

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Автоматизация системы учета газа газокompрессорной станции</b>

УДК 681.51:622.691-79:621.517

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Шевцов Михаил Валерианович		

#### Руководитель ВКР

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

#### Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	—		

#### Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Громаков Евгений Иванович	к.т.н. ДОЦЕНТ		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

Министерство 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»

Уровень образования – бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

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
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Шевцову Михаилу Валериановичу

Тема работы:

Автоматизация системы учета газа газокompрессорной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1094/с от 12.02.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Техническая документация датчику ЭнИ-100</li> <li>– Техническая документация по датчику ТПУ 0304/М1</li> <li>– Техническая документация по блоку управления шаровым краном ЭПУУ-7</li> <li>– Техническая документация по ПЛК iP-8811</li> <li>– Интернет-ресурсы по разработке алгоритмов управления</li> <li>– Интернет-ресурсы по проектированию и разработке SCADA систем</li> </ul>
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Описание технологического процесса</li> <li>• Разработка структурной схемы АСУ</li> <li>• Разработка схемы информационных потоков</li> <li>• Выбор комплекса аппаратно-технических средств</li> <li>• Разработка экранных форм</li> <li>• Разработка алгоритмов управления</li> <li>• Разработка схемы соединения внешних проводок</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация в формате *.ppt
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна
Социальная ответственность	Винокурова Галина Федоровна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
—	

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

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Шевцов Михаил Валерианович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т5А	Шевцову Михаилу Валериановичу

<b>Школа</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b> 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	Бюджет – 510020 руб. Затраты на з/п – 36552 руб. Затраты на специальное оборуд. – 58542 руб. Прочие расходы – 154 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тариф на электроэнерг. 5,8 кВт/ч
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Налог во внебюджетные фонды 27,1% Район. Коэф – 1,3 Наклад расходы – 16%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Оценка потенциальных потребителей исследования, анализ конкурентных решений, SWOT – анализ. Планирование этапов работ, определение трудоемкости и построение календарного графика, формирование бюджета. Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель эффективности – 4,4 Сравнительная эффективность проекта – 1,13
2. Формирование плана и бюджета инженерного проекта (ИП)	
3. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	

**Перечень графического материала**

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. График разработки и внедрения ИР
4. Материальные затраты
5. Затраты на приобретение ПО
6. Инвестиционный план. Бюджет ИП
7. Основные показатели эффективности ИП

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.04.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Меньшикова Екатерина Валентиновна	к.ф.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т5А	Шевцов Михаил Валерианович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т5А	Шевцову Михаилу Валериановичу

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

Тема ВКР:

<b>Автоматизация системы учета газа газокompрессорной станции</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является система учета газа. Рабочая зона оператора АСУ ТП располагается в специально оборудованном помещении, где работник занимается непосредственно своими обязанностями. Область применения объекта – производство, занимающееся транспортировкой газа.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы. Классификация». ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 31192.2-2005 «Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека»
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Превышение уровня вибрации 2. Превышение уровня шума 3. Повышенное значение электромагнитного излучения 4. Электроопасность 5. Пожаровзрывоопасность
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера – выбросы газа; Гидросфера – сточные воды; Литосфера – добыча ископаемых.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является возникновение пожара

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Винокурова Галина Федоровна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т5А	Шевцов Михаил Валерианович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа выполнена на 112 страницах, содержит 5 рисунков, 23 таблицы, 16 источников литературы, 15 приложений.

Ключевые слова: КС, ДАТЧИКИ, АСУ ТП, ПИД-РЕГУЛЯТОР, АРМ ОПЕРАТОРА, КОНТРОЛЛЕР, SCADA-СИСТЕМА.

В настоящей работе приведены решения по автоматизации системы учета газа газокompрессорной станции, выбору датчиков и контроллерного оборудования, разработке алгоритмов автоматического управления, экранных форм технологического процесса, разработке схем: автоматизации, соединения внешних проводок, структурной.

Цель работы – обеспечение дистанционного контроля учета и параметров газа.

Для выполнения работы использовались программные продукты Microsoft Visio 2016, Matlab R2017a, Siemens TIA Portal V13.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 компании Microsoft.



## Оглавление

Определения .....	13
Обозначения и сокращения .....	14
Введение .....	15
1 Постановка задачи и анализ методов учета газа .....	16
1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП .....	16
1.2 Описание технологического процесса, назначение узла учета газа.....	16
1.3 Требования к техническому обеспечению.....	17
1.4 Требования к программному обеспечению .....	19
1.5 Требования к информационному обеспечению .....	20
1.6 Описание методов учета газа.....	21
1.6.1 Скоростной метод измерения .....	21
1.6.2 Кориолисовый метод.....	21
1.6.3 Метод переменного перепада давлений.....	22
1.6.4 Ультразвуковой метод.....	23
1.7 Структура и архитектура САУ ГРС .....	24
1.7.1 Нижний (полевой) уровень .....	24
1.7.2 Средний уровень .....	24
1.7.3 Верхний уровень .....	24
1.8 Вывод по главе 1 .....	25
2 Комплекс аппаратно-технических средств.....	27
2.1 Выбор датчиков давления.....	27
2.2 Выбор датчиков температуры .....	29
2.3 Выбор блока управления исполнительных устройств .....	32
2.3.1 Выбор блока управления шаровыми кранами .....	32
2.3.2 Выбор блока управления задвижкой.....	33
2.3.3 Выбор блока управления вентиляторами.....	33
2.4 Выбор контроллерного оборудования .....	34
2.5 Вывод по главе 2 .....	35

3	Реализация автоматизированной системы учета газа газокompрессорной станции .....	36
3.1	Разработка функциональной схемы .....	36
3.2	Разработка схемы соединения внешних проводок .....	38
3.3	Программное обеспечение .....	39
3.3.1	Функции частей ПО .....	39
3.3.2	Разработка экранных форм .....	41
3.4	Информационное обеспечение .....	41
3.4.1	Состав информационного обеспечения .....	41
3.4.2	Методы контроля данных .....	42
3.4.3	Информационная совместимость .....	42
3.5	Разработка алгоритмов управления .....	42
3.5.1	Разработка алгоритма переключения с основной линии на резервную со SCADA-системы .....	44
3.5.2	Разработка алгоритма теста вентиляторов со SCADA-системы....	44
3.5.3	Разработка алгоритма автоматического регулирования технологическим параметром .....	45
3.6	Вывод по главе 3 .....	47
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	48
4.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
4.2	Технология QuaD .....	49
4.3	SWOT-анализ.....	50
4.4	Планирование научно-исследовательских работ .....	52
4.4.1	Структура работы в рамках научного исследования.....	52
4.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	53
4.4.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	56
4.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	57
4.5.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	58
4.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование .....	59
4.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	59

4.5.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	61
4.5.5	Отчисление во внебюджетные фонды .....	61
4.6	Накладные расходы.....	62
4.7	Прямые затраты.....	62
4.8	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ..	63
4.9	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	64
4.10	Вывод по главе 4 .....	66
5	Социальная ответственность .....	67
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	67
5.2	Производственная безопасность .....	68
5.2.1	Анализ вредных и опасных производственных факторов .....	68
5.2.2	Анализ вредных факторов .....	69
5.2.3	Анализ опасных факторов .....	73
5.3	Экологическая безопасность .....	75
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	76
5.4.1	Пожарная безопасность.....	76
5.5	Взрывоопасность .....	78
5.6	Вывод по разделу социальная ответственность .....	79
	Заключение .....	80
	Список литературы .....	81
	Приложение А Структурная схема .....	83
	Приложение Б Функциональная схема .....	85
	Приложение В Функциональная схема.....	87
	Приложение Г Функциональная схема ANSI.....	89
	Приложение Д Функциональная схема ANSI .....	91
	Приложение Е Опросный лист датчиков давления ЭНИ-100 .....	93
	Приложение Ж Карта заказа для датчиков температуры ТПУ 0304/М1 .....	95
	Приложение К Схема внешних проводок.....	97
	Приложение Л Схема внешних проводок.....	99

Приложение М Схема внешних проводок .....	101
Приложение Н Схема внешних проводок .....	103
Приложение П Мнемосхема участка КС .....	105
Приложение Р Мнемосхема участка КС.....	107
Приложение С Список сигналов .....	109
Приложение Т Алгоритм переключения с основной линии на резервную ..	111

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированная система:** Система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

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

**архитектура автоматизированной системы:** Набор решений по организации системы программного обеспечения, а также набор структурных элементов и их интерфейсов, с помощью которых создается автоматизированная система.

**интерфейс:** Объединение правил и средств для обеспечения взаимодействия между техническими устройствами, различными программными системами, или между системой и пользователем.

**протокол:** Правила, позволяющие осуществлять соединение, а также обмен данными между программируемыми устройствами, включёнными в соединение.

**технологический процесс:** Последовательность операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

**ФЮРА:** Код организации разработчика проекта (ТПУ).

**SCADA:** Программный пакет для разработки или обеспечения работы в реальном времени программного обеспечения систем управления технологическими процессами, а также сбора, обработки и отображения данных.

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие сокращения:

АВО – аппарат воздушного охлаждения;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АСУ – автоматизированная система управления;

КС – компрессорная станция;

МГ – магистральный газопровод;

ПО – программное обеспечение;

САУ – система автоматического управления;

СИ – средство измерения;

СУ – сужающее устройство;

ТП – технологический процесс;

УУГ – узел учета газа;

ЧМИ – человеко-машинный интерфейс.

## **Введение**

Природный газ добывается на месторождении. Он имеет некоторое пластовое давление, однако его недостаточно для транспортировки на большие расстояния. Кроме того, по мере выработки месторождения, падает пластовое давление. Поэтому на магистральном газопроводе устанавливают головную компрессорную станцию. Так же для поддержания давления на газопроводе устанавливают дополнительные компрессорные станции, примерно каждые (100 – 150) км.

На компрессорных станциях используют различные типы газоперекачивающих агрегатов: с газовым двигателем внутреннего сгорания, с газотурбинным двигателем, с электроприводом. Кроме того, газ может использоваться для обогрева помещений.

Для учета газа на личные нужды на газопровод устанавливают расходомеры, которые позволяют оценить затраты на личное использование.

Целью данной выпускной квалификационной работы является обеспечение дистанционного контроля расхода и параметров газа.

## **1 Постановка задачи и анализ методов учета газа**

### **1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП**

- Дистанционная передача дискретной информации о состоянии контролируемых объектов;
- оповещение оператора о выходе контролируемых параметров за допустимые пределы;
- сигнализация об аварийных случаях на контролируемых объектах;
- дистанционное управление работой технологического оборудования на технологическом объекте.

### **1.2 Описание технологического процесса, назначение узла учета газа**

После месторождения газ идет на головную компрессорную станцию, где его очищают от влаги и механических примесей, забранных из скважины, при помощи пылеуловителей и фильтров-сепараторов. Затем, после узла очистки газа газ идет в нагнетатели, для увеличения давления газа. При увеличении давления газ так же и нагревается, поэтому его необходимо охладить, так как газ высокой температуры может вызвать деформацию труб, повреждение изоляции и таяние грунтов. Для этого газ направляется в узел охлаждения, где находятся агрегаты воздушного охлаждения. Для работы нагнетателей с газотурбинным приводом требуется газ, который подлежит учету.

Узел учета газа предназначен для коммерческого учета газа (измерения его расхода). Узлом учета является расходомер и дополнительное оборудование, находящееся у выхода из компрессорной станции. Из-за погодных условий и неисправностей оборудования могут меняться



температура и давление газа, что в свою очередь способно повлиять на расчет расхода, поэтому данные параметры необходимо так же контролировать.

Компрессорные станции часто находятся далеко от населенных пунктов и для дистанционного управления, а также для оперативной связи с промышленными площадками требуется внедрение системы автоматизации.

Система автоматизации обеспечивает:

Дистанционное измерение:

- расхода газа;
- температуры газа для коррекции значения расхода;
- давления газа для коррекции значения расхода и контроля

целостности труб в АВО.

Дистанционную сигнализацию:

- в случае резкого падения или роста расхода газа, что может свидетельствовать об аварии или неисправности;
- в случае падения давления после АВО, что может свидетельствовать об аварии или неисправности;
- в случае выхода из строя двигателей аппарата охлаждения.

Дистанционное управление:

- запуск/остановка вентиляторов;
- открытие/закрытие кранов.
- Регистрация данных.

### **1.3 Требования к техническому обеспечению**

АСУ ТП обязана обеспечивать передачу и обработку информации от средств автоматизации, поставляемых совместно с технологическим оборудованием.

Комплекс технических средств совместно с программным обеспечением должен обеспечивать реализацию всех функций, оговоренных в данном техническом задании.

В состав КТС должны входить:

- датчики;
- контроллеры;
- исполнительные механизмы;
- средства дистанционного управления, программно-технические средства обработки, хранения и передачи информации;
- средства отображения и регистрации информации (вторичные приборы, мониторы);
- местные щиты с коммуникационно-командными элементами.

