



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

ООП Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
<b>Автоматизация газораспределительной станции</b>

УДК 621.645

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Чардынцев Дмитрий Викторович		

Руководитель ВКР

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ИШИБ	Сечин Андрей Александрович	к.т.н. доцент		

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Кучман Алена Владимировна			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Васильевич	к.т.н. доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
<b>УК(У)-10</b>	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
<b>УК(У)-11</b>	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.
<b>Профессиональные компетенции</b>	

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>ПК(У)-1</b>	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
<b>ПК(У)-2</b>	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
<b>ПК(У)-3</b>	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
<b>ПК(У)-4</b>	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
<b>ПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
<b>ПК(У)-6</b>	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
<b>ПК(У)-7</b>	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов,

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
	средств и систем.
<b>ПК(У)-8</b>	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
<b>ПК(У)-9</b>	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
<b>ПК(У)-10</b>	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
<b>ПК(У)-11</b>	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
<b>ПК(У)-18</b>	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
<b>ПК(У)-19</b>	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
<b>ПК(У)-20</b>	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
	научных обзоров и публикаций.
<b>ПК(У)-21</b>	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
<b>ПК(У)-22</b>	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.



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

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Чардынцев Дмитрий Викторович

Тема работы:

Автоматизация газораспределительной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2023 № 34-88/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	11.06.2023
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- описание технологического процесса на газораспределительной станции с указанием основных характеристик;</li> <li>- процессы и оборудование на газораспределительной станции;</li> <li>- производительность ГРС 1000 м<sup>3</sup>/ч;</li> <li>- давление на входе ГРС от 2,0 до 5,4 МПа;</li> <li>- давление на выходе 0,6 МПа;</li> <li>- температура газа на входе ГРС от 0 до +5 °С;</li> <li>- температура газа на выходе минус от 0 до +5 °С;</li> <li>- ёмкость сбора конденсата V=0,1 м<sup>3</sup>.</li> </ul>

<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Описание технологического процесса на ГРС.</li> <li>- Разработка структурной схемы автоматизации ГРС.</li> <li>- Выбор контрольно-измерительных приборов и автоматики для управления технологическим процессом на ГРС.</li> <li>- Выбор исполнительных механизмов для управления ГРС.</li> <li>- Моделирование САР давления газа на выходе из ГРС.</li> <li>- Разработка экранных форм управления технологическим процессом на ГРС.</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- функциональная схема технологического процесса на ГРС;</li> <li>- структурная схема автоматизированной системы;</li> <li>- функциональная схема автоматизации;</li> <li>- схема внешних проводок;</li> <li>- схема информационных потоков;</li> <li>- результаты моделирования САР давления в трубопроводе;</li> <li>- экранная форма SCADA-системы</li> </ul>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Андрей Александр, к.т.н., доцент</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Верховская Марина Витальевна, к.э.н., доцент</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>03.02.2023</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Старший преподаватель ОАР ИШИТР</p>	<p>Семенов Николай Михайлович</p>			<p>03.02.2023</p>

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-8Т81</p>	<p>Чардынцев Дмитрий Викторович</p>		<p>03.02.2023</p>



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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки (ООП)– 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
Уровень образования – Бакалавриат  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
Период выполнения – Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-8Т81	Чардынцев Дмитрий Викторович

Тема работы:

Автоматизация газораспределительной станции
---

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович			03.02.2023

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		03.02.2023

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Чардынцев Дмитрий Викторович		03.02.2023



## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страниц, 15 рисунков, 21 таблицу, 24 источника, 5 приложений.

Объектом исследования является газораспределительная станция.

Цель работы – проектирование системы автоматизированного управления ГРС.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, газ, контроллер программируемый, газораспределительная станция, ПИД-регулятор.

В процессе работы проводились анализ, разработка и описание структуры автоматизируемой производственной установки газораспределительной станции на современном оборудовании, разработка схемы автоматизации, разработка технического, программного и информационного обеспечения. Проведено моделирование газораспределительной станции для автоматизированного рабочего места.

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

По результатам оценки выпускной квалификационной работы с позиции ресурсной, финансовой и экономической эффективности выявлена конкурентоспособность проекта, благодаря обеспечению высокого уровня, надежности и безопасности, что является неотъемлемой частью задачи автоматизации газовой отрасли.

## Введение

В нашей стране подача газа на значительные расстояния осуществляется по магистральным газопроводам больших диаметров, представляющих собой сложную систему сооружений.

Система доставки продукции газовых месторождений до потребителей представляет собой единую технологическую цепочку. С месторождений газ поступает через газосборный пункт по промысловому коллектору на установку подготовки газа, где производят осушку газа, очистку от механических примесей, углекислого газа и сероводорода. Далее газ поступает на головную компрессорную станцию и в магистральный газопровод.

Газ из магистральных газопроводов поступает в городские, поселковые и промышленные системы газоснабжения через газораспределительные станции, которые являются конечными участками магистрального газопровода и являются как бы границей между городскими и магистральными газопроводами.

Газораспределительная станция представляет собой совокупность установок и технического оборудования, измерительных и вспомогательных систем распределения газа и регулирования его давления. Основным назначением ГРС является снабжение газом потребителей от магистральных газопроводов.

Основными потребителями газа являются:

- объекты компрессорных станций (собственные нужды);
- объекты малых, средних и крупных населенных пунктов, городов;
- промышленные предприятия.

Газораспределительная станция выполняет ряд определенных функций. Во-первых, очищает газ от механических примесей и конденсата. Во-вторых, редуцирует газ до заданного давления и поддерживает его с заданной точностью. В-третьих, измеряет и регистрирует расход газа. Также на ГРС осуществляется одоризация газа перед подачей потребителю и обеспечивается

подача газа потребителю, минуя основные блоки ГРС, в соответствии с требованием ГОСТ 5542 – 2014.

Станция является сложным и ответственным объектом повышенной опасности. К технологическому оборудованию ГРС предъявляются повышенные требования по надежности и безопасности снабжения потребителей газом, промышленной безопасности как взрывопожароопасному промышленному объекту.

С развитием электронной вычислительной техники стало возможным автоматизированное управление ГРС.

Целью данной выпускной квалификационной работы является автоматизация газораспределительной станции.

## Определения, обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированная система:** Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая, подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.

**пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор:** устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса.

**интерфейс:** Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

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

**SCADA (англ. Supervisory Control and Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных):** Под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных.

**объект управления:** Обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления.

Обозначения и сокращения:

ГРС – газораспределительная станция;

МГ – магистральный газопровод;

САУ – система автоматического управления;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

СИ – средства измерения;

ПО – программное обеспечение;

ППП – пакет прикладных программ;

ПЧ – преобразователь частот;

ПАЗ – противоаварийные защиты;

СУБД – система управления базами данных;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

БД – база данных;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ППЗУ – программируемое постоянное запоминающее устройство.

