S»	Шт.	3	43000	129000
Манометр МВПТИ	Шт.	2	17000	34000
Датчик температуры WIKA TR10-C	Шт.	2	6000	12000
Датчик расхода «Q.Sonic plus»	Шт.	2	135000	270000
Анализатор влажности Condumax II	Шт.	2	44000	88000
Анализатор температуры точки росы «АМТЕК 5000»	Шт.	2	36000	72000
Клапан регулировочный VFM2	Шт.	5	175000	875000
Электропривод «SIPOS 5 Flash 2SB5»	Шт.	5	125000	625000
Итого:				2508000

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программных продуктов: Microsoft Office, Adobe Photoshop, Mathcad 15, MATLAB R2018b, Bentley MicroStation V8i и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ. Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. Для исследований используется ноутбук с бесплатным доступом к лицензии MATLAB. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах 20% от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в таблице 25.

Таблица 25 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упаковка	300	1	300
Тетрадь общая, 48 л.	65	2	130
Шариковая ручка	40	5	200
Итого			630
Итого с учётом ТЗР (20%)			756

4.6.2 Расчёт амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 5 месяцев. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 50000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет [53].

Норма амортизации рассчитывается как [54]:

$$N = \frac{1}{СПИ} \cdot 100\%, \quad (30)$$

где *СПИ* – срок полезного использования объекта в годах.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации *N*:

$$N = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\%, \quad (31)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$N_{год} = 50000 \cdot 0,33 = 16500 \text{ руб.}, \quad (32)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$N_{мес} = \frac{16500}{12} = 1375 \text{ руб.}, \quad (33)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$N_{мес} = 1375 \cdot 5 = 6875 \text{ руб.}, \quad (34)$$

4.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Рассчитаем основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ:

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (35)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} + M}{F_{д}}, \quad (36)$$

где $Z_{м}$ – 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; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6 дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 26).

Таблица 26 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Консультант	Инженер
Календарное число дней	366	366	366
Число нерабочих дней:	118	118	118
– выходные дни			
– праздничные дни			
Потери рабочего времени:	48	48	72
– отпуск			
– невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	200	200	176

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) \cdot k_p, \quad (37)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска) [55].

Расчет основной заработной платы сводится в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{mc} , руб.	k_p	k_{np}	k_{∂}	Z_m , руб.	$Z_{\partial n}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	20000	1,3	0,3	0,3	41600	208	7	1456
Консультант	13000	1,3	0,3	0,3	27040	135,3	8	1082,4
Инженер	13000	1,3	0,3	0,3	27040	153,7	51	7838,7

По результату расчёта основной заработной платы у инженера получилась самая высокая основная заработная плата – это связано с числом рабочих дней, затраченных на разработку проекта.

4.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (38)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

В таблице 28 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 28 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$, руб.	$k_{доп}$	$Z_{доп}$, руб.
Руководитель	1456	0,12	174,72
Консультант	1082,4	0,12	129,9
Инженер	7838,7	0,12	940,6

Поскольку расчет дополнительной заработной платы представляет собой умножение основной заработной платы на коэффициент, то результат получился схожим с тем, что мы получили при расчёте основной заработной платы.

4.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые исчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (39)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	1456	174,72
Консультант	1082,4	129,9
Инженер	7838,7	940,6
Отчисления во внебюджетные фонды	30,2%	
Итого		
Руководитель	492,48 руб.	
Консультант	366,1 руб.	
Инженер	2651,35 руб.	
Итого	3509,93 руб.	

4.6.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (40)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 16 %.

4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	2508756
2. Амортизационные отчисления	6875
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	10377,1
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1245,22
5. Отчисления во внебюджетные фонды	3509,93
6. Накладные расходы	404922,12
7. Бюджет затрат НИИ	2935685,37

В ходе формирования бюджета затрат на НИИ вышло, что затраты составляют примерно 2935685,37 руб. Полученный результат не является до конца точным, поскольку неизвестны материальные затраты, которые понесли руководитель и консультант.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (41)$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Φ_{max} зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достаточно оценить величину Φ_{max} невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации ГРС в компании «ЭлеСи» равняется 3176000 руб., в компании «ТомскАСУпроект» – 3275000 руб., а у студента с руководителем – 2935685 руб.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{финр}^{студент}$	$I_{финр}^{«ЭлеСи»}$	$I_{финр}^{«ТомскАСУпроект»}$
Студент с руководителем	2935685 руб.	3275000 руб.	0,9	0,97	1
«ЭлеСи»	3176000 руб.				
«ТомскАСУпроект»	3275000 руб.				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 32.

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с руководителем	«ЭлеСи»	«ТомскАСУпроект»
Способствует росту производительности труда	0,3	5	4	5
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	5
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	5	4	5
Надёжность	0,15	4	4	4
Материалоёмкость	0,15	4	5	4
Итого	1			

Значения интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Значения интегрального показателя ресурсоэффективности

$I_{студент}$	$I_{«ЭлеСи»}$	$I_{«ТомскАСУпроект»}$
4,35	4,5	4,65

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр}}. \quad (42)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки представлены в таблице 34.