Система измерений должна строиться на базе электронных датчиков давления, температуры, перепада давления. Средства измерений должны иметь стандартные сигналы диапазона (4 – 20) мА.

Все датчики, которые используются в данной системе, должны быть выполнены во взрывобезопасном исполнении. При выборе датчиков следует использовать аппаратуру с искробезопасными цепями. Чувствительные элементы датчиков, соприкасающиеся с агрессивной средой, должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов, либо для их защиты нужно использовать разделители сред.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода\вывода. Для ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной зоне, допускается использование модулей с искробезопасными входными цепями, а также внешних барьеров искробезопасности.

## 1.4 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение – совокупность программ для реализации целей и задач информационной системы, а также нормального функционирования комплекса технических средств.

Программное обеспечение автоматизированной системы должно включать в себя:

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

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации по входным\выходным сигналам;
- конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием стандартных функциональных блоков;
- создание мнемосхем для визуализации поведения и состояния технологических объектов;
- конфигурирования отчетных документов.

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

Панель оператора должна обеспечивать выполнение следующих функций:

- отображение всех измеренных и вычисленных параметров;
- отображение архивной информации;
- дистанционное управление АВО;
- дистанционное управление кранами;
- оповещение о нарушениях технологического процесса, аварийных ситуациях.

### **1.5 Требования к информационному обеспечению**

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

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составляющими частями АС;
- структура процесса сбора, обработки и передачи информации в АС;
- информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

В состав информационного обеспечения должны входить:

- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статической отчетности;
- распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов:
- средства ведения и управления базами данных.

## **1.6 Описание методов учета газа**

### **1.6.1 Скоростной метод измерения**

Скоростной метод основан на измерении скорости протекания жидкости по трубопроводу, поскольку скорость пропорциональна расходу.

Достоинствами расходомеров являются: малые габариты и вес, относительно низкая стоимость и нечувствительность к пневмоударам, а также значительный диапазон измерения расхода, который существенно превосходит аналогичный показатель для СУ.

К недостаткам следует отнести некоторую чувствительность к искажениям потока на входе и выходе расходомера, неработоспособность на малых расходах - менее  $(8 - 10) \text{ м}^3/\text{ч}$ , а также повышенную погрешность при пульсации потоков газа.

### **1.6.2 Кориолисовый метод**

Внутри каждого расходомера расположена трубка. Так называемый возбудитель заставляет трубку колебаться с определенной тактовой частотой. Если в трубе нет движения измеряемой среды – она колеблется равномерно. Датчики, находящиеся на входе и на выходе из трубки, регистрируют эти равномерные колебания. Как только измеряемая среда начинает перемещаться в трубе, появляются дополнительные продольные колебания. Под действием

силы Кориолиса в один момент времени входная и выходная части трубы отклоняются в разные стороны. То есть присутствует сдвиг по фазе. Высокочувствительные датчики воспринимают эти колебания. Как результат, сдвиг по фазе и является мерой расхода вещества.

Кориолисовые расходомеры являются одними из самых точных. Они широко применяются для коммерческого учета жидкостей и сжатых газов. Основное место применения в газовой промышленности - учет количества природного газа, отпускаемого на автомобильные газонакопительные компрессорные станции. В этом случае газ сжат до давления примерно до 20 МПа и имеет плотность, достаточную для применения данного метода.

Недостатками кориолисовых расходомеров являются большая масса и габариты конструкции, относительно высокая цена, а также влияние внешней механической вибрации на показания прибора.

### **1.6.3 Метод переменного перепада давлений**

Метод переменного перепада давления основан на создании и измерении перепада давления на сужающем устройстве (сопле, диафрагме), установленном в измерительном трубопроводе, при протекании потока газа через это устройство. Перепад давления, по которому судят о расходе газа, измеряют с помощью дифференциальных манометров.

Достоинствами данных расходомеров является: простота конструкции и возможность проверки беспроливным методом, т. е. без расходомерных стендов.

Недостатками являются: малый диапазон измерения, высокая чувствительность к неравномерности эпюры скоростей потока на входе в СУ (диафрагму), обусловленной наличием в подводящем и/или отводящем трубопроводах гидравлических сопротивлений (запорной арматуры,

регуляторов, фильтров, колен и т. д.). Из-за этого необходимо наличие прямых участков перед СУ, длиной не менее 10 условных диаметров трубопровода.

Так как габариты размеров позволяют построить длинные участки труб и использование расходомеров переменного перепада давлений выходит намного дешевле по сравнению с другими, данный метод измерения расхода был выбран в данной работе.

#### **1.6.4 Ультразвуковой метод**

Ультразвуковыми расходомерами называют расходомеры, принцип работы которых основан в прохождении ультразвуковой волны через поток жидкости или газа. Ультразвуковые расходомеры работают в диапазоне частот от 20кГц до 1000 МГц.

Достоинством ультразвуковых расходомеров является перспективность в коммерческом учете газа. Ранее их применение сдерживалось высокой стоимостью изготовления и недостаточной надежностью электронного блока. Однако в настоящее время с развитием микроэлектроники данный недостаток постоянно уменьшается. Приборы этого типа не имеют подвижных частей и частей, выступающих в поток. Следовательно, они практически не создают дополнительных потерь напора и могут потенциально иметь весьма высокую надежность. Кроме того, они могут обеспечивать измерения в широком диапазоне изменения расхода газа и быть энергонезависимыми.

Недостатком является необходимость применения многолучевых ультразвуковых расходомеров (2-лучевых и более) с последующей обработкой информации по весьма сложной программе для того, чтобы практически исключить влияние искажений потока газа на точность измерения.

## **1.7 Структура и архитектура САУ ГРС**

Проектирование автоматизированной системы учета газа газораспределительной станции выполнено по принципу трех уровней. Структурная схема приведена в приложении А.

### **1.7.1 Нижний (полевой) уровень**

Нижний уровень включает в себя: датчики для сбора информации, электроприводы и исполнительные механизмы для регулирующих и управляющих воздействий. Датчики поставляют информацию локальному программируемому логическому контроллеру.

Для контроля различных технологических параметров предполагается использование средств КИПиА.

### **1.7.2 Средний уровень**

Данный уровень состоит из контроллеров и прочих аналого-цифрового, дискретного и других устройств преобразования. Реализует сбор и первичную обработку 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).

данной проектируемой системе средний уровень представлен распределённой системой управления, представляющей собой шкаф САУ ГРС. Шкаф построен с использованием ПЛК.

### **1.7.3 Верхний уровень**

На данном уровне происходит сбор, обработка и объединение в базу данных информации с нижних уровней. Кроме того, производится индикация



необходимых параметров и процессов, регистрация и хранение информации. Здесь происходит формирование отчетной документации и осуществление управления технологическими режимами системы.

Данный уровень можно структурно разделить на:

1. АРМ оператора:

- Операционная система;
- SCADA-система;
- Система безопасности;
- БД реального времени;

2. Серверную часть.

АРМ предназначено для отображения необходимого объема информации в удобном для восприятия виде и приема команд управления от оператора. Данные могут быть предоставлены в графическом исполнении и в виде отчетной документации.

С помощью серверной части выполняется хранение, обработка и обмен информацией, например, между КС и промышленной площадкой.

## **1.8 Вывод по главе 1**

Основными задачами автоматизированной системы учета газа газокompрессорной станции является дистанционный контроль всем комплексом оборудования узла учета газа из центрального диспетчерского пункта при помощи АРМ оператора, а также контроль технологических параметров газа. Для реализации успешного выполнения задач были разработаны требования к техническому, программному, информационному обеспечению.

Также из описанных в главе методов измерения расхода был выбран метод переменного перепада давления, так как габариты размеров позволяют построить длинные участки труб и использование расходомеров переменного перепада давлений выходит намного дешевле по сравнению с другими.

## 2 Комплекс аппаратно-технических средств

### 2.1 Выбор датчиков давления

Выбор датчиков давления проводился по следующим характеристикам:

- тип измеряемого давления;
- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность;
- выходные сигналы;
- вариант исполнения;
- условия окружающей среды;
- цена.

В таблице 1 представлен выбор датчиков давления.

Таблица 1 – Выбор датчиков давления

Наименование датчика	Smag LD290	Метран-150	ЭНИ-100
Тип измеряемого давления	абсолютное, избыточное, вакуумметрическое, дифференциальное, гидростатическое	абсолютное, избыточное, вакуумметрическое, дифференциальное, гидростатическое	абсолютное, избыточное, вакуумметрическое, дифференциальное, гидростатическое
Диапазон измерений	от 0 кПа до 25 МПа	от 0.025 кПа до 68 МПа	от 1.6 кПа до 16 МПа
Допускаемая погрешность	± 0.075 %	± 0.075 %	± 0.1 %
Выходные сигналы	(4 – 20) мА с HART-протоколом, FFildBus, ProfiBus PA, WirelessHART	(4 – 20) мА с HART-протоколом, 0-5 мА	(4 – 20) мА с HART протоколом
Вариант исполнения	общепромышленное, искробезопасная цепь, взрывонепроницаемая оболочка	общепромышленное, искробезопасная цепь, взрывонепроницаемая оболочка	общепромышленное, искробезопасная цепь, взрывонепроницаемая оболочка, кислородное

### Продолжение таблицы 1 - Выбор датчиков давления

Условия окружающей среды	от минус 40 до 85 °С	от минус 40 до 85 °С	от минус 40 до 80 °С
Цена	цена по запросу	от 39000 рублей	от 19000 рублей

При выборе датчиков давления было рассмотрено три варианта: Smart LD290, Метран-150, и ЭНИ-100.

Как видно из таблицы 1, все датчики способны измерять избыточное давление, так же они подходят по диапазону измерений, на КС давление увеличивают до 10 МПа. Все датчики имеют достаточно малую погрешность. Кроме того, все датчики имеют выходной сигнал (4 – 20) мА и взрывонепроницаемую оболочку. Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что данные датчики подходят по всем критериям, однако, выбор сделан в пользу датчика давления ЭНИ-100, так как у него наименьшая цена. Также этот датчик способен измерять дифференциальное давление, что делает возможным использование его при методе переменного перепада давления.

Датчик давления ЭНИ-100 изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Датчик давления ЭНИ-100

Принцип действия данного датчика:

Под действием давления, а также разности давлений (со стороны минусовой и плюсовой камер), измерительная мембрана деформируется. В результате этого, у тензорезисторов, расположенных на ней, или электрической емкости между деформируемой металлизированной мембраной и подложкой происходит изменение электрического сопротивления. В итоге, сенсор вырабатывает сигнал напряжения. После этого, данный сигнал поступает в электронный модуль сенсора. Там он посредством 24-х разрядного АЦП преобразуется в цифровой код.

Опросный лист для выбора датчика давления ЭНИ-100 представлен в приложении Е.

## 2.2 Выбор датчиков температуры

Выбор датчиков температуры основывался на оценке следующих характеристик:

- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность; выходные сигналы;
- наличие взрывозащиты;
- условия окружающей среды; длина монтажной части;
- цена.

При выборе зарубежные датчики не учитывались. В таблице 2 представлены необходимые характеристики.

Таблица 2 – Выбор датчиков температуры

Наименование датчика	ТСМУ-16	ТПУ 0304/М1	ТСПУ-205/1
Диапазон измерений	от минус 50 до 150 °С	от минус 50 до 200 °С	от минус 50 до 150 °С
Допускаемая погрешность	± 0.5 %	± 0.1 %	± 0.25 %

Продолжение таблицы 2 - Выбор датчиков давления

Выходные сигналы	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА
Вариант исполнения	Общепромышленное	Общепромышленное, искробезопасная цепь, взрывонепроницаемая оболочка, атомное	Общепромышленное, искробезопасная цепь
Условия окружающей среды	от минус 50 до 70 °С	от минус 50 до 70 °С	от минус 50 до 70 °С
Длина монтажной части	от 60 мм	от 60 мм	от 100 мм
Цена	от 4390 рублей	от 7085 рублей	от 4185 рублей

При выборе датчиков температуры было рассмотрено три варианта: ТСМУ-16, ТПУ 0304/М1 и ТСПУ-205/1.

Как видно из таблицы 2, самую маленькую погрешность из рассматриваемых датчиков имеет ТПУ 0304/М1, а самую большую – ТСМУ-16. Также, все датчики имеют выходной сигнал (4 – 20) мА. Длина монтажной части должна быть в пределах (30 – 70) % от диаметра трубопровода. Диаметр труб на КС составляет от 100 мм до 1400 мм, по данному требованию удовлетворяют два датчика: ТСМУ-16 и ТПУ 0304/М1. Взрывонепроницаемую оболочку имеет только ТПУ 0304/М1. Диапазон измерений удовлетворяет требованиям. Так как ТПУ 0304/М1 соответствует всем необходимым требованиям, то будет использован именно этот датчик.

Датчик температуры ТПУ 0304/М1 (произведен компанией НПП ЭЛЕМЕР) изображен на рисунке 2.



Рисунок 2 – ТПУ 0304/М1

Принцип действия термопреобразователей основывается на том, что с изменением температуры металл (платина или медь) способен изменять свое электрическое сопротивление.