## Содержание

Реферат.....	9
Введение.....	10
Определения, обозначения и сокращения.....	12
1 Техническое задание.....	16
1.1 Назначение и цели создание системы.....	16
1.2 Назначение и состав ГРС.....	16
1.3 Требования к системе.....	17
1.3.1 Требования к функциональным возможностям.....	17
1.3.2 Требования к техническому обеспечению.....	17
1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению.....	18
1.3.4 Требования к программному обеспечению.....	20
1.3.5 Требования к математическому обеспечению.....	21
1.3.6 Требования к информационному обеспечению.....	21
2 Технические решения разрабатываемой автоматизированной системы.....	23
2.1 Описание технологического процесса.....	23
2.2 Разработка структурной схемы автоматизации.....	23
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации.....	25
2.4 Схема информационных потоков.....	26
2.5 Выбор средств реализации ГРС.....	26
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования ГРС.....	27
2.5.2 Выбор датчиков.....	28
2.5.3 Выбор исполнительных механизмов.....	33
2.5.3.1 Выбор регулирующего клапана.....	33
2.5.3.2 Выбор запорной арматуры.....	35
2.6 Разработка схем внешних проводок.....	35
2.7 Разработка алгоритмов управления.....	36
2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений с нижнего уровня.....	37
2.7.3 Разработка алгоритма автоматического регулирования технологическим параметром ..	37
2.7 Экранные формы АСУ.....	42
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	45
3.2 Технология QuaD.....	45
3.3 SWOT–анализ.....	47
3.4 Структура работ в рамках научного исследования.....	49
3.5 Определение трудоемкости выполнения работ.....	50

3.6 Расчет материальных затрат НТИ.....	54
3.6.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	55
3.6.2 Расчет амортизации оборудования .....	55
3.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	56
3.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	57
3.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды .....	58
3.6.6 Накладные расходы .....	59
3.7 Определение ресурсоэффективности исследования .....	60
3.7.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности.....	61
Вывод по разделу финансовый менеджмент.....	63
4 Социальная ответственность .....	66
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	66
4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	68
4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего.....	72
4.3 Экологическая безопасность.....	73
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	74
Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	77
Заключение .....	78
Список использованных источников .....	79
Приложение А (обязательное) Структурная схема.....	82
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации .....	83
Приложение В (обязательно) Схема информационных потоков .....	84
Приложение Г (обязательно) Схема соединений внешних проводок .....	85
Приложение Д (обязательно) Алгоритм сбора данных с канала измерения давления.....	86

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Назначение и цели создание системы**

Основные цели создания САУ ГРС является повышение достоверности измерений в ходе технологического процесса ГРС, а также диагностика электроавтоматики. Можно классифицировать три задачи: информационные, управляющие и задачи диагностирования.

К информационным задачам относится сбор и обработка информации о режимах работы, отображение состояние основного и вспомогательного оборудования, формирование сигнализаций и сообщений.

Управляющие задачи, отвечают за автоматическое управление технологическим процессом, автоматический запуск алгоритмов, дистанционное управление исполнительными механизмами с АРМ оператора, автоматический запуск противоаварийных защит.

Задачи диагностирования выполняют функции по контролю исправности приборов с сигнализацией отказов на АРМ оператора, контролю целостности цепи датчиков и исполнительных механизмов.

### **1.2 Назначение и состав ГРС**

Газораспределительные станции (ГРС) должны обеспечивать подачу потребителям (предприятиям и населённым пунктам) газа обусловленного количества с определённым давлением, степенью очистки и одоризации. Для снабжения газом населённых пунктов и промышленных предприятий от МГ сооружаются отводы, по которым газ поступает на газораспределительную станцию.

ГРС состоит из трех отсеков.

1. Технологический отсек в который входит технологические трубопроводы с запорной арматурой, две линия редуцирования, два измерительных трубопровода, датчики давления, температуры, расхода, электроконтактные манометры и сигнализаторы уровня.

2. Отсек подготовки теплоносителя предназначен для нагрева воды, которая в свою очередь предотвращает обмерзание линии редуцирования.



3. Отсек одоризации, предназначен для добавления в газ одорантов, веществ, имеющих резкий неприятный запах. Это позволяет своевременно обнаруживать утечки газа по запаху без газоанализатора.

### **1.3 Требования к системе**

Проектируемая САУ ГРС должна соответствовать требованиям ГОСТ 34.602–89 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы», ГОСТ 21.208–2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условных приборов и средств автоматизации в схемах».

#### **1.3.1 Требования к функциональным возможностям**

Автоматическая система должна обеспечивать следующие функции:

- защита потребителей газа от превышения/снижения давления на выходном трубопроводе ГРС и свечных кранов;
- индикация положения и управления кранов на входе и выходе ГРС и свечных кранов;
- передача на верхний уровень показаний давления газа входе и выходе ГРС, перепада давления на фильтрах.

#### **1.3.2 Требования к техническому обеспечению**

Комплекс используемых в системе технических средств должен быть минимально достаточным для обеспечения функций, указанных в данном ТЗ. Построение комплекса должно быть проведено на базе нижеуказанных программно-технических комплексов:

- контрольно-измерительные приборы и автоматика (датчики, исполнительные механизмы, управляемые регуляторы и т.д.);
- контроллеры или подсистемы управления;
- диспетчерский пункт; сетевое оборудование.

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

- ввода сигналов диапазона (4–20) мА со встроенными барьерами искрозащиты, если средство измерения расположено на взрыво- или пожароопасном участке;
- ввода дискретных сигналов;
- вывода аналоговых токовых сигналов (модуль управляющих воздействий);
- вывода дискретных управляющих сигналов (модуль управляющих воздействий).

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

Все применяемые приборы, устанавливаемые во взрывоопасных зонах, должны иметь взрывозащищенное исполнение с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» или «искробезопасная цепь».

Средства дистанционного контроля и управления ГРС должны быть расположены в помещении операторной. Первичные средства контроля, аппаратура местного управления и сигнализации должны размещаться на технологическом оборудовании или на металлоконструкциях у оборудования.

Должна быть учтена возможность расширения АСУ ТП путем подключения дополнительных модулей ввода-вывода, а также других аппаратных компонентов в объеме 10 % от использованных.

Все оборудование ГРС должно быть рассчитано на максимальное входное рабочее давление [1]. Использованное оборудование и системы должны быть произведены на предприятиях России серийно, за исключением изделий, не выпускаемых российскими предприятиями.

### **1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению**

Требования метрологического обеспечения описаны в стандарт организации в Газпром 2–3.5–454–2010 раздел 13.4 «Метрологическое обеспечение» [2].

Данный раздел устанавливает основные положения и требования к организации и проведению работ по метрологическому обеспечению вновь разрабатываемых и находящихся в эксплуатации объектов, сооружений и оборудования МГ.

Метрологическое обеспечение осуществляют в соответствии с требованиями стандартов государственной системы обеспечения единства измерений, СТО Газпром 5.0–2008, стандартов, правил и норм ПАО «Газпром», другой нормативной документации.

Организационной основой метрологического обеспечения является метрологическая служба ПАО «Газпром», включающая структурное подразделение ПАО «Газпром», функциональными обязанностями которого является организация работ по обеспечению единства измерений, базовые организации метрологической службы, отраслевой и региональные метрологические центры [3].

На объектах МГ к эксплуатации допускают СИ, прошедшие государственные испытания в целях утверждения типа (имеющие сертификат об утверждении типа средства измерений) в соответствии с ПР 50.2.009–94 и рекомендованные в установленном порядке к применению в ПАО «Газпром» [4].

В сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, устанавливаемого Федеральным законом, оценку на соответствие СИ установленным техническим требованиям при их эксплуатации проводят в формах поверки и государственного метрологического надзора.

Вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений в процессе эксплуатации СИ должны подвергаться калибровке или, в добровольном порядке, поверке.

При выборе СИ предпочтение должно отдаваться средствам, рекомендованным к применению ПАО «Газпром».

### 1.3.4 Требования к программному обеспечению

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

В зависимости от функций, выполняемых программным обеспечением, можно выделить общесистемное (базовое) программное обеспечение и прикладное (специальное) программное обеспечение [4].

Общесистемное (базовое) ПО организует процесс обработки информации в компьютере и обеспечивает нормальную рабочую среду для прикладных программ. Базовое ПО настолько тесно связано с аппаратными средствами, что его иногда считают частью компьютера.