Таблица 34 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{исп.студент}$	$I_{исп."ЭлеСи"}$	$I_{исп."ТомскАСУпроект"}$
4,83	4,64	4,65

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.студент}}. \quad (43)$$

В таблице 35 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 35 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Студент с руководителем	«ЭлеСи»	«ТомскАСУпроект»
Интегральный финансовый показатель разработки	0,9	0,97	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	4,5	4,65
Интегральный показатель эффективности	4,83	4,64	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,96	0,96

Исходя из полученных данных таблицы 35, следует, что наиболее эффективной является система, разработанная студентом и его руководителем.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В данном разделе оценены экономические аспекты разработки исследуемой автоматизированной системы управления узлом контроля расхода газа на газораспределительной станции:

1. Выявлены потенциальные потребители результатов исследования. Разработка имеет наименьшую конкуренцию на рынке услуг по автоматизации ТП у крупных и мелких компаний

2. Проведён анализ конкурентных технических решений. Выявлено два конкурента: ООО «Элком+» и АО «ЭлеСи». Разрабатываемая система на текущем этапе уступает конкурентам по сроку эксплуатации и помехоустойчивости, однако выигрывает за счёт цены, ремонтпригодности и надёжности.

3. В ходе SWOT-анализа основными угрозами обозначены: отсутствие спроса на новые технологии; развитая конкуренция; сложность перехода на новую систему; срыв поставок оборудования. Возможные пути снижения влияния выявленных угроз представлены в подразделе 1.1.3.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена структура работ в рамках научного исследования, по результату чего можно говорить о том, что большинство работы было проделано самостоятельно, однако потребовалась помощь руководителя и консультанта на начальном и конечном этапе. Также разработан график проведения научного исследования в виде диаграммы Ганта. Из диаграммы видно, что практическая часть всего исследования занимает порядка 2,5 календарных месяцев. Это связано с целью провести более детальную проработку проекта.

5. В процессе расчёта бюджета НИИ было выявлено, что затраты на заработные платы руководителя и студента схожи – это связано с тем, что у преподавателя при большем окладе, меньшее число рабочих дней. Также в

общем бюджет, требуемый для проведения научно-технического исследования, составил 2935685 руб. Полученный результат не является до конца точным, поскольку неизвестны материальные затраты, которые понесли руководитель и консультант.

б. При оценке эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект автоматизации газораспределительной станции достаточно эффективен среди таких крупных компаний, как «ЭлеСи» и «ТомскАСУпроект». По финансовому показателю проект выигрывает у своих конкурентов, но по показателю ресурсоэффективности немного отстает.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана проектная документация на автоматизированную систему управления узлом контроля расхода газа. В результате были разработаны: структурная схема, функциональная схема, схемы соединения внешних проводок и информационных потоков. В данных схемах представлен состав оборудования, средства, а также методы передачи данных.

В процессе разработки были выбраны контрольно-измерительные приборы и исполнительные устройства, а также промышленный контроллер.

Проведена разработка алгоритма сбора данных и алгоритма регулирования расхода газа с использованием ПИД-регулятора.

Выполненная автоматизированная система управления узлом контроля расхода газа на газораспределительной станции удовлетворяет всем необходимым требованиям. Также данная система имеет возможность дальнейшего расширения, в виду роста требований и технологических возможностей.

Conclusion

In the course of the final qualification work, project documentation was developed for an automated control system for a gas flow control unit. As a result, the following were developed: block diagram, functional diagram, connection schemes of external postings and information flows. In these schemes, the composition of the equipment, means, as well as methods of data transfer are presented.

During the development process, instrumentation and actuators, as well as an industrial controller, were selected.

An algorithm for collecting data and an algorithm for maintaining gas flow using the PID controller was developed.

The completed automated control system for the gas flow control unit at the gas distribution station satisfies all the necessary requirements. Also, this system has the possibility of further expansion, in view of the growth of requirements and technological capabilities.

Список используемых источников

1. СТО Газпром 2-2.3-1122-2017. Газораспределительные станции. Правила эксплуатации [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://ch4gaz.ru/wp-content/uploads/2019/03/%D0%A1%D0%A2%D0%9E-%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC-2-2.3-1122-2017.pdf>.
2. Состав полевого оборудования в АСУ ТП [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://helpiks.org/3-11492.html>.
3. СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294854/4294854690.pdf>.
4. СТО Газпром 2-2.1-249-2008 «Магистральные газопроводы» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/58/58462/index.htm>.
5. СТО Газпром 2-3.5-454-2010 «Правила эксплуатации магистральных газопроводов» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/53/53416/>.
6. Федеральный закон от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384-ФЗ [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://base.garant.ru/12172032/>.
7. ПАО «Лукойл». СТП-01- 002-97. Метрологическое обеспечение ОАО "Лукойл". Основные положения. – 1997 – 18с.
8. Лаврищев И.Б., Кириков А.Ю. Разработка функциональных схем при проектировании автоматизированных систем управления: учебно-методическое пособие: Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. — Санкт-Петербург, 2002, – 51с.
9. Rosemount 3051S [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/Rosemount_3051S.pdf.

10. ГОСТ 21.408-13 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108005>.

11. ANSI/ISA S5.1. «Instrumentation Symbols and Identification» [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://integrated.cc/cse/Instrumentation_Symbols_and_Identification.pdf.

12. Метран-150 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/metran-150>.

13. Rosemount 3051S [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://www.emerson.com/documents/automation/rosemount-3051s-en-454848.pdf>.

14. Элемер-100 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://www.elemer.ru/production/pressure/elemer_100.php.

15. Манометр технический МП4-У [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <http://www.npo-manometr.ru/products/26/88/>.

16. WIKA TR10-C [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://www.wika.ru/tr10_c_ru_ru.WIKA.

17. TCMY-9418 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.teplocontrol-sm.ru/TSPY-9418--TSMY-9418.html>.

18. Rosemount-644 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/pm%20rosemount%20documents/00813-0107-4728.pdf>.

19. Выбор расходомера [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://rashodomery.pro/articles/3592/>.