ТПУ 0304/М1 состоит из первичного преобразователя сопротивления (медного или платинового) и вторичного преобразователя – электронной схемы. Данная схема преобразует изменение сигнала датчика, подключенного к ней, в унифицированный токовый выходной сигнал, пропорциональный изменению температуры. Первичный преобразователь представляет из себя намотку из медной проволоки или платиновую спираль, которая помещена в защитную арматуру. В голове размещается вторичный преобразователь. Внутри корпуса через кабельный ввод к контактам клеммной колодки подключаются выходные и входные цепи.

Карта заказа для выбора датчика температуры ТПУ 0304/М1 представлена в приложении Ж.

## 2.3 Выбор блока управления исполнительных устройств

### 2.3.1 Выбор блока управления шаровыми кранами

Выбор блока управления шаровым краном проводился по следующим характеристикам:

- управляющий сигнал;
- взрывозащитное исполнение;
- условный проход кранов;
- сигнализация крайних положений;
- условия окружающей среды;
- цена.

В таблице 3 представлены необходимые характеристики нескольких блоков управления шаровым краном.

Таблица 3 - Выбор блока управления шаровым краном

Наименование Блока	БУК-2	ЭПУУ-7	ЭПУУ-4
Управляющий сигнал	24, 110, 220 В	24, 110, 220 В	24, 110 В
Взрывозащитное исполнение	взрывонепроницаемая оболочка	взрывонепроницаемая оболочка	взрывонепроницаемая оболочка
Условный проход кранов	от 250 до 1400 мм	от 50 до 150 мм	до 1400 мм
Сигнализация крайних положений	встроенная	встроенная	необходимо заказывать дополнительно
Условия окружающей среды	от минус 55 до 50 °С	от минус 60 до 55 °С	от минус 60 до 55 °С
Цена	от 10000 рублей	от 35000 рублей	от 40000 рублей

При выборе блока управления шаровым краном было рассмотрено три варианта: БУК-2, ЭПУУ-7 и ЭПУУ-4.

Как видно из таблицы 3, все блоки имеют взрывозащитное исполнение и удовлетворяют условиям окружающей среды, так же все блоки имеют



управляющий сигнал 24 В. Так как газопровод на КС может быть диаметром 100 мм, то БУК-2 из-за этого критерия использовать не получится. У ЭПУУ-7 малый диапазон условного прохода крана, и на КС с газопроводом большого диаметра его использование не является возможным. При дальнейшем выборе учитывалось наличие сигнализации крайних положений и цена. В ЭПУУ-7 данная сигнализация встроенная, и цена ниже, чем у ЭПУУ-4, поэтому выбор сделан в пользу данного блока для КС с диаметром газопровода менее 150 мм. Для других КС придется использовать ЭПУУ-4, но схема подключений у него такая же, поэтому схема внешних проводок не будет иметь принципиальных различий.

### **2.3.2 Выбор блока управления задвижкой**

При выборе электропривода для задвижки были рассмотрены несколько вариантов: ГЗ-ВА.100 КС, ГЗ-ВД.5000 КС, НВ-01.

Взрывозащищенное исполнение имеют только первые два варианта. Цена электропривода ГЗ-ВА.100 КС во много раз меньше электропривода ГЗ-ВД.5000 КС, поэтому был выбран первый вариант.

### **2.3.3 Выбор блока управления вентиляторами**

Выбор блока управления вентиляторами не проводился, так как агрегаты воздушного охлаждения являются обязательным элементом компрессорной станции и имеют свой шкаф управления с возможным подключением к контроллеру. Шкаф управления имеет сложную конструкцию, модели с возможностью подключения к контроллеру имеют выходы на управление частотой вращения вентиляторов, сигнализацию о критической остановке или невозможности запуска.

## 2.4 Выбор контроллерного оборудования

При выборе контроллерного оборудования было рассмотрено несколько вариантов: iP-8811 производства ICP DAS, СТН-3000 производства АО «АтлантикТрансгазСистема», S7-300 производства Siemens.

Все контроллеры так или иначе имеют схожие характеристики и могут быть оборудованы дополнительными модулями. Так как на сайте «Газпроммаш» базовая комплектация использует контроллеры iP-8811, то в данной выпускной квалификационной работе также будет использован данный контроллер.

В состав системы iP-8811 входит полный набор технических средств для автоматизации САУ ГРС и дает возможность дополнительных настроек при смене датчиков или частичном изменении системы. Система обеспечивает в реальном масштабе времени следующие основные функции:

- сбор, передачу, прием данных с объектов (текущих параметров, сообщений сигнализации, команд управления и регулирования);
- анализ полученных данных и проверку их достоверности;
- отображение результатов анализа и контроля (в виде текста на технологических схемах и в таблицах, графиков, цветовой и звуковой сигнализации);
- проведение в реальном времени необходимых расчетов и диагностики технологического и сетевого оборудования;
- прямое управление объектом с обеспечением передачи и выполнения команд;
- удобный интерфейс для выполнения всех указанных действий.

Технические характеристики для iP-8811 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики iP - 8811

Параметр	Значение
Протокол	Ethernet, TCP/IP, ASCII, BSAP, CIP, DFI, DNP 3, HART, MODBUS
Температурный диапазон	от минус 25 до 75 °С
Язык программирования	C/C++
Модули ввода/вывода	До 128 сигналов

## 2.5 Вывод по главе 2

При выполнении данной работы был подобран комплекс аппаратно-технических средств для реализации системы, соответствующей поставленным задач. В ходе сравнительного анализа характеристик датчиков давления, температуры; блоков управления шаровым краном, задвижкой, вентиляторами; контроллерного оборудования были выбраны следующие средства:

- Датчик давления ЭНИ – 100;
- Датчик температуры ТПУ 0304/М1;
- Блок управления шаровым краном ЭПУУ-7;
- Блок управления задвижкой ГЗ-ВА.100 КС;
- Контроллер iP-8811.

Данные средства должны обеспечить качественную работу автоматизированной системы учета газа.

### **3 Реализация автоматизированной системы учета газа газокompрессорной станции**

#### **3.1 Разработка функциональной схемы**

Функциональная схема автоматизации – технический документ, который входит в основной комплект рабочих чертежей проектируемой САУ, в соответствии с ГОСТ 21.408-2013. ФСА предназначена для отображения основных технических решений при проектировании.

На функциональной схеме автоматизации представляют технологическое оборудование, а также связующие компоненты (например, трубо- и газопроводы) автоматизированной системы, средства автоматизации и контуры, отвечающие за управление, регулирование и контроль.

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Средства автоматизации и приборы изображаются, согласно ГОСТ 21.208-2013.

Разработанная автоматизированная система учета газа газораспределительной станции представляет следующее:

местный контроль:

- давление газа на входе и выходе охладителя;
- температура газа на входе и выходе охладителя;
- состояние охладителя;

удаленный контроль:

- давление газа на входе и выходе охладителя;
- температура газа на входе и выходе охладителя;
- расход газа в час;
- состояние охладителя;

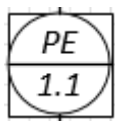
- переключение кранов;

удаленная сигнализация:

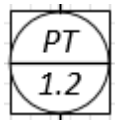
- понижение давления газа на входе или выходе охладителя;
- повышение температуры газа на входе или выходе охладителя;
- отсутствие изменения температуры при включенном охладителе.

В приложениях Б - Д приведена функциональная схема автоматизации учета газа.

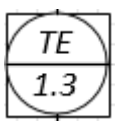
Данная ФСА содержит в себе следующие графические обозначения:



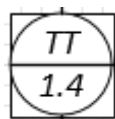
- Первичный преобразователь датчика давления, датчик по месту;



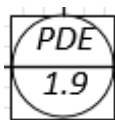
- Вторичный преобразователь датчика давления, передача данных на ПЛК;



- Первичный преобразователь датчика температуры, датчик по месту;



- Вторичный преобразователь датчика температуры, передача данных на ПЛК;



- Первичный преобразователь датчика перепада давления, датчик по месту;



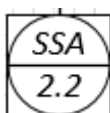
- Вторичный преобразователь датчика перепада давления, передача данных на ПЛК;



- Выключатель конечный;



- Электропневматический узел управления;



- Выключатель двигателя;



- Узел управления частотой вращения двигателя.

### 3.2 Разработка схемы соединения внешних проводок

В приложениях К - Н показана схема внешних проводок.

Контрольный кабель КВБбШвнг прокладывается внутри блоков и между ними, а также от датчиков и исполнительных механизмов до шкафа и клеммных коробок САУ ГРС. Назначение этих кабелей в неподвижном присоединении к сборкам зажимов электрических распределительных устройств, электрическим устройствам, приборам с постоянным напряжением до 1000 В или номинальным переменным напряжением до 660 В частоты до 100 Гц.

Кабели необходимы для прокладки в туннелях, каналах, на открытом пространстве, зданиях, в траншеях и под землей, в условиях неблагоприятной среды, в местах, подверженных воздействию блуждающих токов. Данные кабели при одиночной прокладке не передают горение.

Конструкция кабеля КВБбШвнг:

- токопроводящая жила – мягкая медная проволока;
- изоляция ПВХ пластикат;
- сердечник – скручен из 4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 37, 52 или 61
- изолированной жилы;
- поясная изоляция – ленты из ПВХ пластиката;
- броня – стальные или стальные оцинкованные ленты;
- оболочка кабеля – ПВХ пластикат пониженной горючести.

Описание и расшифровка кабеля КВБбШвнг 4х1,0:

К – кабель контрольный;

В – изоляция жил из поливинилхлоридного пластиката;

Б – броня из двух стальных лент;

б – отсутствующая подушка является внутренней частью защитного покрова, накладывается под броню для предохранения элемента, находящегося под ней, от коррозии и механических повреждений полосами или проволоками брони;

Шв – защитный покров в виде выпрессованного шланга из поливинилхлоридного пластиката;

нг – не горючий;

4х1,0 – сердечник скручен из 4-ми изолированных жил с сечением 1 мм.

### **3.3 Программное обеспечение**

#### **3.3.1 Функции частей ПО**

Функционал автоматизации операционных систем представляется следующими основными наборами функций:

- контроль безопасности информации;

- обеспечение интерфейсов пользователя, взаимодействия с прикладным ПО:

- управление тех. средствами сервера и АРМ.

К основным функциям ПО АРМ относятся управление исполнительными устройствами, сведение сообщений в архив и обеспечение доступа к нему, вывод сообщений о критических значениях параметров, сбоях и ошибках. Кроме того, к этому можно добавить визуализацию технологического процесса, возможность вывода отчетов на печать и ввода данных в контроллер.

Сообщения должны быть информативны и содержать информацию, достаточную и необходимую оператору. В основном это необходимое и измеренное значения, дата и время, имя датчика (его расположение в ТП). Возможна структуризация этих сообщений по группам, например, в зависимости от пожеланий заказчика:

- по изменяемому параметру (температура, давление);
- аварийные и предупредительные;
- сообщения системных вопросов.

Отображение ТП на экране содержит следующие элементы:

- текущие значения каждого из измеряемых параметров вблизи каждого датчика и значения состояния дискретных величин;
- упрощенные изображения и схемы технологических элементов, датчиков и исполнительных механизмов, отражающих их текущее состояние;
- вывод другой информации, необходимой заказчику.

Возможность ввода данных в контроллер подразумевает задание уставочных значений.



### 3.3.2 Разработка экранных форм

Для создания ЧМИ будет использоваться SCADA-система TIA Portal WinCC Advanced.

При разработке ЧМИ предполагалось, что мнемосхема содержит только необходимые средства контроля и управления определенным процессом. Разработанная мнемосхема находится в приложении П.

По требованию заказчика цветовая палитра средств измерения и исполнительных устройств должна соответствовать данным, представленным в таблице 5.

Таблица 5 – Цветовая палитра

Цвет	Пояснение
Зеленый	Вентилятор запущен, кран открыт
Красный	Ошибка при запуске или работе вентилятора, закрытый кран
Синий	Вентилятор остановлен, кран переключается
Темно-красный/темно-зеленый индикатор	Индикатор не горит
Красный/зеленый индикатор	Индикатор горит

## 3.4 Информационное обеспечение

### 3.4.1 Состав информационного обеспечения

Схема информационных потоков изображена в приложении Р.

Схема разделяется на несколько уровней. На первом уровне находятся датчики и исполнительные устройства. С него на средний уровень поступают данные и необходимые сигналы измерения и состояния. Со среднего уровня обратно на первый уровень поступают команды управления.

На среднем уровне ПЛК распределяет потоки преобразованной информации между сервером БД и АРМ оператора. АРМ оператора принимает и отображает полученную информацию, отдает команды управления,

передаваемые на средний уровень. Каждое действие оператора хранится в АРМ в виде журналов событий.

В сервере БД вся полученная информация структурируется, после чего обращение к ней возможно с помощью SQL запросов с АРМ диспетчера и производственно-диспетчерской службы.