В состав базового (общесистемного) ПО должны входить:

- операционные системы;
- сервисные программы;
- трансляторы языков программирования;
- программы технического обслуживания.

Прикладное (специальное) программное обеспечение представляет собой совокупность программ, разработанных при создании конкретной информационной системы. В его состав входят ППП, реализующие разработанные модели разной степени адекватности, отражающие функционирование реального объекта.

Пакеты прикладных программ – универсальные программные продукты, предназначенные для автоматизации разработки и эксплуатации функциональных задач пользователя и информационных систем в целом. К ППП должны относиться:

- редакторы текстовые (текстовые процессоры) и графические;
- электронные таблицы;
- системы управления базами данных (СУБД);

– оболочки экспертных систем и систем искусственного интеллекта.

Программные средства АСУ ТП ГРС должны отвечать следующим требованиям:

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

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

### **1.3.5 Требования к математическому обеспечению**

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

Основные этапы разработки математического обеспечения для системы управления газораспределительной станции заключаются в создании алгоритмов:

- специального назначения;
- функционального назначения.

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

### **1.3.6 Требования к информационному обеспечению**

По результатам проектирования должны быть представлены:

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

В состав информационного обеспечения должны входить:

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

## 2 Технические решения разрабатываемой автоматизированной системы

### 2.1 Описание технологического процесса

Газ высокого давления поступает в блок переключений. Далее, проходит через входной шаровый кран в блок предотвращения гидратообразования на подогреватель газа. Там он нагревается с целью предотвращения выпадения кристаллогидратов. Нагрев осуществляется в змеевике радиационным излучением горелки и теплом отходящих газов.

Подогретый газ высокого давления поступает в блок редуцирования, совмещенный с блоком очистки газа. В данном блоке он очищается, и регуляторы понижают давление газа до стандартного (0,6 МПа). Далее газ поступает в блок учета газа. После прохождения сужающего устройства он подается в блок переключений и через выходной шаровый кран поступает в блок одоризации, где ему придается специфический запах. Затем газ поступает потребителю (рисунок 1).

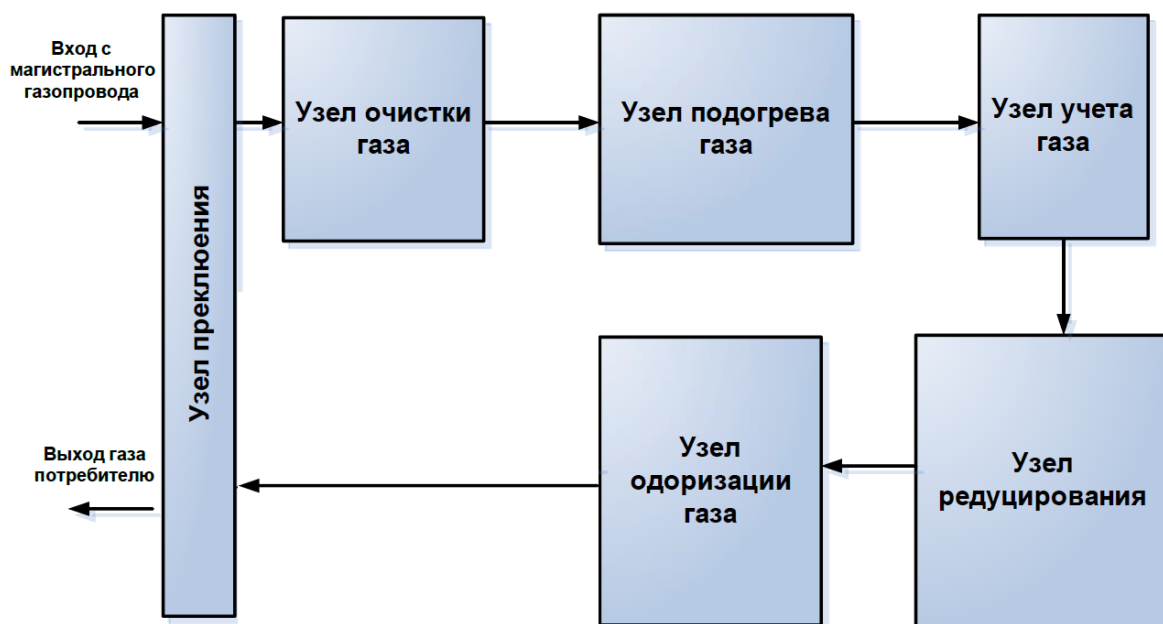


Рисунок 1 – Структурная схема ГРС

### 2.2 Разработка структурной схемы автоматизации

Структурная схема комплекса аппаратно–технических средств АСУ с диагностикой электроавтоматики ГРС построена по трехуровневому иерархическому принципу.

Нижний (полевой) уровень Системы состоит из первичных средств автоматизации:

- сигнализатор уровня;
- датчики давления;
- датчик перепада давления.

Нижний уровень выполняет следующие функции:

- измерение параметров технологического процесса;
- сбор и передачу информации о ходе технологического процесса и состоянии технологического оборудования на верхний уровень посредством оборудования среднего уровня.

Средний уровень представлен коммуникационными интерфейсами для сбора информации с нижнего (полевого) уровня и передачи этой информации на верхний (информационно–вычислительный) уровень.

Верхний (информационно–вычислительный) уровень АСУ состоит из сервера БД и АРМ оператора.

Состав АРМ оператора:

- персональный компьютер;
- ИБП;
- лицензионное ПО.

Верхний уровень Системы выполняет следующие функции:

- прием информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса со среднего уровня системы;
- формирование и оперативное отображение информации в реальном масштабе времени в виде мнемосхем с динамическими элементами, таблиц и графиков, отражающих текущее состояние технологического процесса;
- формирование и ведение технологической базы данных;



- выборка информации из базы данных реального времени, выборка и поиск информации в исторической и архивной базе данных; формирование и отображение протоколов событий;
- формирование и выдача команд дистанционного управления;
- обмен данными с нижним уровнем Системы посредством оборудования среднего уровня;
- печать отчетной документации, сводок, трендов, протоколов событий, перечней неисправностей и/или отказов;
- бесперебойное питание технических средств верхнего уровня.

Структурная схема комплекса технических средств представлена в приложении А.

### **2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации**

Функциональная схема автоматизации – технический документ, который входит в основной комплект рабочих чертежей проектируемой АС в соответствии с ГОСТ 21.408–2013. ФСА создается для отображения значимых технических решений [5].

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.

Функциональная схема автоматизации может быть выполнена развернутым или упрощенным способами. Различие развернутого способа в том, что на схеме изображаются месторасположения и состав каждого отдельного контура и средств автоматизации.

Разработанная автоматизированная система управления газораспределительной станцией представляет следующее:

- местный контроль:
  - 1) давление газа на входе и выходе ГРС;
  - 2) перепад давления газа на фильтрах 1 и 2;
  - 3) положение исполнительных механизмов.

- удаленный контроль:
  - 1) давление газа на входе и выходе ГРС;
  - 2) перепад давления газа на фильтрах 1 и 2;
  - 3) уровень жидкости в емкости сбора конденсата;
  - 4) положение исполнительных механизмов.
- удаленная сигнализация:
  - 1) повышение давления газа на входе и выходе ГРС;
  - 2) понижение давления газа на входе и выходе ГРС;
  - 3) перепад давления на фильтрах;
  - 4) повышение уровня в емкости сбора конденсата.
- управление кранами и задвижкой по месту и дистанционно. В приложении Б приведена функциональная схема автоматизации ГРС.

#### **2.4 Схема информационных потоков**

Схема информационных потоков представлена в приложении В. По схеме видно, что она разделяется на несколько уровней.