20. Обзор вихревых расходомеров [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: http://www.devicesearch.ru.com/article/obzor_vihrevyh_rashodomerov.

21. Принцип работы ротаметра [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.devicesearch.ru.com/article/8505>.

22. Калориметрические расходомеры [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://rusautomation.ru/rashodomery/kalorimetricheskie-rashodomery>.
23. Ультразвуковые расходомеры [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://eno-tek.ru/blog/teplo-blog/ultasonic-dostoinstva>.
24. FLOWSIC 600 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://www.sick.com/media/docs/5/25/225/Operating_instructions_FLOWSIC600_Ultrasonic_Gas_Flow_Meter_ru_IM0050225.PDF.
25. Turbo Flow TFG-S [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: https://turbodon.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2018/01/manual_tfg_s_h.pdf.
26. Q.Sonic plus [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://gaselectro.ru/market/ultrasonic-flow-meters/ultrazvukovye-schetchiki-gaza-qsonic-plus.html>.
27. АМЕТЕК 241СЕ II [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/20443-11-241ce-ii-16080>.
28. HYGROVISION-BL [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://vympel.group/products/gas-analyzers/hygrovision-bl/>.
29. Condumax II [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://granat-e.ru/condumax.html>.
30. АМЕТЕК 3050-OLV [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://dewpointservice.ru/analizatory-vlazhnosti-gazov-seriya-3050/>.
31. АМЕТЕК 5000 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://dewpointservice.ru/analizatory-vlazhnosti-gazov-seriya-5000/>.
32. АМЕТЕК 5800 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://dewpointservice.ru/analizatory-vlazhnosti-gazov-modeli-5800-i-5830/>.
33. Анализаторы влажности газов [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://dewpointservice.ru/analizatory-vlazhnosti-gazov/>.
34. FloBoss 107 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <file:///C:/Users/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BC/Downloads/60921-15.pdf>.

35. SEC-4401 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.vacuumel.ru/ru/component/virtuemart/izmerenie-i-kontrol-raskhoda-gazov-i-zhidkostej/controller-gas-detail.html?Itemid=125>.

36. Узел управления ЭПУУ-4 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://kga.gazprom-auto.ru/products_services/product_catalogue/oborudovanie-dlya-kipia/uzly-epuu/uzel-upravleniya-epuu-4-tu-51-204-84.php.

37. Блок управления кранами типа БУК-2. [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: http://www.exdi.ru/file_str/765.pdf.

38. Кабель КВВГЭнг [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-\(0,66kv\)/kvvgeng/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-(0,66kv)/kvvgeng/).

39. Громаков Е. И., Лиепиньш А.В. Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2016, – 371с.

40. Организация рабочего места оператора [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://pereosnastka.ru/articles/organizatsiya-rabochego-mesta-operatora>.

41. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901702428>.

42. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046>.

43. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901703281>.

44. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118606>.

45. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197>.

46. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948>.

47. ГОСТ Р 57413-2017 Газ горючий природный. Государственные стандартные образцы на основе магистрального газа. Технические условия [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200144433>.

48. Типовая инструкция по охране труда для оператора ГРС [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://ch4gaz.ru/tipovaya-instrukciya-po-oxrane-truda-dlya-operatora-grs/>.

49. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902065388>.

50. ВРД 39-1.10-069-2002 Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/43/43521/index.htm>.

51. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. 399 с.

52. Производственный календарь на 2020 год [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennyye/2020/>.

53. Амортизационная группа компьютера [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://spmag.ru/articles/amortizacionnaya-gruppa-kompyutera>.

54. Годовая норма амортизации [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://glavkniga.ru/situations/k504568>.

55. Что такое районный коэффициент и где он используется [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://assistentus.ru/oplata-truda/rajonnyj-koefficient/>.

Приложение А

(обязательное)

Таблица перечня вход/выходных сигналов

Наименование сигнала	Идентификатор сигнала	Диапазон измерения	Единица измерения	Тип сигнала	Технологические уставки			
					Предупредительные		Аварийные	
					min	max	min	max
Точка росы в узле контроля расхода газа ИЛ1, точка 1	TTP_IL1_IZM	-60...+60	°C	4-20 мА	+	+	-	-
Точка росы в узле контроля расхода газа ИЛ2, точка 2	TTP_IL2_IZM	-60...+60	°C	4-20 мА	+	+	-	-
Расход газа в узле контроля расхода газа ИЛ1, точка 3	RAS_IL1_IZM	120...9000	м³/ч	4-20 мА	-	+	+	+
Расход газа в узле контроля расхода газа ИЛ2, точка 4	RAS_IL2_IZM	120...9000	м³/ч	4-20 мА	-	+	+	+
Температура газа в узле контроля расхода газа ИЛ1, точка 5	TEM_IL1_IZM	-51...+85	°C	4-20 мА	-	+	-	+
Температура газа в узле контроля расхода газа ИЛ2, точка 6	TEM_IL2_IZM	-51...+85	°C	4-20 мА	-	+	-	+
Давление газа в узле контроля расхода газа ИЛ1, точка 7	DAV_IL1_IZM	0,01...68	МПа	4-20 мА	+	+	-	+
Давление газа в узле контроля расхода газа ИЛ2, точка 8	DAV_IL2_IZM	0,01...68	МПа	4-20 мА	+	+	-	+
Влажность газа в узле контроля расхода газа ИЛ1, точка 9	VLJ_IL1_IZM	0,1...2500	мг/м³	4-20 мА	+	+	-	-
Влажность газа в узле контроля расхода газа ИЛ2, точка 10	VLJ_IL2_IZM	0,1...2500	мг/м³	4-20 мА	+	+	-	-
Давление газа после шарового крана, точка 11	DAV_SHK_IZM	0,01...25	МПа	4-20 мА	+	+	-	+