### **3.4.2 Методы контроля данных**

Наиболее распространенным методом контроля достоверности данных является проверка состояния передающего датчика. Для этого датчик проверяется на:

а) нахождение значения переданного параметра в пределах достоверного диапазона;

б) обрыв связи.

После этого производится сопоставление заданных показателей полученным.

### **3.4.3 Информационная совместимость**

Совместимость с другими сетями обеспечивается с помощью использования международных стандартов для передачи данных и организации сетей обмена, то есть следующие стандарты: Modbus RTU, RS-485, Ethernet и стандарт языков программирования ПЛК IEC 61131-3.

## **3.5 Разработка алгоритмов управления**

В текущем работе алгоритмы описывают логику управления кранами со SCADA-системы.

Все алгоритмы являют собой взаимосвязанные модули, изображаемые определенными символами в соответствии с ГОСТ 19.701-90. Общий цикл внутри алгоритма отсутствует, так как алгоритм цикличен.

Каждый элемент контроля и управления должен иметь свой идентификатор (ТЕГ). Структура данного шифра должна иметь следующую форму:

AAAA\_BB\_CC,

где:

- AAAA – тип сигнала

DATA – данные (с датчиков, положение кранов);

STAR – команда на запуск;

STOP – команда на остановку;

OPEN – команда на открытие;

CLOS – команда на закрытие;

- BB – тип оборудования

DD – датчики давления;

DT – датчики температуры;

VT – вентиляторы;

ZM – краны/задвижки;

- CC – номер.

В приложении С в представлен перечень входных и выходных сигналов со всеми обозначениями переменных, даны их типы и описание.

### **3.5.1 Разработка алгоритма переключения с основной линии на резервную со SCADA-системы**

Данный алгоритм позволяет оператору или диспетчеру переключать поток газа с основной линии, на линию на резервную линию узла охлаждения. В приложении Т представлен алгоритм, работающий следующим образом: оператор или диспетчер нажимают на кнопку перевода «На резерв», после чего генерируются управляющие сигналы OPEN\_ZM\_03 и OPEN\_ZM\_04 на исполнительные устройства кранов К3 и К4, для открытия резервной линии. Значки кранов К3 и К4 окрашиваются в синий цвет в тот момент, когда затвор крана находится в переходном положении. В момент полного открытия затвора генерируется сигнал о том, что кран открыт, и значок окрашивается в зеленый цвет. После открытия кранов генерируется сигнал STAR\_VT\_02 для запуска вентилятора на резервной линии, при удачном запуске значок окрасится в зеленый цвет. Затем генерируются сигналы CLOS\_ZM\_01, CLOS\_ZM\_02, STOP\_VT\_01, для закрытия К1 и К2, а также остановка вентилятора на основной линии. Значки кранов К1 и К2, а также вентилятора окрашивается в синий цвет при переключении, значки кранов после закрытия становятся красными. После чего выводится сообщение об успешном выполнении операции. Если какой-либо сигнал не поступил, появляется соответствующая ошибка.

### **3.5.2 Разработка алгоритма теста вентиляторов со SCADA-системы**

Данный алгоритм позволяет оператору или диспетчеру проверять вентиляторы дистанционно. Алгоритм, работает следующим образом: оператор или диспетчер нажимают на значок вентилятора, например, на резервной линии и выбирает кнопку «ТЕСТ», после чего генерируется

управляющий сигнал STAR\_VT\_02 на исполнительное устройство вентилятора. Значок вентилятора окрашивается в зеленый цвет в тот момент, когда вентилятор запущен, и после одной минуты работы генерируется сигнал на отключение STOP\_VT\_02 и после остановки значок окрашивается обратно в синий цвет. Если в течении одной минуты нет сигнала от вентилятора о том, что он запущен, то его значок окрашивается в красный. После чего выводится сообщение об ошибке. Если все прошло успешно, то выводится соответствующее сообщение.

### 3.5.3 Разработка алгоритма автоматического регулирования технологическим параметром

Для поддержания определенной температуры в газопроводе предусматривается управление частотой вращения вентиляторов. Автоматическое регулирование температуры газа осуществляется с помощью операторно-структурной схемы, изображенной на рисунке 3.

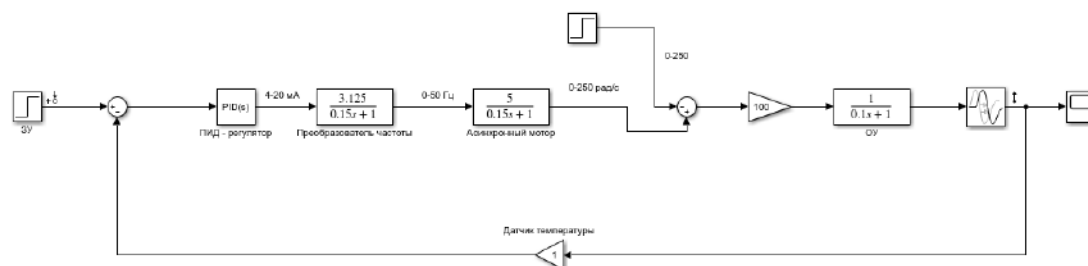


Рисунок 3 - Операторно-структурная схема в Simulink

АРМ-оператора используется в качестве задающего устройства (ЗУ), обеспечивает уставку температуры газа после узла охлаждения, а узел охлаждения является объектом управления (ОУ).

Регулирование температуры газа осуществляется следующим образом: на выходе ОУ температура измеряется датчиком температуры, сигнал с сигнал

с которого сравнивается с уставкой. Эту разность между измеренным значением и уставкой называют ошибкой регулирования. Затем сигнал данной ошибки поступает на ПИД-регулятор, с него на частотный преобразователь в зависимости от значения ошибки поступает управляющее воздействие. Регулирование скорости вращения электропривода осуществляет ЧП, в свою очередь электропривод воздействует на винт, влияющую на поток воздуха у газопровода, проходящий через охладитель.

Если температура после узла охлаждения стала больше заданной, то контроллер выдает сигнал на увеличение частоты вращения вентиляторов, благодаря чему поток газа у газопровода увеличится.

Настройка коэффициентов ПИД-регулятора выполнена автоматически с помощью Simulink. На рисунках 4,5 представлен полученный переходный процесс и определенные коэффициенты.

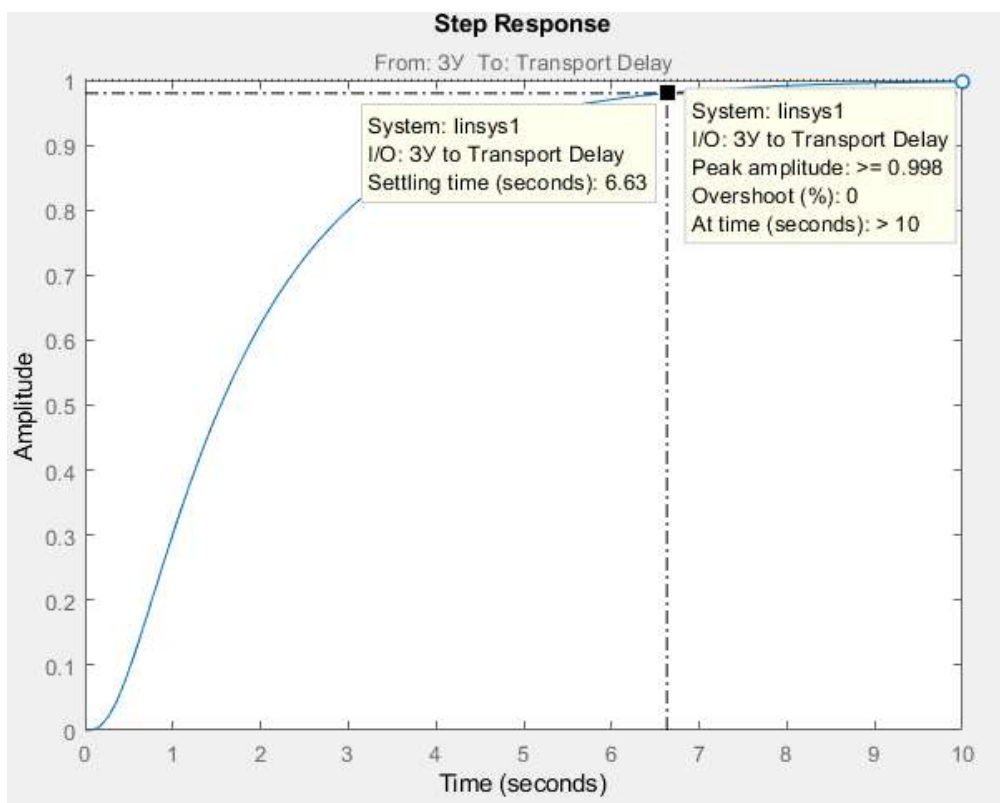


Рисунок 4 – Переходный процесс

Proportional (P):	1.33644626220404e-05	⋮
Integral (I):	0.000319455421959993	⋮
Derivative (D):	0	⋮
Filter coefficient (N):	100	⋮

Рисунок 5 – Коэффициенты ПИД - регулятора

Исходя из графика (рисунок 4) определим прямые показатели качества переходного процесса: перерегулирование составляет 0 %, а время переходного процесса – 6.63 с. Данные показатели качества являются приемлемыми для системы.

### 3.6 Вывод по главе 3

В данной главе описаны этапы реализации автоматизированной системы учета газа газокompрессорной станции. В частности, были разработаны программное, информационное обеспечения; функциональная схема, схема внешних проводок; алгоритмы управления.

Также в ходе математического моделирования и настройки ПИД – регулятора были получены показатели качества, являющиеся приемлемыми для системы

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Данный раздел определяет оценки коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Научно-исследовательская работа направлена на разработку системы управления плазмохимического реактора постоянного тока для получения карбида кремния.

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Например, ПАО «Роснефть», ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Сургутнефтегаз» и др. В данной бакалаврской работе рассматривается автоматизация системы учета газа газокompрессорной



станции. Разработанная автоматизированная система управления должна обеспечивать автоматизированный и дистанционный контроль и управление в реальном времени технологическим учетом газа. Целью создания данной автоматизированной системы управления является внедрение автоматизированных и математических методов контроля и управления технологическими процессами и объектами и снижение трудоемкости управления технологическими процессами.

## 4.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Оценка проведения процедуры QuaD представлена в табличной форме. Оценочная карта представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3×2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	0.1	60	100	0.65	6
2. Простота эксплуатации	0.05	90	100	0.9	4.5
3. Отказоустойчивость	0.06	55	100	0.55	3.3
4. Безопасность	0.1	80	100	0.8	8
5. Удобство пользования интерфейсом	0.1	90	100	0.95	9
6. Ремонтопригодность	0.07	65	100	0.65	4.55
7. Помехоустойчивость	0.05	40	100	0.3	2
8. Уровень шума	0.02	85	100	0.85	1.7

Продолжение таблицы 6 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

9. Долговечность	0.05	90	100	0.9	4.5
10. Потребность в ресурсах памяти	0.05	15	100	0.15	0.75
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность	0.05	75	100	0.75	3.75
2. Уровень проникновения на рынок	0.05	10	100	0.1	0.5
3. Цена	0.1	80	100	0.9	8
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0.07	85	100	0.85	5.95
5. Послепродажное обслуживание	0.03	65	100	0.65	1.95
6. Доступность	0.05	90	100	0.9	4.5
Итого:	1	1085		10.85	70.45

Полученное в результате QuaD анализа средневзвешенное значение перспективности научной работы находится в диапазоне от 60 до 79. Это означает, что перспективность проекта выше среднего.