На первом уровне изображены исполнительные устройства и датчики. С нижнего уровня на средний поступают необходимые сигналы измерения и состояния, а также данные. Со среднего уровня к исполнительным устройствам поступают команды управления.

На среднем уровне ПЛК направляет потоки преобразованной информации как на сервер БД, так и на АРМ оператора. АРМ оператора полученную информацию принимает и отображает. От него поступают команды управления, которые передаются на средний уровень.

ПЛК также направляет потоки преобразованной информации на сервер БД. В сервере вся полученная информация структурируется, после чего обращаться к ней возможно посредством SQL – запросов.

#### **2.5 Выбор средств реализации ГРС**

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

### 2.5.1 Выбор контроллерного оборудования ГРС

При выборе программируемого логистического контроллера был изучен рынок технологического оборудования. Результаты приведены в таблице 1. Предпочтительнее оказывается 750–816 Wago I/O System.

Таблица 1 – Выбор контроллерного оборудования

Наименование	Стоимость	Срок поставки	Количество каналов
750–816 Wago I/O System	35829 рублей	Около двух недель	Подключение до 25 4–х канальных модулей
ОВЕН ПЛК 210–04CS	76260 рублей	5–7 дней	12 дискретных входов и выходов 4 аналоговых входа

В основе системы автоматизированного управления ГРС будем использовать два ПЛК 750–816 Wago I/O System (рисунок 2) (первый контроллер – локальный, а второй – коммуникационный).



Рисунок 2 – Контроллер 750–816 Wago I/O System

Программирование приложений для контроллера выполняется с помощью компилятора WAGO–I/O–PRO. Компилятор является

полнофункциональным средством разработки, поддерживающим 5 языков программирования в соответствии с ИЕС 61131–3, и позволяющим программисту иметь доступ к переменным промышленной сети и данным модулей.

Основные характеристики:

- использование распределённого управления с помощью ПЛК или ПК;
- предварительная обработка сигналов снижает сетевой трафик;
- общая задача управления может быть разбита на отдельные задачи с различными приоритетами;
- периферийное оборудование может управляться напрямую, для достижения минимального времени реакции;
- программирование реакции системы на аварии промышленной сети [6].

## **2.5.2 Выбор датчиков**

### **2.5.2.1 Выбор датчика давления**

В процессе подготовки газа на ГРС необходимо постоянно следить за тем, чтобы давление на выходе ГРС было не ниже и не выше заданного, исходя из условий прочности трубопровода и герметичности оборудования, и не ниже заданного давления на входе в ГРС для питания пневматических приводов и работы регуляторов. Для разработки автоматизированной системы управления ГРС были рассмотрены датчики давления: Метран–150TG [7], АИР–10Н [8] и Элемер–100 [9]. Сравнение датчиков приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение датчиков

Датчик	Метран–150TG	АИР–10Н	Элемер–100
Измеряемая величина	Избыточное давление, абсолютное давление, разность давлений, гидростатическое давление.	Абсолютного давления, избыточного давления, избыточного давления–разряжения.	Абсолютное, избыточное, гидростатическое давление.
Диапазон измерений	От 0 до 40 мПа	От 0 до 60 мПа	от 0 до 100 МПа
Выходной сигнал	(4–20) мА; (0–5) мА; HART.	(4–20) мА; HART.	(4–20) мА; (0–5) мА; HART; Modbus RTU.
Погрешность	до $\pm 0,075$ %	до $\pm 0,1$ %	до $\pm 0,15$ %
Цена	31325 рублей	От 15000 рублей	От 35100 рублей

По приведенным данным в таблице можно сделать вывод о том, что подходят все датчики, но в данной работе выбор был сделан в пользу датчика Метран – 150TG (рисунок 3), хотя и цена датчика немного выше, чем стоимость АИР–10Н, погрешность датчика ниже. По остальным показателям датчики близки, поэтому акцент сделаем на погрешность.



Рисунок 3 – Датчик давления Метран–150TG

Выбранный датчик соответствует требованиям к полевым устройствам, а также имеет широкий спектр вариантов исполнения и возможностей, что обеспечивает возможность модернизации системы.

Принцип работы устройства основан на свойствах тензорезистора, меняющего свое сопротивление в зависимости от давления [10].

Также датчик Метран–150TG будет использоваться для измерения перепада давления (рисунок 4).



Рисунок 4 – Датчик перепада давления Метран 150TG

### 2.4.2.2 Выбор датчиков температуры

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

Таблица 3 – Сравнение датчиков температуры

Датчик	ОВЕН ДТС 035 [10]	ТСМУ Метран–274 [11]	Rosemount 644 [12]
Диапазон	От минус 50 до плюс 180 °С	От минус 50 до плюс 150 °С	От минус 50 до плюс 100
Выходной сигнал	(4–20) мА, HART	(4–20) мА, (0–5) мА	(4–20) мА
Погрешность	±0,25 %	±0,25 %	± 0,15 %
Цена	От 43536 рублей	От 10000 рублей	От 20000 рублей

Предполагается использовать ТСМУ Метран–274, поскольку он имеет хороший диапазон измерения и среднее значение погрешности (рисунок 5).



Рисунок 5 – Датчик температуры ТСМУ Метран–274

Принцип действия термопреобразователей основан на изменении электрического сопротивления из-за изменения температуры металла.

Датчик температуры состоит из первичного преобразователя сопротивления, а также вторичного преобразователя – электронной схемы.

Электронная схема преобразует сигнал датчика в унифицированный токовый выходной сигнал, который пропорционален измерению температуры. Первичный преобразователь представляет из себя намотку из медной проволоки, которая помещена в защитную арматуру.

#### **2.4.2.3 Выбор сигнализатора уровня**

В качестве сигнализатора уровня минимального и максимального уровня в емкости сбора конденсата был выбран сигнализатор фирмы «Метран» Сигнализатор 2120 (рисунок 6).

Сигнализатор 2120 работает по принципу камертона. Пьезоэлектрический кристалл возбуждает колебания камертонной вилки с собственной частотой. Изменение этой частоты непрерывно отслеживается. Частота колебаний сенсора с вибрационной вилкой изменяется в зависимости от среды, в которую он погружен. Чем плотнее жидкость, тем ниже частота.

Если устройство используется как сигнализатор нижнего предельного уровня, изменение собственной частоты происходит, когда жидкость в сосуде опускается ниже уровня вилки. Электронный модуль обнаруживает это изменение и переключает состояние на выходе.

Если устройство используется как сигнализатор верхнего предельного уровня, жидкость поднимается в резервуаре, контактирует с колебательной вилкой, после чего происходит переключение состояния на выходе [14].





Рисунок 6 – Сигнализатор уровня 2120

### **2.4.3 Выбор исполнительных механизмов**

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

#### **2.4.3.1 Выбор регулирующего клапана**

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

В качестве регулирующего клапана был выбран клапан стальной регулирующей двухседельный КР 25нж998нж (рисунок 7) [15].



Рисунок – 7 КР 25нж998нж

Для управление клапаном выбран интеллектуальный электропривод серии ЭП4 фирмы «Тулаэлектропривод» (рисунок 8).