					ФЮРА.425280.01		
					Приложение А Таблица перечня вход/ выходных сигналов		
					Лит.	Масса	Масштаб
					У		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Сурков М.Ю.					
Пров.		Воронин А.В.					
Т. Контр.							
Н. Контр.							
Утв.							
					Лист 1	Листов 9	
					ТПУ		ОАР
					Группа		8Т6А

Приложение Б

(обязательное)

Схема информационных потоков



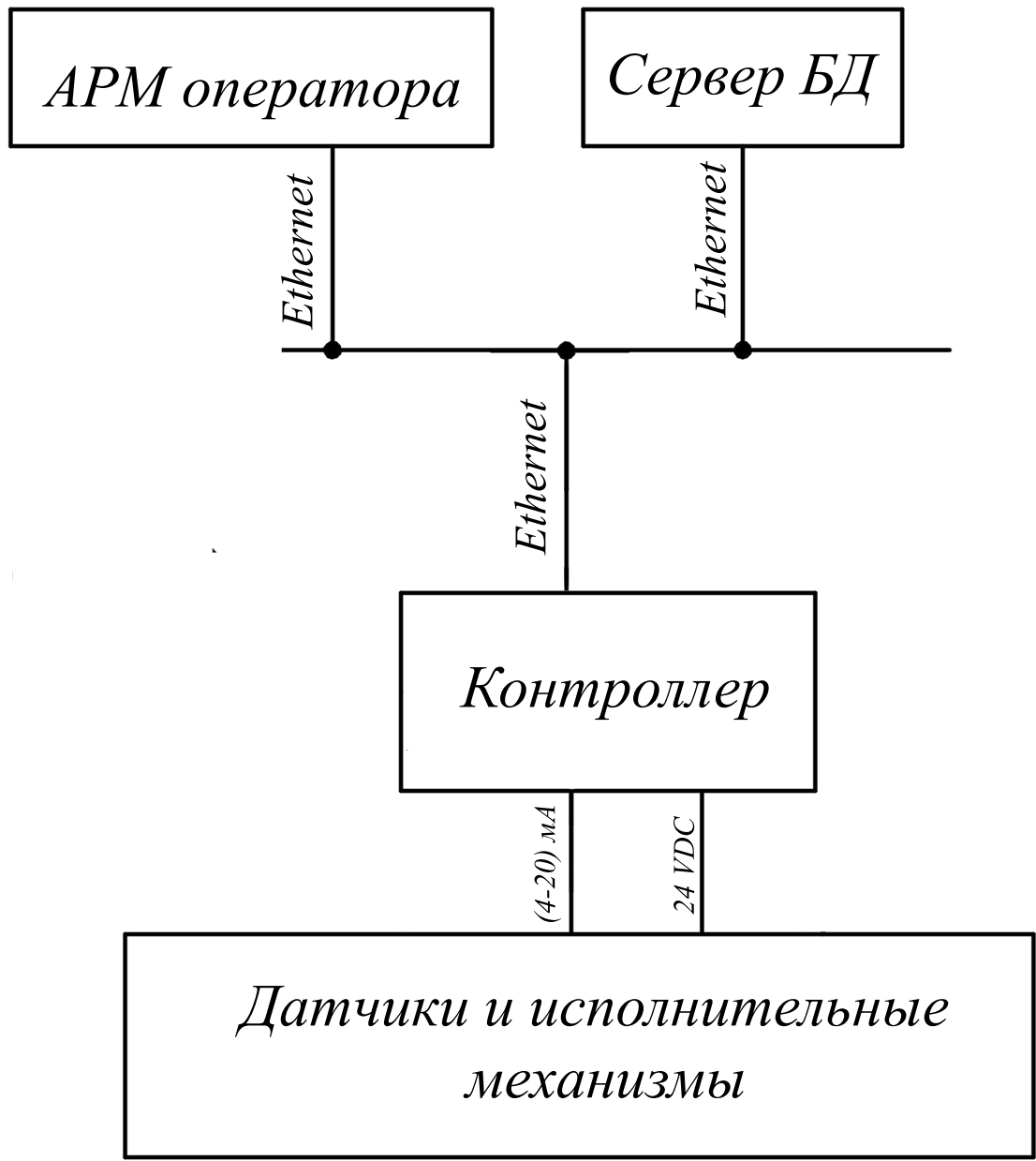
ФЮРА.425280.002

Приложение Б
Схема информационных потоков

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Сурков М.Ю.		
Пров.		Воронин А.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