### 4.3 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).

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Современные датчики.  С2. Удобный SCADA - интерфейс.  С3. Невысокая стоимость реализации.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Сложность конструкции.  Сл2. Большое перерегулирование.  Сл3. Отсутствует шумоподавление.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Выход на иностранный рынок.  В2. Использование существующего ПО.  В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>В2С2. Удобство системы при использовании распространенного ПО позволит снизить расходы на обучение персонала.  В1С3. Невысокая стоимость разработки позволит конкурировать с иностранными компаниями на мировом рынке.  В3С1. Одни из лучших временных показателей системы</p>	<p>В2Сл1Сл3.  Индивидуальная калибровка и поверка компонентов системы с помощью существующего ПО позволит улучшить ее показатели на программном уровне.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на новые технологии.  У2. Развитие конкуренция.  У3. Увеличение стоимости ресурсов.</p>	<p>У2С2. Простота и удобство системы управления позволит конкурировать с новыми сложными системами</p>	<p>У1У3Сл1. Увеличить спрос на проект при растущей стоимости ресурсов возможно за счет использования компонентов меньшей стоимости.</p>

## 4.4 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.4.1 Структура работы в рамках научного исследования

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

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент (С). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Студент
	3	Постановка целей и задач работы	Руководитель, Студент
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Описание технологического процесса	Студент
	6	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	Студент
	7	Разработка функциональных схем автоматизированной системы	Студент
	8	Выбор средств реализации автоматизированной системы	Студент
	9	Разработка схемы внешних проводок	Студент
	10	Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	Студент
	11	Разработка схемы информационных потоков автоматизированной системы	Студент
	12	Разработка мнемосхемы	Студент
Оформление отчета	13	Составление пояснительной записки	Руководитель, Студент

#### 4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_r$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения работ является ленточный график в форме диаграммы Ганта. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (4)$$

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

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

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

Полученные данные сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни		

Продолжение таблицы 9 - Временные показатели проведения научного исследования

	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
Поиск и изучение материалов по теме	2	1	4	3	2,8	1,8	1,4	0,9	2	1
Постановка целей и задач работы	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Календарное планирование работ	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
Описание технологического процесса	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка структурной схемы автоматизированной системы	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	5	-
Разработка функциональных схем автоматизированной системы	3	-	6	-	4,2	-	4,2	-	6	-
Выбор средств реализации автоматизированной системы	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
Разработка схемы внешних проводок	4	-	10	-	6,4	-	6,4	-	8	-
Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
Разработка схемы информационных потоков автоматизированной системы	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	9	-
Разработка мнемосхемы	5	-	8	-	6,2	-	6,2	-	9	-
Составление пояснительной записки	5	2	9	5	6,6	3,2	3,3	1,6	4	2
Итого:							37,9	5,1	52	7

#### 4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

На основе полученной таблицы 8 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по месяцам и декадам. График работ приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$	Продолжительность выполнения работ										
				Март			Апрель			Май				
				1	2	3	1	2	3	1				
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2		▣									
2	Поиск и изучение материалов по теме	Р,	1		▣									
		С	2		▣									
3	Постановка целей и задач работы	Р,	1		▣									
		С	1		▣									
4	Календарное планирование работ	Р,	1		▣									
		С	1		▣									
5	Описание технологического процесса	С	3		■									
6	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	С	5			■								
7	Разработка функциональных схем автоматизированной системы	С	6			■								
8	Выбор средств реализации автоматизированной системы	С	2				■							





#### 4.5.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{рас xi} , \quad (5)$$

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

$N_{рас xi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Расчеты представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения, шт	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы $Z_M$ , руб.
Датчик давления ЭНИ-100	шт.			
Датчик температуры ТПУ 0304/M1	шт.			
Блок управления шаровым краном ЭПУУ-7	шт			
Электропривод ГЗ-ВА.100 КС	шт.		72380	72380
Контроллер ICP DAS iP-8811	шт.	1	32360	32360
Итого, руб.:			3	

#### 4.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение персонального компьютера и специализированного программного обеспечения ISAGRAF 3.5 для создания алгоритмов работы ПЛК ICP DAS iP-8811. В таблице 12 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

Наименование	Единица измерения, шт	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы Зм, руб.
	шт.			
Ноутбук ASUS	шт			
Итого, руб:				

#### 4.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере (20 – 30) % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

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

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от основной).

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (7)$$

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

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

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная зарплата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (8)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Баланс рабочего времени приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	52	52
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (9)$$

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

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Расчет основной платы представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33664	-	-	1,3	28288	1172	5	5860
Студент	12664	-	-	1,3	16462	682	38	25916
Итого:								31776

#### 4.5.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (10)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимается равным 0,15. Расчеты дополнительной заработной платы представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$ , руб.	$k_{доп}$	$Z_{доп}$ , руб.
Руководитель	5860	0,15	879
Студент	25916	0,15	3887
Итого:			4766

#### 4.5.5 Отчисление во внебюджетные фонды

В данной статье отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации, нормам, органам государственного социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды ведется по формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (11)$$

где  $k_{внеб}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Расчет отчислений приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная з/п, руб.	Дополнительная з/п, руб.	Коэффициент отчислений	Отчисления
Руководитель	5860	879	0,271	1826
Студент	25916	3 887		8076
Итого				9902

#### 4.6 Накладные расходы

В накладные расходы должны быть включены те затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, услуг связи, размножение материалов, печать и ксерокопирование материалов и т.д.

Накладные расходы определяются по следующей формуле:

$$Z_{накл} = k_{нр} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (12)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, 16 %.

Получим:

$$Z_{накл} = 0,16 \cdot (31766 + 4776 + 335910 + 58542) = 68960 \text{ руб}$$

Таким образом, накладные расходы составили 68960 рублей.

#### 4.7 Прямые затраты

В этих расходах нужно посчитать затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием. Для этого нужно узнать мощность, время использования оборудования и рассчитать затраты.

Стоимость 1 кВт – составляет 5,8 руб.

Средняя мощность, потребляемая электрооборудованием во время работы, – 100 Вт.

Время использования электрооборудования составляет 266 часов.

Тогда затраты на электроэнергию составят:

$$Z_{\text{эн}} = 0,1 \cdot 266 \cdot 5,8 = 154 \text{ руб.}$$

Таким образом, прямые расходы составили 154 рубля.

#### **4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции

Определение бюджета затрат приведено в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты НИИ	335910
2. Затраты на приобретение спецоборудования для научных работ	58542
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	31776
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4776
5. Отчисление во внебюджетные фонды	9902
6. Накладные расходы	68960
7. Прямые расходы	154
8. Бюджет затрат НИИ	510020

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального финансового показателя, определяемого по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{исп1}} = \frac{259015,06}{266884,26} = 0,97, \quad (14)$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{266884,26}{266884,26} = 1. \quad (15)$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

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

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

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

Сравнительный анализ приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент	Исп. 1	Исп. 2 (без АСУ)
----------	---------------------	--------	------------------



Продолжение таблицы 18 - Сравнительная оценка вариантов исполнения

1.Материалоемкость	0.05	3	4
2.Надежность	0.1	5	3
3.Производительность	0.25	5	3
4.Удобство в эксплуатации	0.15	5	3
5.Энергосбережение	0.25	3	4
6. Безопасность	0.2	5	3
ИТОГ	1	26	20

$$I_{p-исп1} = 0.05 \cdot 3 + 0.1 \cdot 5 + 0.25 \cdot 5 + 0.15 \cdot 5 + 0.25 \cdot 3 + 0.2 \cdot 5 = 4.4$$

$$I_{p-исп2} = 0.05 \cdot 4 + 0.1 \cdot 3 + 0.25 \cdot 3 + 0.15 \cdot 3 + 0.25 \cdot 4 + 0.2 \cdot 3 = 3.3$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}. \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (18)$$

Результаты расчета показателей сведены в таблицу 19.

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработок

Показатель	Исп. 1	Исп. 2 (без АСУ)
Интегральный финансовый показатель	1	0.85
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4.4	3.3
Интегральный показатель эффективности	4.4	3.88
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1.13	1

Исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, несколько более эффективным является второй вариант исполнения.

#### **4.10 Вывод по главе 4**

В результате проведения исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены показатели затрат научно-исследовательской работы.

Также была создана карта сегментирования, из анализа которой было выявлено, что сегмент рынка по синтезу нанотрубок и плазменной утилизации отходов для мелких предприятий свободен.

Помимо этого, была составлена оценочная карта. Из-за некорректности сравнения мелких и крупных предприятий, а также отсутствия аналогов, была использована технология QuaD. Из оценочной карты был сделан вывод о том, что разрабатываемая система считается перспективной.

Были определены сильные и слабые стороны системы, ее угрозы и возможности, и исходя из этих характеристик были разработаны 4 стратегии.

Было произведено планирование научно-исследовательских работ.

В конце была проведена сравнительная оценка различных вариантов исполнения системы, и было выяснено, что, исходя из полученных данных сравнения финансовой и ресурсной эффективности различных вариантов исполнения, несколько более эффективным является второй вариант исполнения.

## **5 Социальная ответственность**

В данном разделе ВКР рассматриваются вопросы обнаружения и анализа вредных и опасных факторов труда на рабочем месте оператора автоматизированной системы учета газа газокompрессорной станции, минимизация негативных последствий проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

В проектируемой автоматизированной системе учета газа предлагается применение и внедрение новых и более точных приборов многофазной расходомерии. Уменьшение числа приборов по измерению основных параметров в блоке измерения качества газа и, как следствие, удешевление и упрощение всей системы. Коммерческий учет газа является одним из основных технологических циклов при подготовке товарного газа и последующей продаже, так как здесь происходит оценка рентабельности всей добычи.

В ВКР рассматривается проектирование системы автоматизации коммерческого узла учета газа. В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочей зоны, которой является коммерческий узел учета газа, непосредственно куда проектировалась автоматизированная система управления. Проанализированы опасные и вредные факторы.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Трудовые отношения между работником и работодателем регулируются Трудовым кодексом Российской Федерации.

График работы персонала должен соответствовать Главе 16 Трудового кодекса, регламентирующей режим рабочего времени.

Технологический процесс, протекающий на газокompрессорной станции является непрерывным. В связи с этим наиболее подходящим является сменный режим рабочего времени.

Безопасность труда работника регламентируется «Системой стандартов безопасности труда» (ССБТ) [9].

## 5.2 Производственная безопасность

### 5.2.1 Анализ вредных и опасных производственных факторов

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные факторы. Классификация» [2]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Превышение уровня вибрации		+	+	<b>Вибрация</b> – ГОСТ 31192.2-2005 [11] <b>Шумы</b> – СП 51.13330.2011 [12] <b>Электромагнитное излучение</b> –

## Продолжение таблицы 20 - Опасные и вредные факторы

2.Превышение уровня шума	+	+	+	СанПиН 2.2.4.1191-03 [13] Электробезопасность – ГОСТ Р 12.1.019-2009 [14] <b>Пожарная безопасность –</b> СНиП 2.11.03-93 [15] <b>Взрывобезопасность –</b> ГОСТ 12.1.010-76 [16]
3.Повышенное значение электромагнитного излучения	+	+	+	
4.Электроопасность	+	+	+	
5.Пожаровзрыво-опасность		+	+	

### 5.2.2 Анализ вредных факторов

#### 5.2.2.1 Повышенный уровень шума

Шумом называют любой нежелательный звук или совокупность таких звуков. Длительное воздействие шума может отрицательно сказаться на здоровье работника, а в некоторых крайних случаях даже привести к глухоте. В производственном помещении, предназначенном для работы оператора АСУ, источником шума служит персональный компьютер, различные периферийные устройства и т.п.

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

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с СП 51.13330.2011 [12].

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 21.

Таблица 21 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	125	250	1000	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	52	60

При разработке проектируемой системы добавилось электрооборудование, которое является источником шума, в том числе автоматические задвижки, электромагнитные реле, пожарные сигнализации, сигнализаторы загазованности. При этом основным источником шума являются работа задвижек, электроприводов.

В качестве рекомендаций для уменьшения негативного действия шума могут быть предприняты следующие меры:

- рациональная планировка производственного помещения, снижающая уровень шума (экранирование рабочего места);
- применение звукоизоляционных материалов;
- применение техники, производящей минимальный шум.

Наиболее простым и действенным способом облегчения работ, является кратковременные перерывы в течение рабочего дня при выключенных источниках шума.

### 5.2.2.2 Повышенный уровень вибрации

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

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

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

Таблица 22 – Гигиенические нормы вибрации

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

Основными источниками вибрации в цехе пиролиза нефти являются работающие задвижки, электроприводы, насосные агрегаты.

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы. Средства индивидуальной защиты не требуются, так как вибрация не значительная.

### 5.2.2.3 Повышенный уровень электромагнитного излучения

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимый характер.

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

Согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле приведены в таблице 23 [13].

Таблица 23 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

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

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



металлический маслонаполненный бак, вся коммутационная аппаратура устанавливается в металлических шкафах.

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

### **5.2.3 Анализ опасных факторов**

#### **5.2.3.1 Электробезопасность**

Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключается образование электрической цепи через тело человека. Под действием тока сокращаются мышцы тела. Если человек взялся за находящуюся под постоянным напряжением часть оборудования, он, возможно, не сумеет оторваться от нее без посторонней помощи.

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

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

Использование нулевого рабочего проводника как нулевого защитного проводника запрещается, а также не допускается подключение этих проводников на щите к одному контактному зажиму.

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

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

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

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

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

Для обеспечения безопасности в данном случае необходимо установить защитные барьеры или ограждения вблизи от распределительного шкафа, поставить табличку «Опасно. Высокое напряжение» [14].

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходима изоляция токоведущих частей, в связи с этим установлены защитное отключение, защитное заземление и зануление.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В процессе эксплуатации автоматизированной системы учета газа, а именно замера, анализа и учета газа, появляются источники негативного химического воздействия на окружающую среду. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим. Предельно допустимые выбросы в атмосферу определяются методикой по нормированию и определению выбросов вредных веществ в атмосферу. Утечка газа влечет за собой выделение низкомолекулярных углеводородов с примесями, например, алканы и циклоалканы. Алканы сравнительно малоядовиты и поддаются биологическому разложению, в отличие от циклоалканов, которые плохо поддаются биологическому разложению.

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

- Воздействие на селитебные зоны не распространяется в связи удаленностью данного предприятия от жилой зоны.
- Воздействие на атмосферу незначительное, т. к. системы противоаварийной защиты позволяют быстро реагировать на любые утечки,

аварии и другие опасные ситуации. При этом все технологические аппараты оснащены защитными фильтрами.