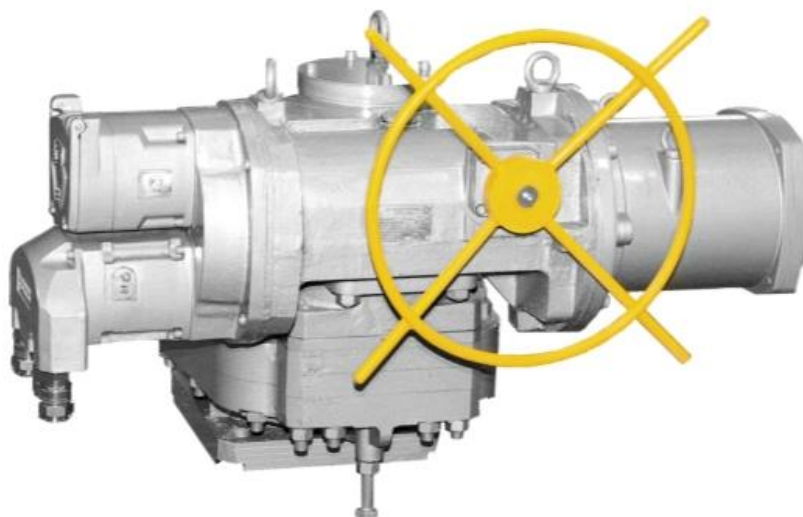


Рисунок – 8 Электропривод серии ЭП4

Таблица 4 – Характеристики электропривода [16]

Сигнал управления	(4–20) мА
DN, мм	250
Крутящий момент, Н·м	160
Число оборотов шпинделя	43
Класс защиты	IP 67
Температурный диапазон, °С	От минус 40 до плюс 60
Взрывозащищённое исполнение	1ExdIIВТ4

### **2.4.3.2 Выбор запорной арматуры**

На трубопроводах в системе газоснабжения применяют различного рода арматуру, которую подразделяют на запорную, регулировочную и предохранительную.

Запорная арматура служит для герметического отключения одной части трубопровода от другой. К ней относятся задвижки, краны, вентили.

В данном случае будет использоваться шаровые краны в комплекте с узлом управления ЭПУУ–7.

ЭПУУ–7 электропневматический узел служит для дистанционного и местного (ручного) управления операциями по открытию и закрытию кранов на давление рабочей среды до 10 МПа с сигнализацией крайних положений запорного органа.

Технические характеристики узла управления ЭПУУ–7:

- питание узла осуществляется сжатым воздухом или природным газом с давлением, МПа – (1,0:10,0);
- выходной сигнал пневматический, дискретный, равный давлению питания;
- количество пневматических сигналов на выходе – 2 (открытие, закрытие);
- узел управления ЭПУУ–7, температурного класса ТЗ, предназначен для работы во взрывоопасных зонах классов 1 и 2, где возможно образование взрывоопасной смеси категории ПА и ПВ. [16]

### **2.5 Разработка схем внешних проводок**

Схемы соединений и подключений внешних проводок разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408–2013 (приложение Д) [18]. Схемы разработаны для следующего аппаратно–технического комплекса:

- датчики давления;
- датчики перепада давления;
- сигнализаторы уровня;

- регуляторы давления;
- краны.

Датчики давления имеют выходным сигналом унифицированный токовый сигнал (4–20) мА. Напряжение питания датчиков – 24V DC. Все устройства на схемах внешних проводок смонтированы в соответствии с их схемами. Сигнализатор уровня имеет два провода. Регулятор давления управляется токовой петлей (4–20) мА, положение так же имеет токовый сигнал (4–20) мА.

В качестве кабеля выбран КВВГ. Это кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покрытием и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от минус 50 °С до плюс 50 °С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

## **2.6 Разработка алгоритмов управления**

В системах автоматизированного управления на всех уровнях управления применяются многообразные алгоритмы:

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

В выпускной квалификационной работе сформулированы алгоритмы АС:

– алгоритм автоматического регулирования давления в трубопроводе;

– алгоритм сбора данных измерений с нижнего уровня.

### 2.6.1 Алгоритм сбора данных измерений с нижнего уровня

Разработаем алгоритм сбора данных по каналу измерения давления. Алгоритм представлен в приложении Г.

Принцип работы следующий: при включении происходит инициализация показаний датчика. Далее осуществляется проверка достоверности значений и их масштабирование. Значение сравнивается с предыдущим, выявляется изменение. Если давление не поменялось, алгоритм завершается, если поменялось, то формируется и отправляется пакет данных. Информация отображается на дисплее. При этом происходит проверка уставок на допустимые и аварийные, генерация сообщений, запись данных в историю.

### 2.6.3 Разработка алгоритма автоматического регулирования технологическим параметром

Для обеспечения необходимого давления предусмотрена установка регулирующих задвижек. Объектом управления является участок трубопровода между датчиком и регулирующей задвижкой. Операторная схема системы автоматического регулирования представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Операторная схема системы автоматического регулирования

Динамика участка трубопровода в упрощенном виде может быть описана следующей передаточной функцией:

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

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, C = \frac{Q}{f} * \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p * g}}, \quad (2)$$

где  $Q_k(p)$  – давление;

$Q(p)$  – измеряемое давление;

$\rho$  – плотность газа;

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

$f$  – площадь сечения трубы;

$\Delta p$  – перепад давления на трубопроводе;

$\tau_0$  – запаздывание;

$T$  – постоянная времени.

Таблица 5 – Значения параметров передаточной функции

$f, \text{ м}^2$	0,031416
$D, \text{ м}$	0,2
$L, \text{ м}$	3
$Q, \text{ м}^3/\text{с}$	3
$\Delta p, \text{ Мпа}$	0,16
$g, \text{ м}/\text{с}^2$	9,8
$\gamma, \text{ кг}/\text{с}$	800

Благодаря развитию контрольно-измерительных устройств, современные датчики характеризуются высоким быстродействием, а также линейной вход-выходной зависимостью. В связи с этим датчики можно описывать, как пропорциональное усилительное звено. В соответствии с данными параметрами, передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W(p) = \frac{1}{0.15 * p + 1} * e^{-0.031416 p}, \quad (3)$$

Регулирующая задвижка описывается интегральным звеном:

$$W_3(p) = \frac{1}{J_3 * p'}, \quad (4)$$

$$J_3 = 0.5 * \rho * L * f * r^2, \quad (5)$$

Передаточная функция будет выглядеть следующим образом:

$$W_3(p) = \frac{1}{0.419 * p'}, \quad (6)$$

Исполнительный электропривод в упрощенном виде может быть представлен с помощью апериодического звена первого порядка:

$$W(p) = \frac{K_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}} p + 1}, \quad (7)$$

Постоянная времени двигателя:

$$T_{\text{дв}} = \frac{\omega_H J}{M_k}, \quad (8)$$

Коэффициент усиления двигателя:

$$K_{\text{дв}} = \frac{\omega_H}{f_{\text{max}}}, \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент усиления двигателя;  
 $T$  – постоянная времени двигателя;  
 $J$  – момент инерции двигателя;  
 $M$  – крутящий момент двигателя;  
 $\omega$  – номинальная скорость двигателя;  
 $f_{\text{max}}$  – максимальная частота управления.

Таблица 6 – Технические характеристики ЭП4Н–Б–250–45–Э21

$f, \text{ м}^2$	0,031416
$\rho, \text{ кг/м}^3$	890
$L, \text{ м}$	3
$\omega_H, \text{ рад/с}$	1000
$M_k \text{ Н*м}$	60
$J, \text{ кг*м}^2$	0,45
$I_{\text{max}}, \text{ мА}$ (максимальный сигнальный ток)	20

Значения параметров взяты из паспортов изделий [19]. Полученная передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W(p) = \frac{K_{\partial\partial}}{T_{\partial\partial}p+1} = \frac{3,14}{1,18p+1}, \quad (10)$$

Как и электропривод, частотный преобразователь в упрощенном виде определяется аperiodическим звеном первого порядка:

$$W(p) = \frac{K_{nc}}{T_{nc}p+1}, \quad (11)$$

Постоянная времени ПЧ:

$$T_{nc} = \frac{\omega_H J}{M_k}, \quad (12)$$

Коэффициент усиления ПЧ:

$$K_{nc} = \frac{\omega_H}{f_{max}}, \quad (13)$$

В соответствии с данными таблицы 14, передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W(p) = \frac{2,5}{0,393p+1}, \quad (14)$$

ПИД-регулятор описывается известной передаточной функцией:

$$W(p) = K + \frac{1}{T_i * p} + T_d * p, \quad (15)$$

На рисунке 10 представлена модель системы регулирования давления в газопроводе, созданная в Simulink.