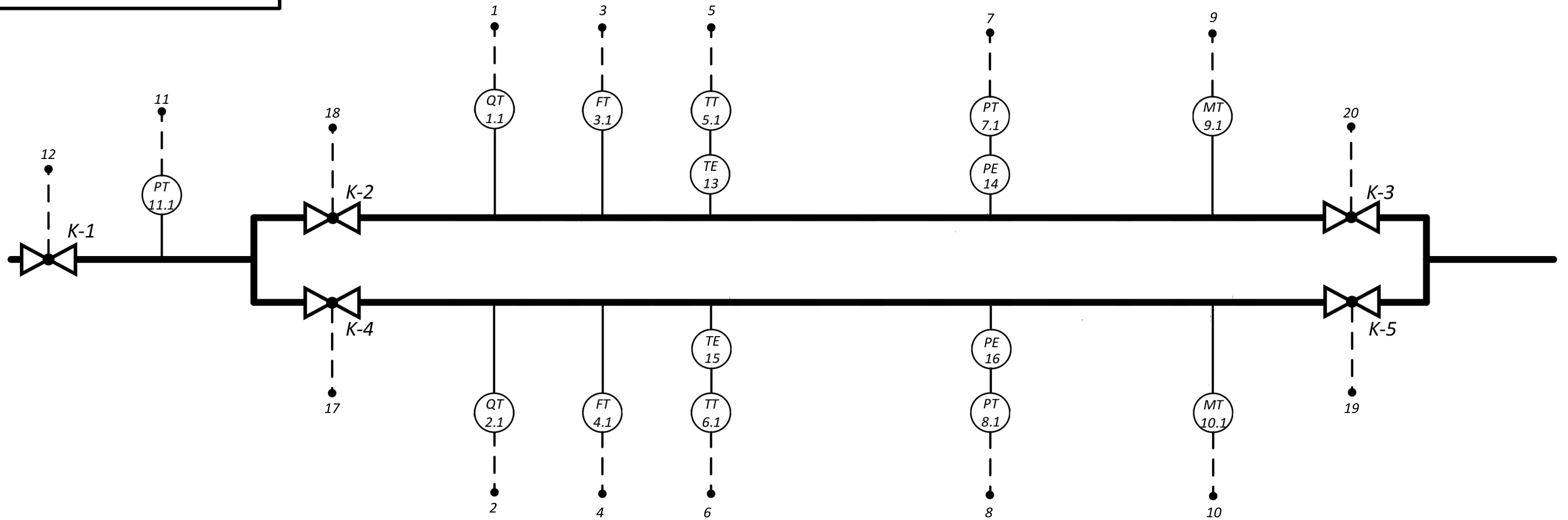
Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 2		Листов 9
ТПУ ИШИТР ОАР Группа 8Т6А		

Приложение В
(обязательное)
Структурная схема



					ФЮРА.425280.003			
					Приложение В Структурная схема			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	у			
Разраб.		Сурков М.Ю.						
Пров.		Воронин А.В.						
Т.контр.								
					Лист 3		Листов 9	
Н.контр.					ТПУ ИШИТР ОАР Группа 8Т6А			
Утв.								

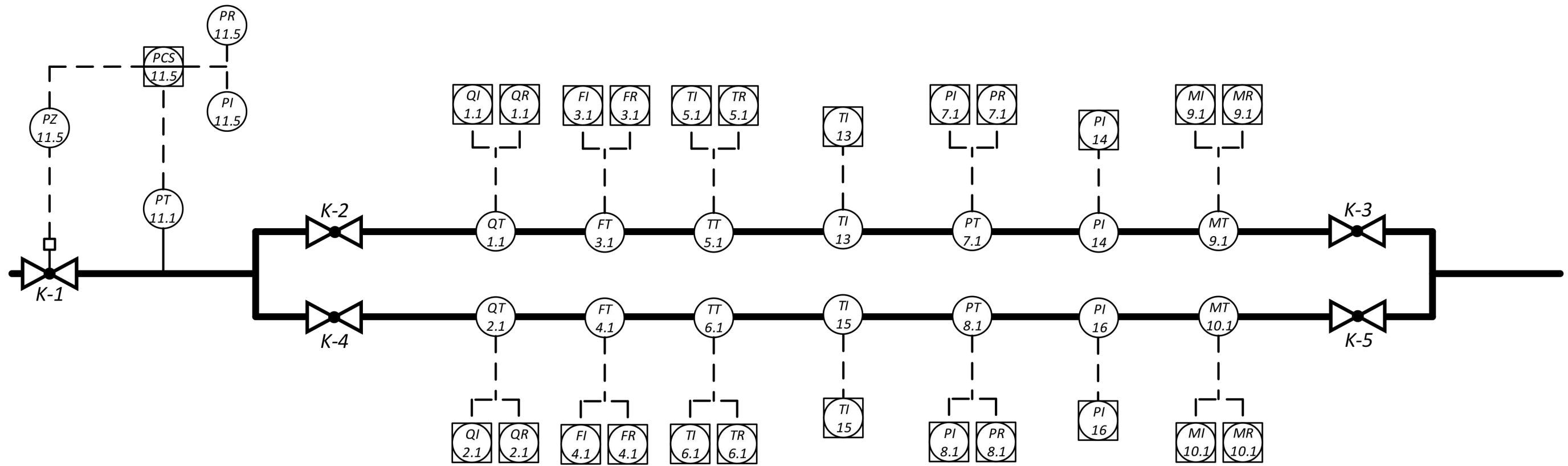
Приложение Г
(обязательное)
Функциональная схема
ГОСТ 21.408-13



Приборы по месту	1 °C	2 °C	3 м3/ч	4 м3/ч	5 °C	6 °C	7 МПа	8 МПа	9 %	10 %	11 МПа	12 %	17 %	18 %	19 %	20 %
Щит оператора	QE 1.2	QE 2.2	FE 3.2	FE 4.2	TE 5.2	TE 6.2	PE 7.2	PE 8.2	ME 9.2	ME 10.2	PE 11.2	GSA 12.1	GSA 17.1	GSA 18.1	GSA 19.1	GSA 20.1
SCADA	мониторинг	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	регистрация	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	управление	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

ФЮРА.425280.004				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Сурков М.Ю.			
Пров.	Воронин А.В.			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				
Приложение Г Функциональная схема ГОСТ 21.408-2013				
		Лит.	Масса	Масштаб
		у		
		Лист 4	Листов 9	
ТПУ ИШИТР ОАР Группа 8Т6А				