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

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

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Пожарная безопасность**

К основным причинам пожаров на нефтегазодобывающих заводах можно отнести следующие:

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

Пожарная безопасность резервуаров и резервуарных парков в соответствии с требованиями [15] должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения разлива и растекания нефти;
- предотвращения образования на территории резервуарных парков горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;

- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефти из резервуаров, оборудования, трубопроводов;

- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего резервуарный парк, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и загораний.

Возникшее пламя при пожаре в блоке узла учета газа можно потушить одним из следующих способов:

- удаление горючих материалов;
- прекращение доступа кислорода;
- охлаждение горящего вещества ниже его температуры воспламенения;

- цех коммерческого узла учета газа должен быть оснащен первичными средствами пожаротушения (вода, огнетушители, песок).

Система автоматического тушения пожаров (АПТ) предназначена для автоматического обнаружения очага пожара в защищаемых сооружениях с включением пожарной сигнализации и подачи пены к очагу пожара.

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

Расчётное время тушения пожара пенным раствором принято в соответствии с ВНПБ 01-01-01 и составляет 15 минут. Продолжительность

водотушения (охлаждение горящих резервуаров) составляет 4 часа по СНиП 2.11.03-93 [15].

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

### **5.5 Взрывоопасность**

В связи с тем, что основной рабочей зоной является коммерческий узел учета газа, то необходимо рассмотреть взрывобезопасность. Взрывоопасными являются трубопроводы в которых происходит замер показателей качества газа, места соединений с исполнительными механизмами. В первую очередь необходимо распределительный шкаф автоматики вынести за блок бокс коммерческого узла учета газа.

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

Установлены дополнительно датчики загазованности, для контроля состава воздушной среды.

## **5.6 Вывод по разделу социальная ответственность**

В данной главе выпускной квалификационной работы были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, оказывающие влияние на здоровье человека, а также нормативные документы, регулирующие их воздействие на человека.

Были описаны обоснованные мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов, влияние технологического процесса на экологическую безопасность. Также было выяснено, что возможными чрезвычайными ситуациями на объекте являются возникновение пожара и взрыв, поэтому предусмотрен ряд мероприятий для предотвращения возникновения указанных ЧС.

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работе была разработана проектная документация на автоматизацию системы учета газа на газокompрессорной станции. Для этого была разработана функциональная схема автоматизации, структурная схема, схема информационных потоков и соединений внешних проводок. В данных схемах представлен состав необходимого оборудования, средства, а также методы передачи данных.

При автоматизации КС были выбраны контрольно-измерительные приборы и исполнительные устройства следующих отечественных фирм: ИТеК ББМВ, ЦИТ - Плюс. Промышленный контроллер произведен компанией ICP DAS.

Также было разработано алгоритмическое обеспечение технологического процесса, а именно были разработаны алгоритмы переключения с основной линии АВО на резервную и тестирования вентилятора со SCADA-системы. Помимо этого, была разработана экранная форма для обеспечения непрерывного контроля технологического процесса.

Проведена разработка алгоритма автоматического регулирования температуры газа с использованием ПИД-регулятора.

Выполненная автоматизация системы учета газа удовлетворяет всем необходимым требованиям. Кроме того, данная система, в соответствии с растущими технологическими возможностями и требованиями, имеет возможность модернизации и расширения.



## Список литературы

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009.
2. Е.И. Громаков, А.В. Лиепиньш., Проектирование автоматизированных систем управления нефтегазовыми производствами Томский государственный университет – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2016. – 360 с.
3. ГОСТ 2.701-2008 «ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».
4. ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов».
5. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
6. ТЕПЛОПРИБОР [Электронный ресурс] //URL: теплоприбор.рф.
7. Эксплуатация компрессорных станций магистральных газопроводов. Официальное издание, М.: Нефть и газ, 1999.
8. Группа приборостроительных компаний Энергия-Источник и ИТеК ББМВ [Электронный ресурс] //URL: <http://www.eni-bbmw.ru>.
9. ГОСТ Р 12.0.001-2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения.
10. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные факторы. Классификация.
11. ГОСТ 31192.2-2005. Вибрация. измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека.
12. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
13. СанПиН 2.2.4.1191-03 – Электромагнитные поля в производственных условиях.

14. ГОСТ Р 12.1.019 – 2009. Электробезопасность.

15. СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов.

Противопожарные нормы».

16. ГОСТ 12.1.010-76. Взрывобезопасность.

**Приложение А**  
**(обязательное)**  
**Структурная схем**

**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Функциональная схема**

**Приложение В**  
(обязательное)  
**Функциональная схема**

**Приложение Г**  
**(обязательное)**  
**Функциональная схема ANSI**

**Приложение Д**  
**(обязательное)**  
**Функциональная схема ANSI**

## **Приложение Е**

(обязательное)

### **Опросный лист датчиков давления ЭИИ-100**



## **Приложение Ж**

(обязательное)

**Карта заказа для датчиков температуры ТПУ 0304/М1**

**Приложение К**  
**(обязательное)**  
**Схема внешних проводок**

**Приложение Л**  
**(обязательное)**  
**Схема внешних проводок**

**Приложение М**  
(обязательное)  
**Схема внешних проводок**

**Приложение Н**  
**(обязательное)**  
**Схема внешних проводок**

**Приложение П**  
**(обязательное)**  
**Мнемосхема участка КС**

## **Приложение Р**

(обязательное)

### **Схема информационных потоков**

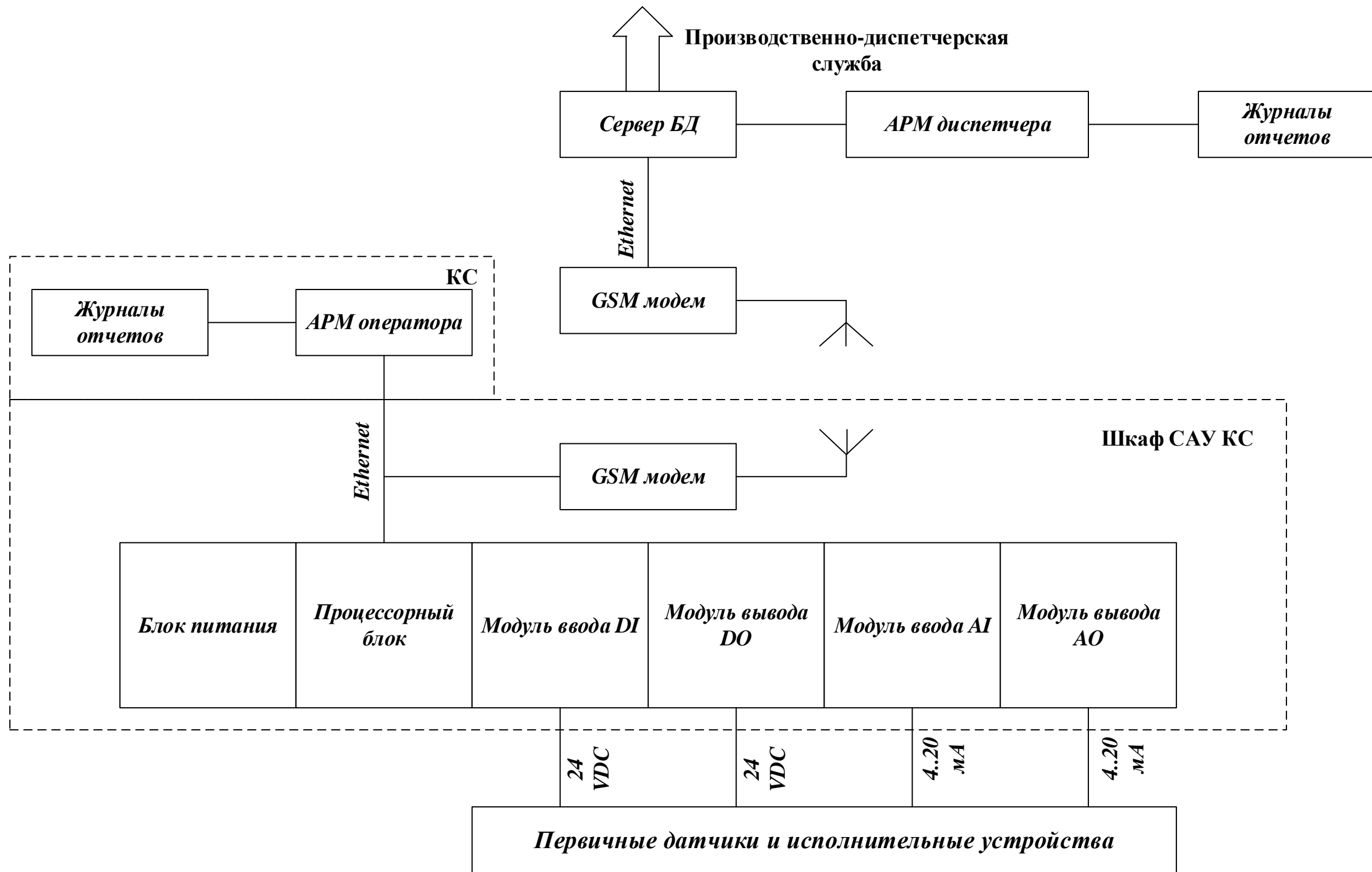
**Приложение С**  
**(обязательное)**  
**Список сигналов**



## **Приложение Т**

**(обязательное)**

**Алгоритм переключения с основной линии на резервную**

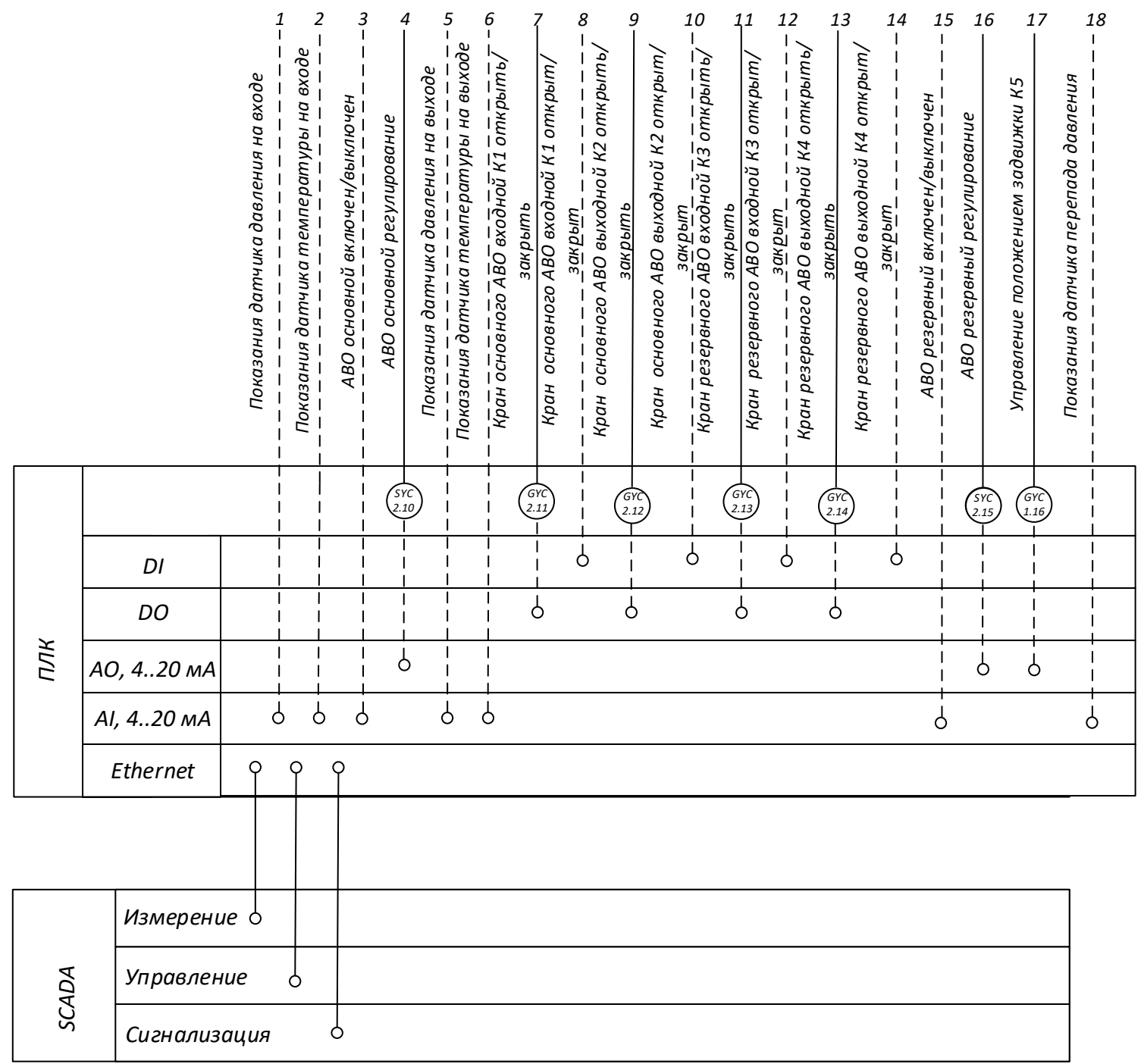



Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

					<b>ФЮРА.425282.С1.01</b>			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	<b>Структурная схема</b>	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Шевцов М.В.					у		
Проверил	Грамаков Е.И.					Лист 1	Листов 1	
Т. Контр.					ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А			
Утвердил								