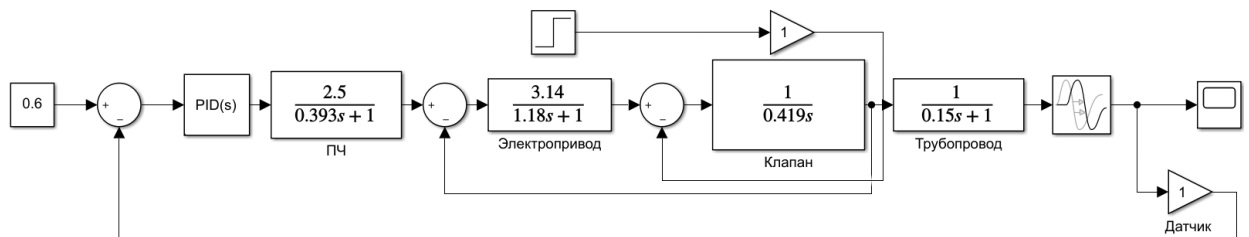


Рисунок 10 – модель системы регулирования.

Замкнутый контур регулирования функционирует следующим образом. Давление на выходе объекта управления измеряется датчиком давления, сигнал с которого сравнивается с установочным значением. Разность между измеренным и установочным значениями называется ошибкой регулирования. Данный сигнал (ошибка) поступает на ПИД-регулятор. В зависимости от значения ошибки с ПИД-регулятора поступает управляющее воздействие на исполнительный механизм. Исполнительный механизм состоит из частотного



преобразователя, электропривода и задвижки. Управляющее воздействие проходит через частотный преобразователь, осуществляющий регулирование скорости вращения электропривода. Электропривод оказывает воздействие на задвижку, а перемещение ножа задвижки влияет на величину расхода газа в трубопроводе, который влияет на давление в трубопроводе.

Для настройки коэффициентов ПИД-регулятора используем функцию автоматической настройки. Настройки ПИД-регулятора представлены на рисунке 11.

Parameter	Value
Source	internal
Proportional (P)	0.118464477364676
Integral (I)	0.185744628670396
Derivative (D)	0
Use filtered derivative	<input checked="" type="checkbox"/>
Filter coefficient (N)	100
Select tuning method	Transfer Function Based (PID Tuner App)
Enable zero-crossing detection	<input checked="" type="checkbox"/>

Рисунок 11 – настройки ПИД регулятора

Переходный процесс представлен на рисунке 12.

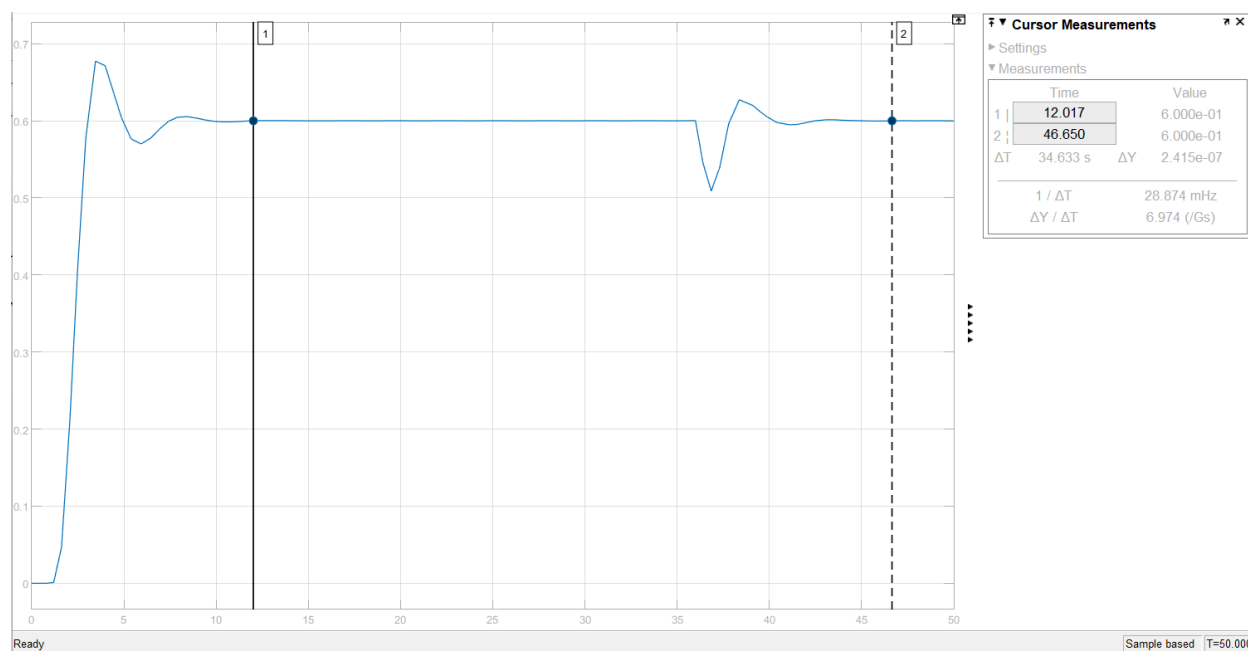


Рисунок 12 – График переходного процесса

В итоге была получена система со стабильной работой при возникновении возмущающих факторов.

На 36 секунде в систему вводится возмущающее воздействие в виде моментального падения давления почти на 0,1 МПа. Система справляется примерно за 11 секунд.

## 2.7 Экранные формы АСУ

Управление в АСУ реализовано с использованием SCADA–системы TRACE MODE. SCADA TRACE MODE – это 64–разрядная высокотехнологичная российская программная система для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), телемеханики, диспетчеризации, учета ресурсов и автоматизации зданий.

Основной экранной формой является упрощенная схема ГРС, на которой выводятся все контролируемые параметры.

Помимо контроля заданных параметров оператор может управлять кранами с данной экранной формы. Для того, чтобы попасть на эту форму, оператору необходимо авторизоваться (рисунок 13). Для этого существует окно авторизации пользователей. С главной экранной формы можно попасть в экранные формы журнала аварий и событий. Главная экранная форма представлена на рисунке 14.