Приложение Д
(обязательное)
Функциональная схема
ANSI/ISA S5.1



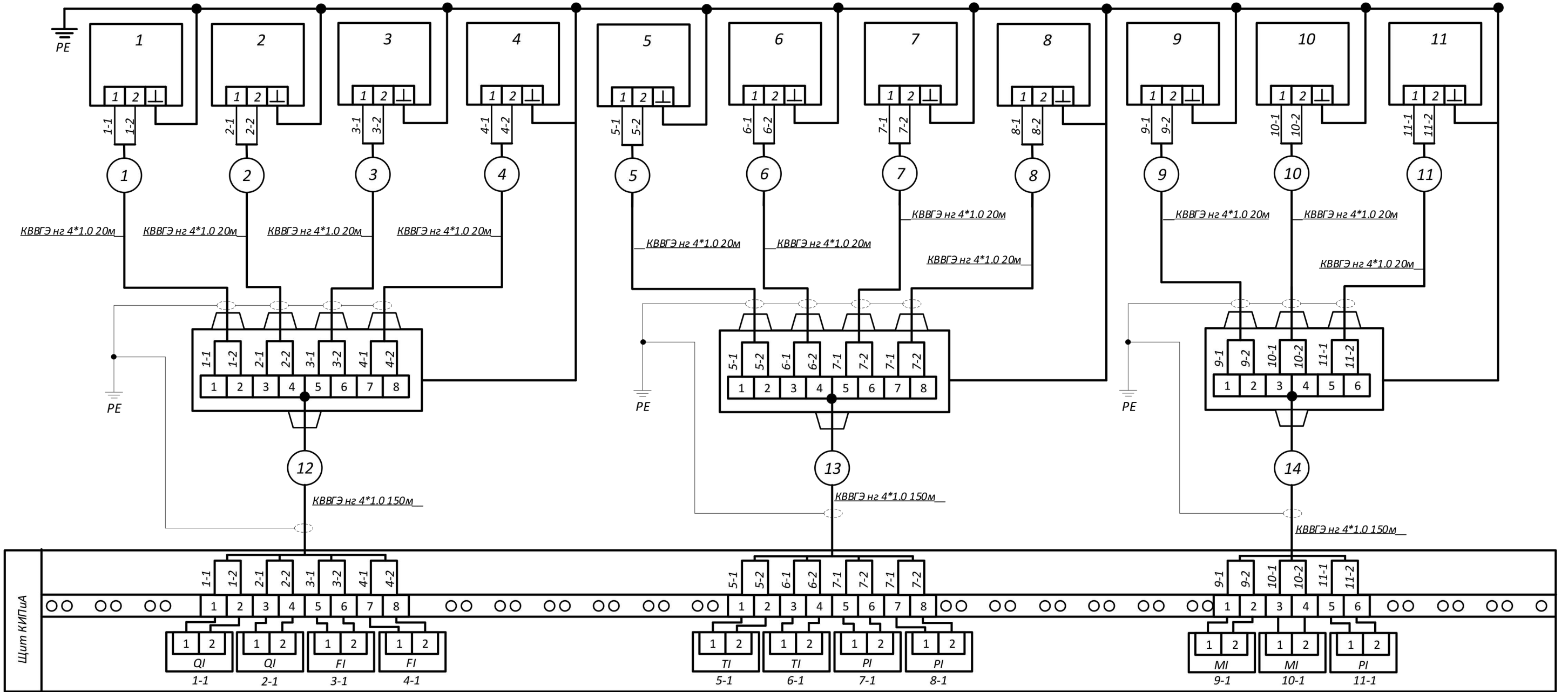
					ФЮРА.425280.005		
					Приложение Д		
					Функциональная схема		
					ANSI/ISA S5.1		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					у		
Разраб.	Сурков М.Ю.						
Пров.	Воронин А.В.						
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							
					Лист 5 Листов 9		
					ТПУ ИШИТР ОАР Группа 8Т6А		

Приложение Е

(обязательное)

Схема внешних проводок

Наименование параметра	Температура точки росы		Расход газа		Температура газа		Давление газа		Влажность газа		Давление
	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	
Место отбора импульса	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	ИЛ-1	ИЛ-2	Регулятор
Тип датчика	АМЕТЕК 241СЕ II	АМЕТЕК 241СЕ II	FLAWSIC600 Quattro	FLAWSIC600 Quattro	Rosemount 644	Rosemount 644	Rosemount 3051S	Rosemount 3051S	АМЕТЕК 3050-OLV	АМЕТЕК 3050-OLV	Rosemount 3051S
Позиция	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