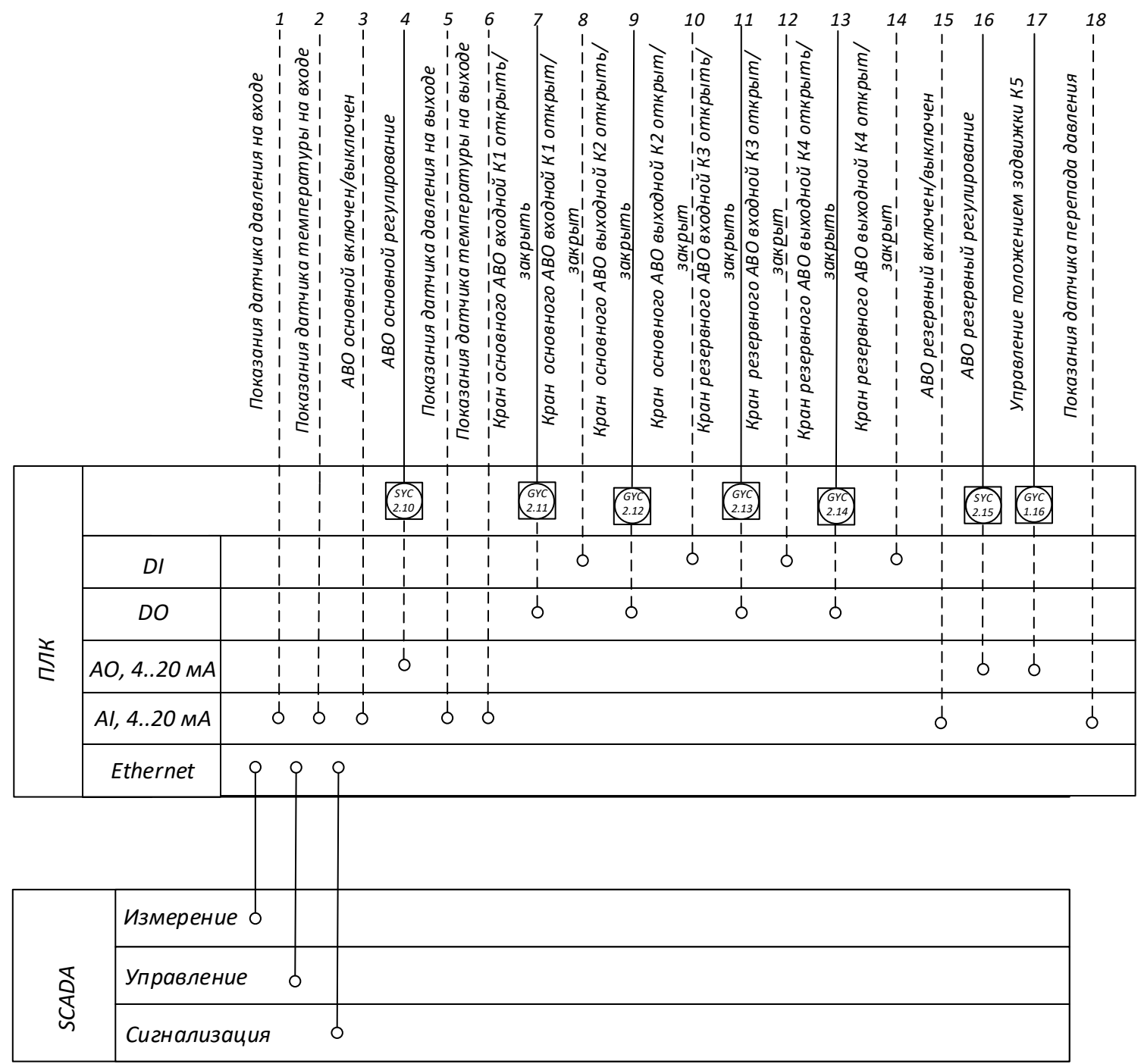

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №



					<b>ФЮРА.425282.С2.03</b>			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	<b>Функциональная схема</b>	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Шевцов М.В.					у		
Проверил	Грамаков Е.И.							
Т. Контр.						Лист 2	Листов 2	
Утвердил						ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А		




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



ФЮРА.425282.С2.05									
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Функциональная схема ANSI	Лит	Масса	Масштаб	
Разраб.	Шевцов М.В.					у			
Проверил	Грамаков Е.И.								
Т. Контр.						Лист 2	Листов 2		
Утвердил						ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А			



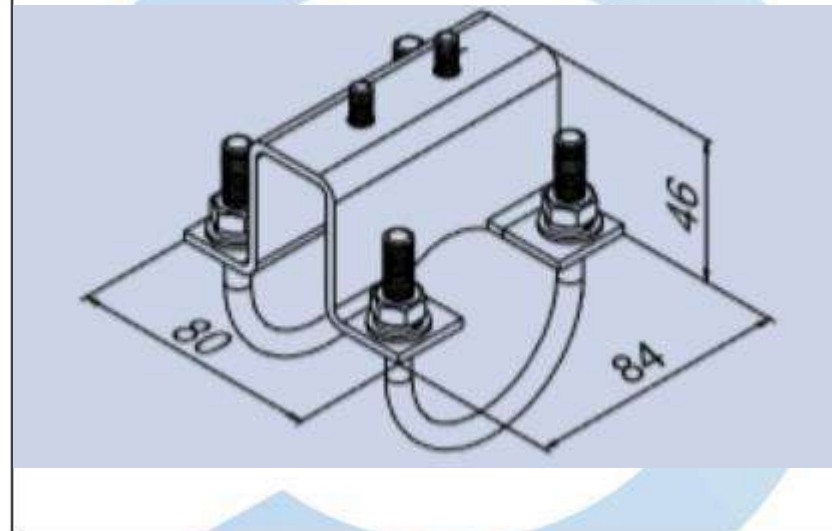
Общество с ограниченной ответственностью  
 «Инженерно-технологическая компания БЭМБ»  
 454112, г. Челябинск, пр. Победы, 290А, оф. 108  
 Тел./факс: +7 (351) 742-44-47, 749-93-05, 749-93-90  
 E-mail: info@itk.ru | www.itk.ru/bemb

**Опросный лист для выбора датчика давления ЭНИ-100**

Курсивом указаны поля, не обязательные к заполнению

Информация о заказчике		
Предприятие: ТПУ	Дата заполнения: 05.01.2018	
Контактное лицо: Швец М.В.	Тел./факс:	
Адрес:	E-mail:	
Опросный лист № 1	Позиция по проекту: 1	
	Количество: 3	
Параметры датчика		
Эксплуатационное исполнение	<input type="checkbox"/> общепромышленное ЭНИ-100	
	<input checked="" type="checkbox"/> искробезопасная электрическая цепь ЭНИ-100-Ех	
	<input checked="" type="checkbox"/> взрывонепроницаемая оболочка ЭНИ-100-Вн	
Модель	Измеряемый параметр	
	<input type="checkbox"/> абсолютное давление -ДА	
	<input checked="" type="checkbox"/> избыточное давление -ДИ	
	<input type="checkbox"/> разрежение (вакуум) -ДВ	
	<input type="checkbox"/> давление и разрежение -ДИВ	
	<input checked="" type="checkbox"/> разность давлений -ДД	
<input type="checkbox"/> гидростатическое давление -ДГ		
Измеряемая среда	Код исполнения по материалам	
Газ	<input type="checkbox"/> 02 <input type="checkbox"/> 06 <input type="checkbox"/> 09 <input checked="" type="checkbox"/> 11	
Диапазон измерения	от 0 (по умолчанию "0") до 10 МПа	
Рабочее избыточное давление для датчиков -ДД и -ДГ		
Основная приведенная погрешность	<input checked="" type="checkbox"/> 0,1% <input type="checkbox"/> 0,15% <input type="checkbox"/> 0,25% <input type="checkbox"/> 0,5%	
Температура окружающей среды	<input checked="" type="checkbox"/> от минус 40°C до плюс 80°C	
	<input type="checkbox"/> от минус 10°C до плюс 70°C	
	<input type="checkbox"/> от плюс 5°C до плюс 50°C	
Параметры электронного преобразователя датчика		
Выходной сигнал с цифровым сигналом на базе HART-протокола	<input checked="" type="checkbox"/> возрастающий: 4-20 мА	
	<input type="checkbox"/> убывающий: 20-4 мА	
	<input type="checkbox"/> корневизвлекающий: 4-20 мА	
Индикация	<input type="checkbox"/> без индикаторного устройства	
	<input checked="" type="checkbox"/> с индикаторным устройством (светодиодная индикация)	
	<input type="checkbox"/> с индикаторным устройством (жидкокристаллическая индикация)	
Электрическое присоединение	<input type="checkbox"/> штепсельный разъем 2РМ14	
	<input type="checkbox"/> штепсельный разъем 2РМ22	
	<input type="checkbox"/> штепсельный разъем Type A по DIN 43650	
	<input type="checkbox"/> кабельный (сальниковый) ввод (никелированная латунь)	
	<input type="checkbox"/> кабельный (сальниковый) ввод (нейлон)	
	<input type="checkbox"/> кабельный ввод, небронированный кабель, одинарное уплотнение	
	<input type="checkbox"/> кабельный ввод, под металлоулав РЗ-ЦХ-15, небронированный кабель, одинарное уплотнение	
	<input checked="" type="checkbox"/> кабельный ввод, бронированный кабель, двойное уплотнение	
	Диаметр кабеля	<input type="checkbox"/> от 6 до 12 мм <input checked="" type="checkbox"/> от 6,5 до 14 мм
	Номинальный диаметр металлоулав	<input checked="" type="checkbox"/> 15 мм <input type="checkbox"/> 18 мм <input type="checkbox"/> 20 мм

Параметры установки и присоединения датчика к технологическому процессу	
Соединение с технологическим процессом	Монтажный фланец с резьбой <input type="checkbox"/> K1/4" <input type="checkbox"/> 1/4" NPT <input type="checkbox"/> K1/2" <input type="checkbox"/> 1/2" NPT
	резьба <input type="checkbox"/> наружная <input type="checkbox"/> внутренняя
	Монтажный фланец M20x1,5 с напелком ø14 мм и накидной гайкой M20x1,5 для фиксации ниппеля на фланце
	<input type="checkbox"/> Ниппель из Ст 20 <input checked="" type="checkbox"/> Ниппель из 12X1810T <input type="checkbox"/> Ниппель из Ст 20 <input type="checkbox"/> Ниппель из 12X18H10T
Установка датчика	Монтажный фланец с ниппелем ø14 мм
	<input type="checkbox"/> Фланец присоединительный для установки датчика -ДГ на стенке резервуара (по ГОСТ 12815 исп. 3, PN=4 МПа, DN=80 мм).
	Переходник: внутренняя резьба M20x1,5 <input type="checkbox"/> наружная резьба <input checked="" type="checkbox"/> 1/2NPT <input type="checkbox"/> 1/4NPT
	<input type="checkbox"/> внутренняя резьба <input type="checkbox"/> 1/2NPT <input type="checkbox"/> 1/4NPT
Блок клапанный БКН	
Обозначение по соответствующему разделу каталога	
<input checked="" type="checkbox"/> Кронштейн СК <input type="checkbox"/> Кронштейн КЗ	
Дополнительные сведения	



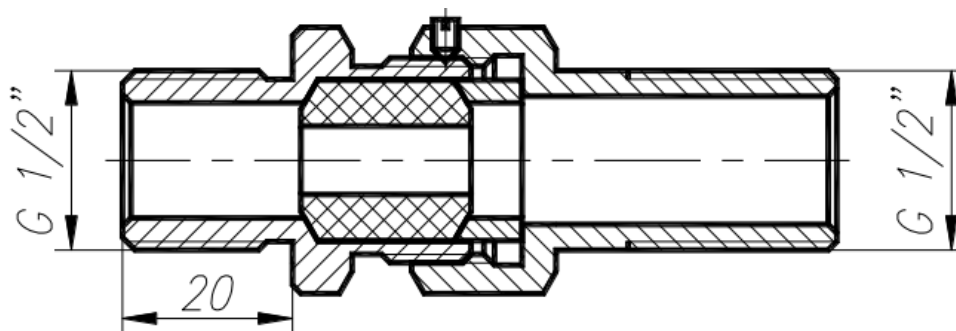
Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

				<b>ФЮРА.425282.С0.06</b>		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.		Швец М.В.			у	
Проверил		Грамаков Е.И.				
					Лист 1	Листов 1
					ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А	
Т. Контр.						
Утвердил						