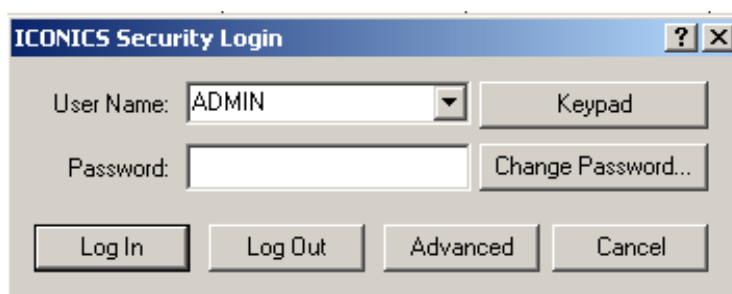


Рисунок 13 – окно авторизации

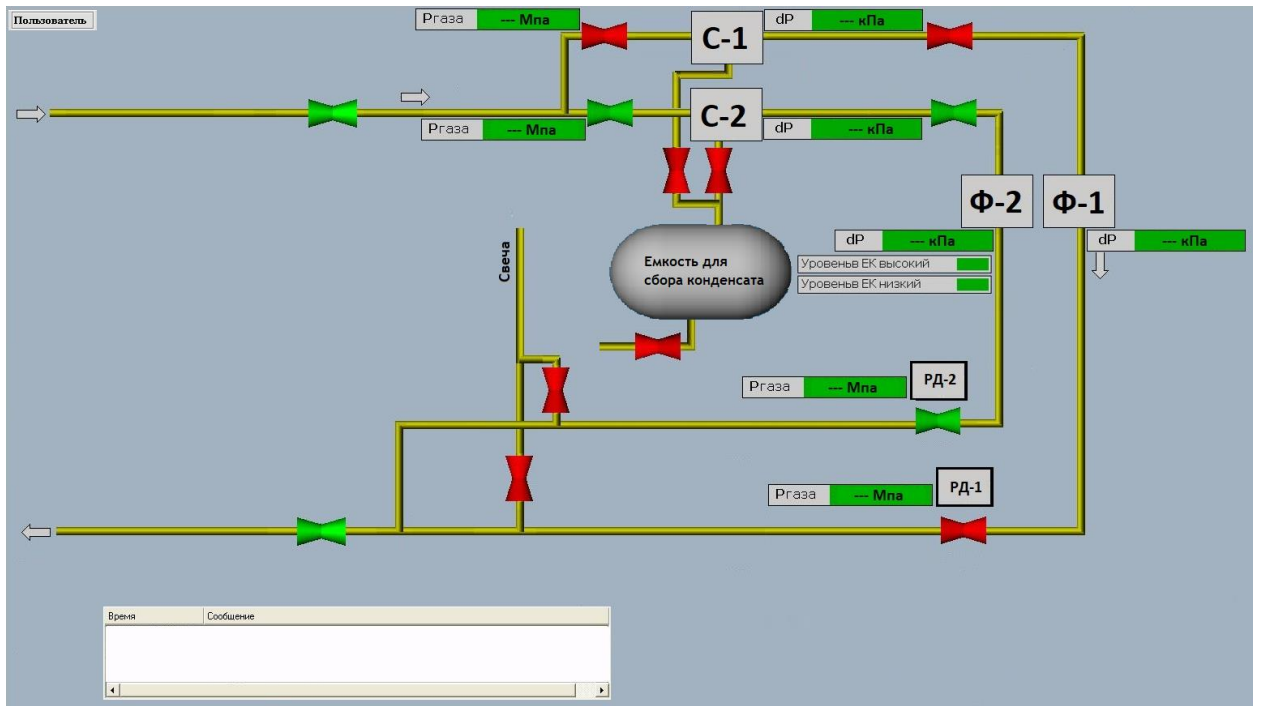


Рисунок 14 – Экранная форма

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Обучающемуся:

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	– тариф на электроэнергию – 5,748 руб. за 1 кВт·ч. Оклад руководителя – 35111,5 руб Оклад инженера – 22695,68 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы – 16%. Районный коэффициент – 1,3
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30%

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

1. Расчет инновационного потенциала НТИ	– SWOT-анализ; – оценка научного уровня исследования. – анализ конкурентных решений.
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	– расчет материальных затрат; – расчет основной и дополнительной заработной платы; – расчет отчислений во внебюджетные фонды; – расчет бюджета проекта.

#### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

#### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н. доцент		

#### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Чардынцев Дмитрий Викторович		

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система управления газораспределительной станцией.

#### **3.2 Технология QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) предназначена для количественной оценки качественных характеристик, таких как конкурентоспособность, эффективность и т.п. В ее основе лежит особая методика определения ценности объектов.

Технология QuaD может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость, и повышая точность и достоверность результатов.

Оценка проведенных исследований QuaD представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
Точность	0,2	100	100	1	20
Надежность	0,1	100	100	0,9	9
Быстрота проведения контроля	0,1	95	100	0,9	8,55
Безопасность	0,2	100	100	1	20

Продолжение таблицы 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Экологичность	0,1	100	100	1	10
Простота эксплуатации	0,05	90	100	0,8	3,6
Компактность	0,1	70	100	0,9	5,6
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,15	70	100	0,8	8,4
Итого	1	725	800	7,3	85,15

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i \quad (16)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам проведенного анализа видим, что разрабатываемая методика является перспективной и на рынке контроллерного оборудование автоматизированных систем.

### **3.3 SWOT–анализ**

Следующим этапом является комплексный анализ внешней и внутренней среды проекта с помощью технологии SWOT, который проводится в несколько шагов.

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

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно–исследовательского проекта.

Слабая сторона – это недостаток, упущение или ограниченность проекта, который препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. Результаты проведенного первого этапа SWOT–анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 – SWOT–анализ

	<b>Сильные стороны научно–исследовательского проекта:</b> С1. Не требуется уникальное оборудование. С2. Использование SCADA–систем. С3. Возможность модернизации С4. Актуальность разработки.	<b>Слабые стороны научно–исследовательского проекта:</b> Сл1. Применение только в газовой отрасли. Сл2. Большой срок поставок оборудования Сл3. Необходимость высокой квалификации
<b>Возможности:</b> В1. Модернизация автоматического управления газораспределительной станции В2. Сотрудничество с другими компаниями–разработчиками АСУ ТП. В3. Использование существующего ПО В4. Повышение стоимости конкурентных разработок. В5. Большой потенциал применения данной системы.	В1С3. Позволяет легко модернизировать систему управления. В4С1. поиск более дешевых датчиков и исполнительных механизмов. В5С4. актуальность разработанной системы свидетельствует о большом потенциале проекта.	В3Сл2. Продолжительное ожидание поставок, риск замедления производства В5Сл1. Необходимость укрепления позиций на рынке.
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Неустойчивая экономическая ситуация к сертификации продукции У5. Срыв поставок.	У1С4. Актуальность проекта может решить данную проблему. У5С1. сотрудничество с проверенными поставщиками.	У5Сл2 Возможны срывы сроков выполнения работ. Необходимо выбирать поставщика с высокой квалификацией, распределять объем между несколькими поставщиками, контролировать выполнение заказа.



### 3.4 Структура работ в рамках научного исследования

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Анализ предметной области	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, инженер
Разработка системы	4	Описание технологического процесса	Инженер
	5	Разработка структурной схемы автоматизированной системы	Инженер
	6	Разработка функциональной схемы автоматизированной системы	Инженер
	7	Разработка схемы информационных потоков	Инженер
	8	Подбор оборудования автоматизированной системы	Инженер
	9	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	10	Разработка алгоритмов управления автоматизированной системы	Инженер
	11	Разработка экранной формы автоматизированной системы	Инженер
	12	Моделирование работы системы регулирования	Инженер
Оформление отчета по работе	13	Составление пояснительной записки	Научный руководитель, инженер
	14	Подведение итогов, оформление работы	Научный руководитель, инженер

### 3.5 Определение трудоемкости выполнения работ

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  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (17)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (18)$$

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

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

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

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (19)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (20)$$

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

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

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

Расчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

В году 365 дней из них 118 выходных и праздничных дней. Коэффициент календарности равен:

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

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблице 10.