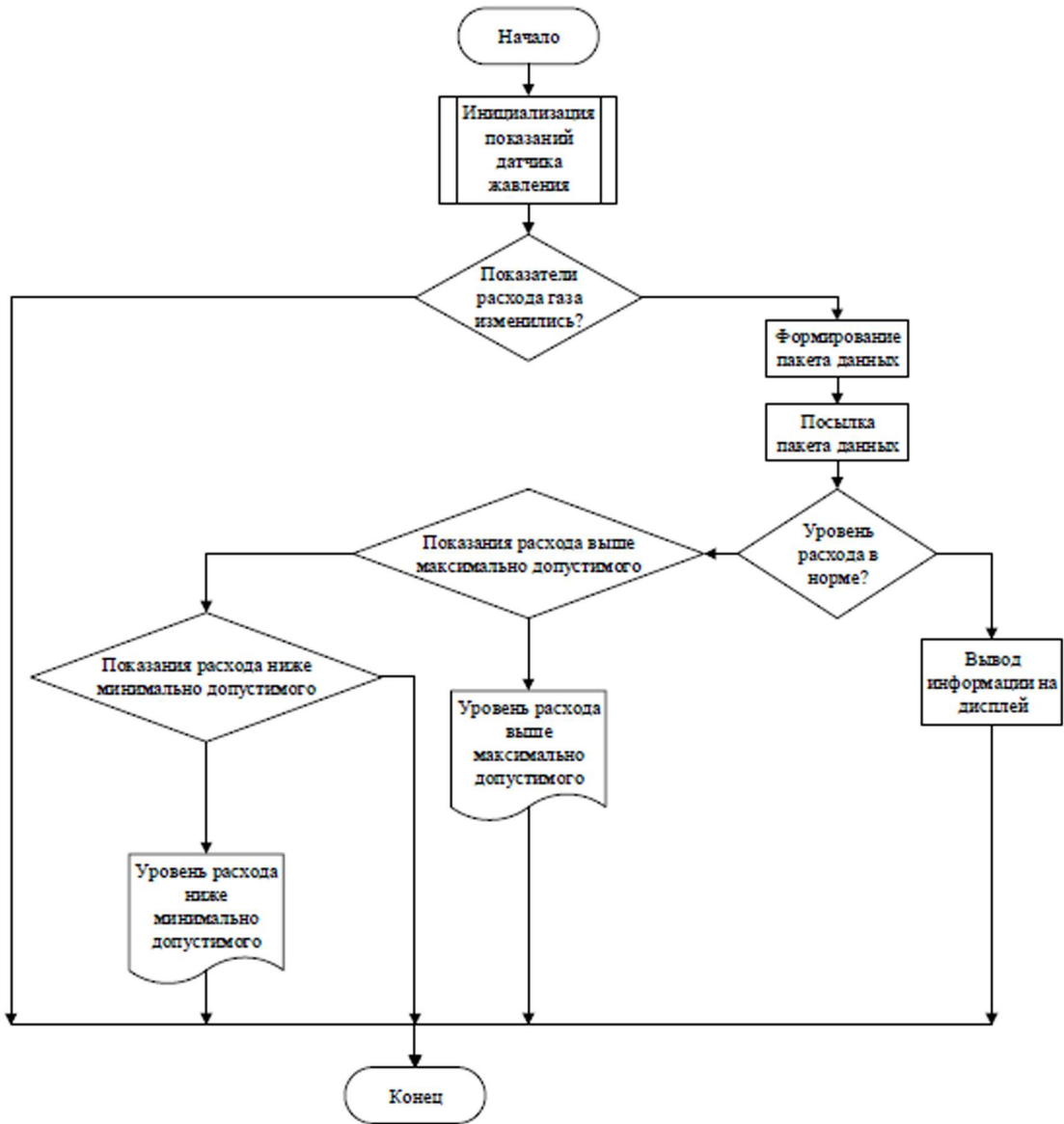


ФЮРА.425280.006						
Приложение Е Схема внешних проводок				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	у	
		Сурков М.Ю.				
		Воронин А.В.				
Пров.						
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
					Лист 6	Листов 9
					ТПУ ИШИТР ОАР Группа 8Т6А	

Приложение Ж

(обязательное)