*Для измерения температуры на входе и выходе из АВО*

ТПУ 0304	Exd	/M1	-	-	АГ-14Exd+КТ1/2	t5070 C2	(-50...200)	А	-	360П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

ТС-1088/2БГ	Pt100	-	60	6	-	-	-	ГП	ТУ
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21




Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

**ФЮРА.425282.С0.07**

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.		Шецов М.В.		
Проверил		Грамаков Е.И.		
Т. Контр.				
Утвердил				

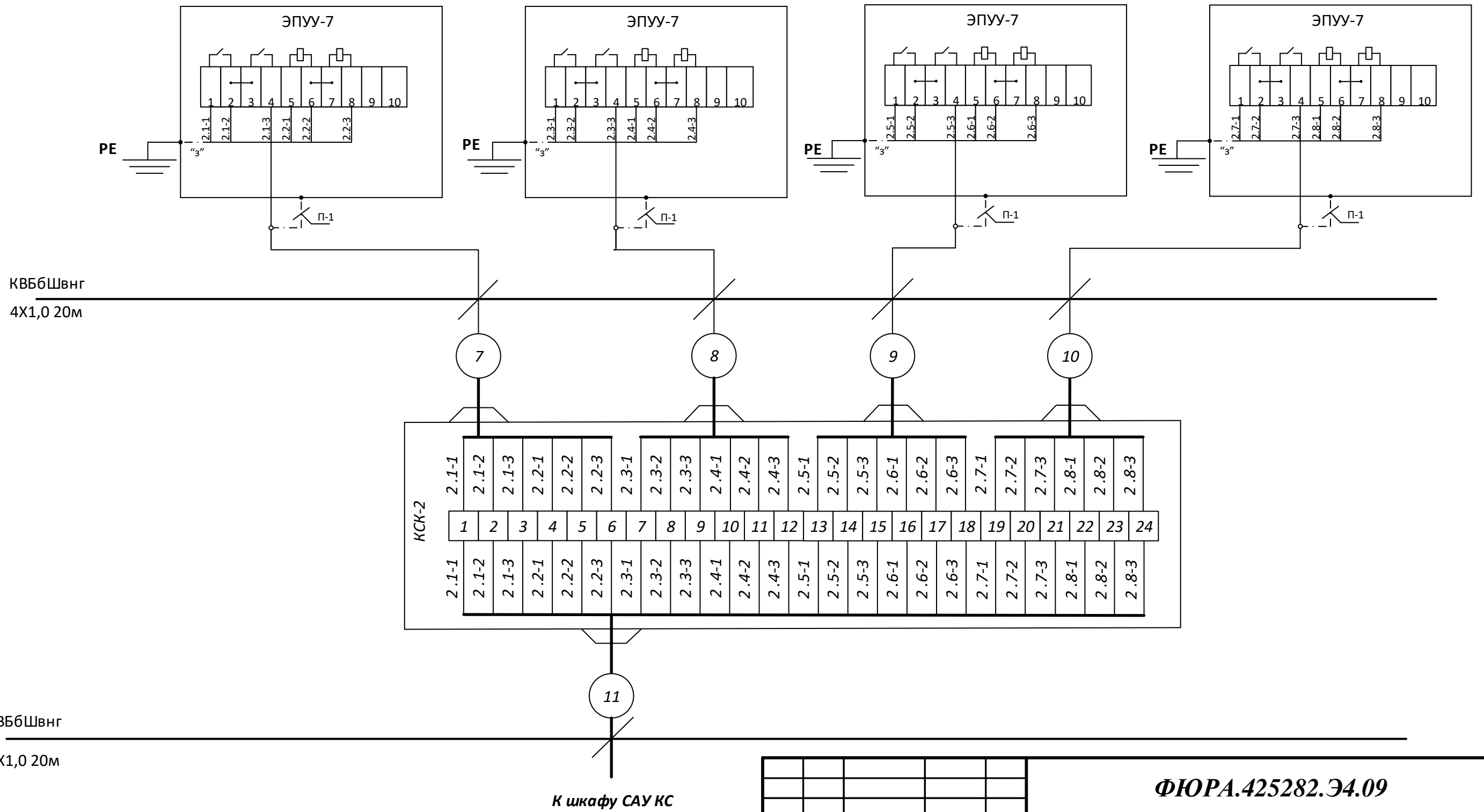
*Карта заказа для датчиков температуры ТПУ 0304/М1*

Лист	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 1	
ТПУ ОАР, ИШИТР		
Группа 8Т5А		





Наименование параметра	Входной кран	Выходной кран	Выходной кран	Выходной кран
Место отбора	Основной АВО	Основной АВО	Резервный АВО	Резервный АВО
Позиционное обозначение	К1	К2	К3	К4

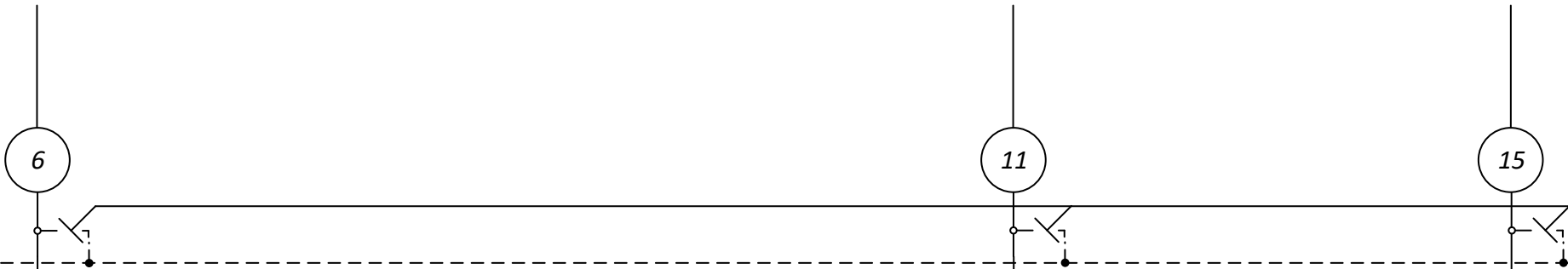


Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Шевцов М.В.			
Проверил	Грамаков Е.И.			
Т. Контр.				
Утвердил				

<b>ФЮРА.425282.Э4.09</b>			
<b>Схема внешних проводов</b>	Лит	Масса	Масштаб
	у		
Лист 2		Листов 4	
ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А			





**Шкаф САУ КС**

**ТВ1.1**

Телеизмерение	1.2-1
Давление на входе	1.2-2
	"3"
	1.4-1
Температура на входе	1.4-2
	1.6-1
Давление на выходе	1.6-2
	1.8-1
Температура на выходе	1.8-2
	1.10-1
Перепад давления	1.10-2

**ТВ2.1**

Телесигнализация	2.1-1
Кран входной К1 открыт	2.1-2
	"3"
	2.1-3
Кран входной К1 закрыт	2.3-1
	2.3-2
	2.3-3
Кран выходной К2 открыт	2.5-1
	2.5-2
	2.5-3
Кран входной К3 открыт	2.7-1
	2.7-2
	2.7-3
Кран выходной К2 закрыт	2.3-1
	2.3-2
	2.3-3
Кран выходной К3 закрыт	2.5-1
	2.5-2
	2.5-3
Кран выходной К4 открыт	2.7-1
	2.7-2
	2.7-3
Кран выходной К4 закрыт	2.3-1
	2.3-2
	2.3-3

**ТВ2.2**

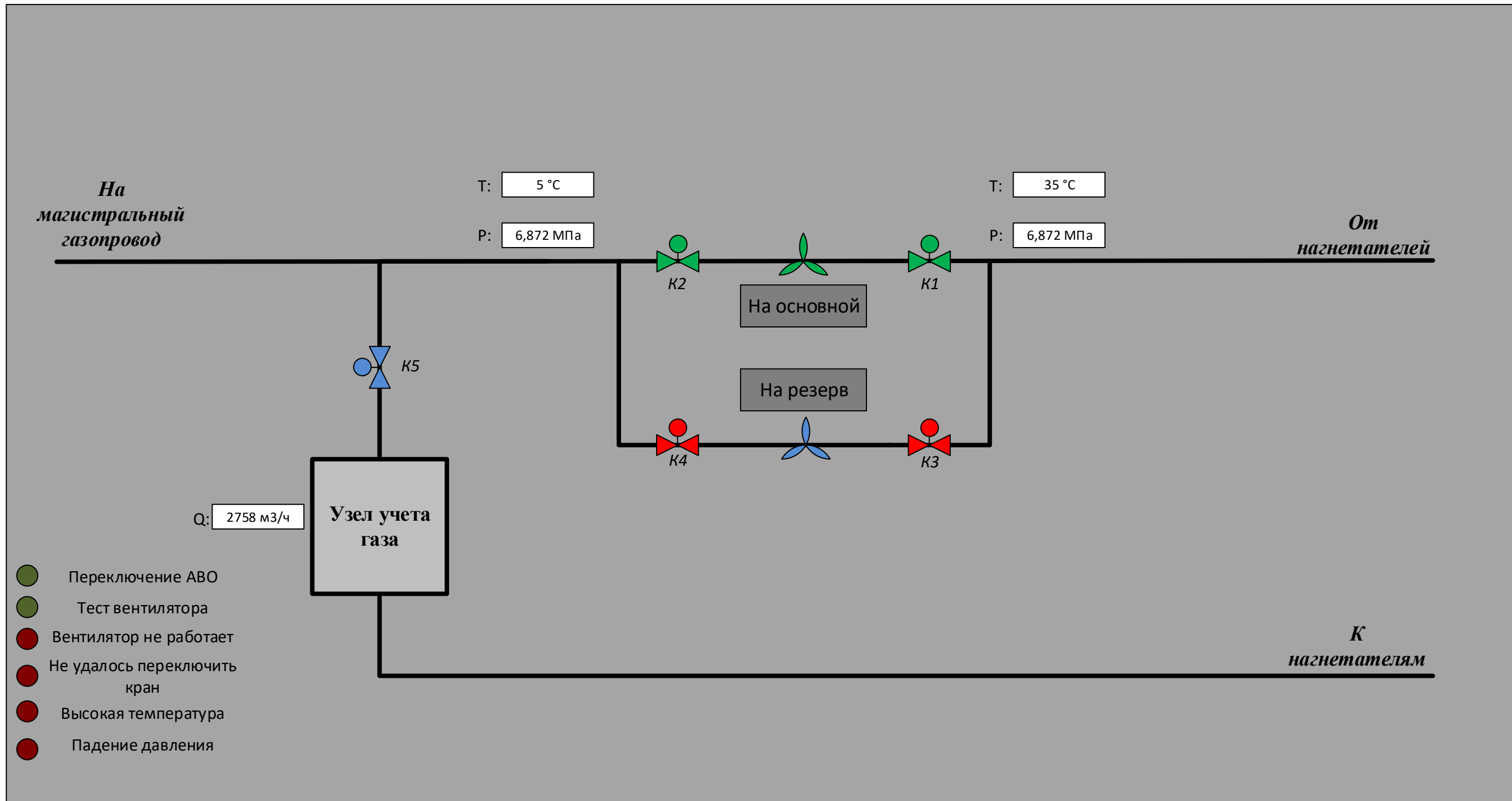
Телеуправление	2.2-1
Кран входной К1 открыт	2.2-2
	"3"
	2.2-3
Кран входной К1 закрыт	2.4-1
	2.4-2
	2.4-3
Кран выходной К2 открыт	2.6-1
	2.6-2
	2.6-3
Кран входной К3 открыт	2.8-1
	2.8-2
	2.8-3
Кран выходной К2 закрыт	2.4-1
	2.4-2
	2.4-3
Кран выходной К3 закрыт	2.6-1
	2.6-2
	2.6-3
Кран выходной К4 открыт	2.8-1
	2.8-2
	2.8-3
Кран выходной К4 закрыт	2.4-1
	2.4-2
	2.4-3

**ТВ3.1**

Телеуправление	3.1-1
Кран К5 к нагнетателям открытие	"3"
	3.1-2
	3.2-1
Кран К5 к нагнетателям закрытие	3.2-2
	3.3-1
	3.3-2
Пуск вентилятора основного АВО	3.1-1
	3.2-1
	3.2-2
Остановка вентилятора основного АВО	3.3-1
	3.3-2
	3.3-1
Пуск вентилятора резервного АВО	3.1-1
	3.2-1
	3.2-2
Остановка вентилятора резервного АВО	3.3-1
	3.3-2
	3.3-1

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

					<b>ФЮРА.425282.Э4.11</b>			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	<b>Схема внешних проводок</b>	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.		Шевцов М.В.				у		
Проверил		Грамаков Е.И.						
					Лист 4		Листов 4	
					ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А			
Т. Контр.								
Утвердил								




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

					<b>ФЮРА.425282.С0.12</b>			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	<b>Мнемосхема участка компрессорной станции</b>	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Шевцов М.В.					у		
Проверил	Грамаков Е.И.					Лист 1	Листов 1	
Т. Контр.					ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 8Т5А			
Утвердил								