Алгоритм сбора данных измерений



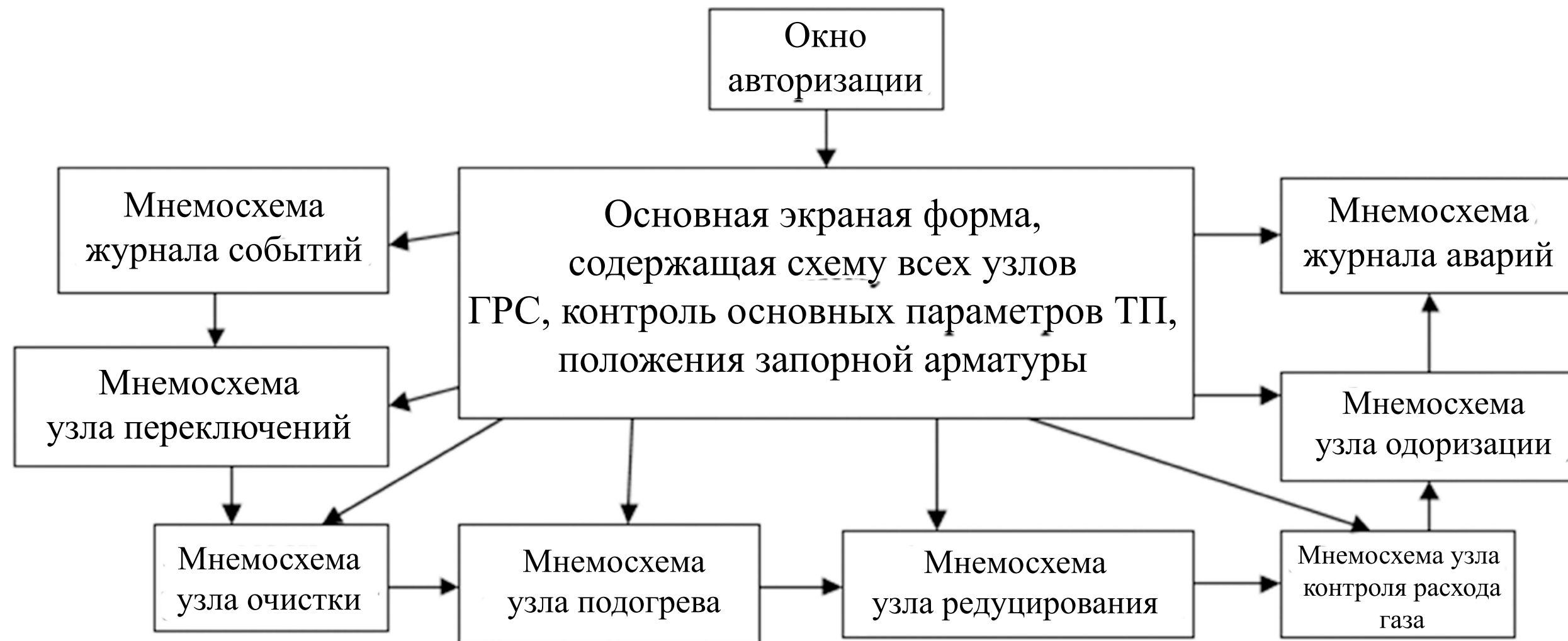
ФЮРА.425280.007

Приложение Ж
Алгоритм сбора
данных измерений

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Сурков М.Ю.		
Пров.		Воронин А.В.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

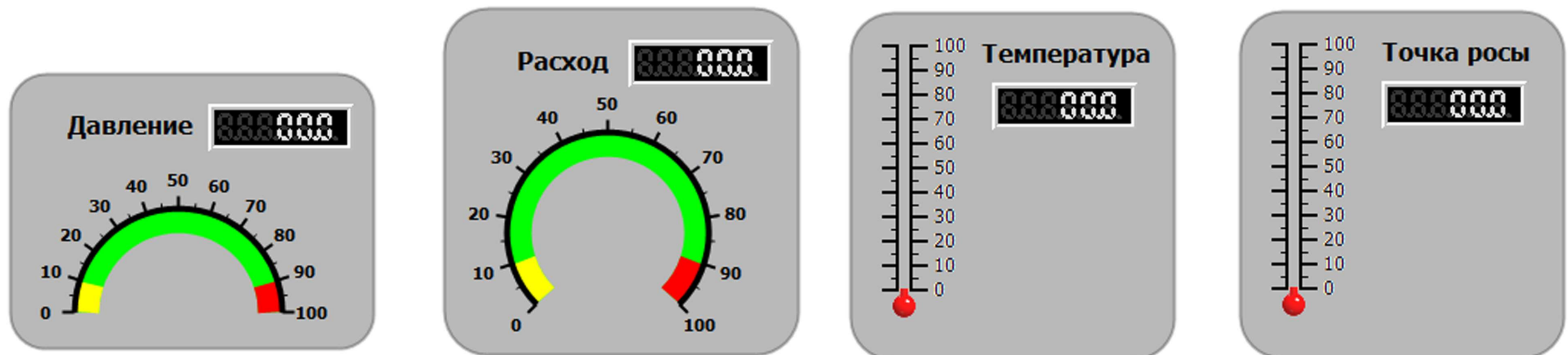
Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 7	Листов 9	
ТПУ ИШИТР ОАР Группа 8Т6А		

Приложение К
(обязательное)
Дерево экранных форм



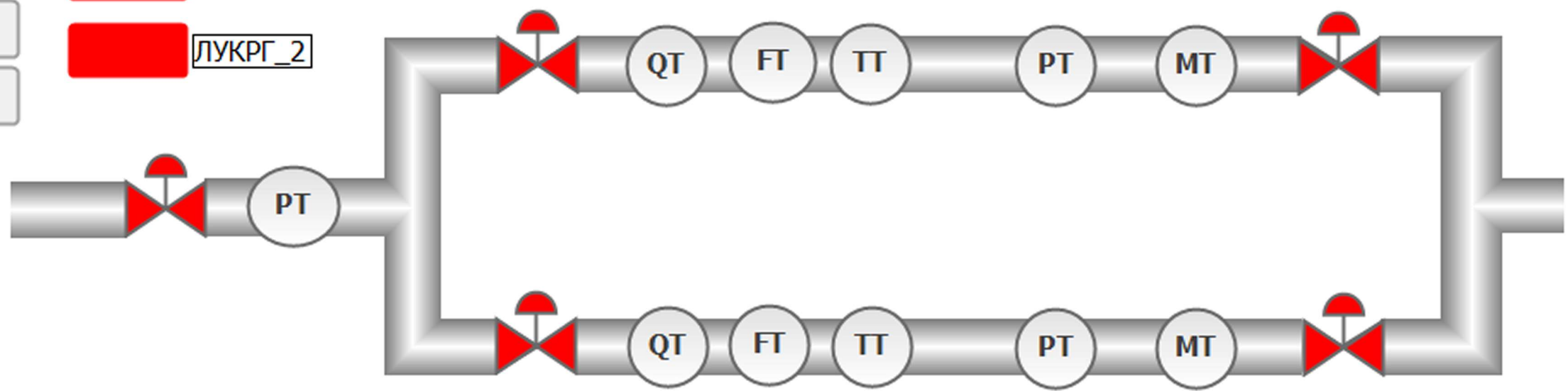
					ФЮРА.425280.08			
					Приложение К Дерево экранных форм	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		У		
Разраб.		Сурков М.Ю.						
Пров.		Воронин А.В.						
Т. Контр.								
Н. Контр.						Лист 8	Листов 9	
Утв.						ТПУ	ОАР	
						Группа	8Т6А	

Приложение Л
(обязательное)
Мнемосхема



- Статистика
- Журнал событий
- Тренды

ЛУКРГ_1
 ЛУКРГ_2



				ФЮРА.425280.09				
				Приложение Л Мнемосхема	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		Дата	у		
		Разраб. Сурков М.Ю.						
		Пров. Воронин А.В.						
		Т. Контр.						
		Н. Контр.						
		Утв.						
					Лист 9	Листов 9		
					ТПУ	ОАР		
					Группа	8Т6А		