Таблица 10 – Временные показатели проведенного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел–дни		$t_{max}$ , чел–дни		$t_{ожс}$ , чел–дни					
	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР
Составление и утверждение технического задания	5	1	10	1	7	1	3,5	0,5	5	1
Подбор и изучение материалов по теме	20	2	30	4	24	2,8	12	1,4	18	2
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
Описание технологического процесса	5	–	7	–	5,8	–	2,9	–	4	–
Разработка структурной схемы автоматизированной системы	6	–	8	–	6,8	–	3,4	–	5	–
Разработка функциональной схемы автоматизированной системы	5	–	7	–	5,8	–	2,9	–	4	–
Разработка схемы информационных потоков	6	–	9	–	7,2	–	3,6	–	5	–
Подбор оборудования автоматизированной системы	10	–	16	–	12,4	–	6,2	–	9	–

Продолжение таблицы 10 – Временные показатели проведенного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел–дни		$t_{max}$ , чел–дни		$t_{ожс}$ , чел–дни		И	НР	И	НР
	И	НР	И	НР	И	НР				
Разработка схемы внешних проводок	10	–	12	–	10,8	–	5,4	–	8	–
Разработка алгоритмов управления автоматизированной системы	6	–	9	–	7,2	–	3,6	–	5	–
Разработка алгоритмов управления автоматизированной системы	6	–	9	–	7,2	–	3,6	–	5	–
Разработка экранной формы автоматизированной системы	10	–	15	–	12	–	6	–	9	–
Моделирование работы системы регулирования	10	–	15	–	12	–	6	–	9	–
Составление пояснительной записки	6	2	10	5	7,6	3,2	3,8	1,6	6	2
Подведение итогов, оформление работы	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1

На основе таблицы 10 строим календарный план–график.

Календарный план–график представлен на рисунке 15.

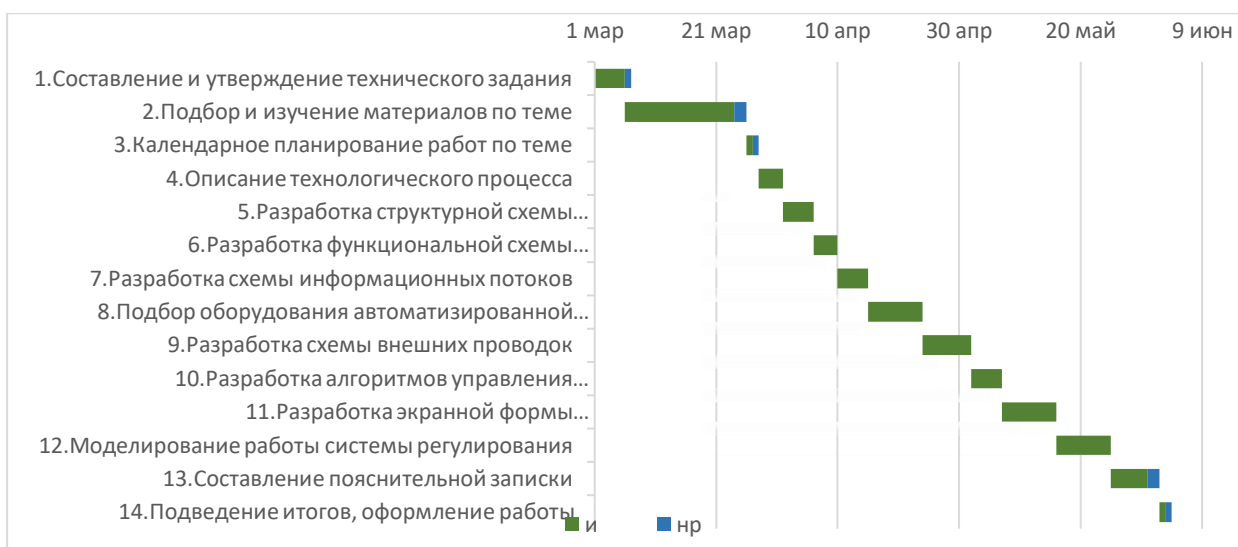


Рисунок 15 – Календарный план–график

### 3.6 Расчет материальных затрат НТИ

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (21)$$

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

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

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

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага	упаковка	1	308	308
Шариковая ручка	шт.	1	30	30
Итого		338		

### 3.6.1 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Результаты расчетов по приобретению спецоборудования и оборудования приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Количество единиц оборудования	Цена за ед., руб.	Затраты спецоборудования, руб.
Ноутбук	1	50000	50000
AutoCAD 2022	1	23774	23774
Microsoft Office	1	1990	1990
MATLAB	1	4230	4230
Итого мат.затрат	79994		

### 3.6.2 Расчет амортизации оборудования

Для моделирования и проведения расчётов используется ноутбук первоначальной стоимостью 50000 рублей в течении 90 дней. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$N_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33. \quad (22)$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{N_A \cdot I}{251} \cdot T_{\text{оби}} = \frac{0,33 \cdot 50000}{251} \cdot 90 = 5916,33 \text{руб.} \quad (23)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$T_{\text{оби}}$  – время использования оборудования, дни.

### 3.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 10.

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (24)$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (25)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно–техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (26)$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

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

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



Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	67	120
Потери рабочего времени на отпуск	56	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	242	221

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{окл} \cdot k_p, \quad (27)$$

где  $Z_{окл}$  – оклад, руб.;

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

Научный руководитель имеет должность доцента и степень кандидата технических наук оклад на весну 2019 год составлял 33664 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 35111,5 руб.

Оклад инженера на весну 2019 года составил 21760 руб., затем осенью был проиндексирован на 4,3% и составил 22695,68 руб.

Таблица 14 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	Разряд	$k_t$	$Z_{окл}$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_r$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	–	–	35111,5	1,3	45644,95	1923,87	7	13467,09
Инженер	–	–	22695,68		29504,54	1495,24	85	127095,4
Итого $Z_{осн}$								140562,49

По результатам расчётов видно, что основная заработная плата за реализацию проекта составит 13467,09 рублей руководителю и 127095,4 рублей инженеру.

### 3.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (28)$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{доп}}$
Научный руководитель	0,12	13467,09	1616,05
Инженер		127095,4	15251,45
Итого			16867,5

### 3.6.5 Отчисления во внебюджетные фонды

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

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (29)$$

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

Размер страховых взносов равен 30% от заработной платы. Сюда включены взносы на пенсионное страхование – 22%, на медицинское страхование – 5,1%, а также на соцстрахование – 2,9%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены ниже в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	13467,09	127095,4
Дополнительная заработная плата, руб.	1616,05	15251,45
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	4087,53	38575,99
Итого	42663,52	

### 3.6.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} \quad (30)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (50338 + 29994 + 140562,49 + 16867,5 + 42663,52) \cdot 0,16 \\ &= 44868,08 \end{aligned}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	338
2. Затраты на специальное оборудование для НИИ	79994

Продолжение таблицы 17 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	140562,49
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16867,5
5. Отчисления во внебюджетные фонды	42663,52
6. Накладные расходы	44868,08
7. Бюджет затрат НИИ	325293,59

3.7 Определение ресурсоэффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (31)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$\Phi_{\text{max}}$  зависит от сложности проекта, который разрабатывается для компании-заказчика. На сложность проекта влияет огромное количество факторов, поэтому достаточно оценить величину  $\Phi_{\text{max}}$  невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта автоматизации ГРС в компании «Элком+» равняется 1000000, в компании «ЭЛНА» – 1200000.

$$I_{\text{финр}}^{\text{разраб}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{325293,59}{1200000} = 0.271$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{21}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1000000}{1200000} = 0.83$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_1}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1200000}{1200000} = 1$$

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

### 3.7.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

В данном разделе необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (32)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Студент с НР и И	Исп.2	Исп.3
Точность	0,2	5	5	5
Надежность	0,1	5	4	5
Быстрота проведения контроля	0,1	5	4	4
Безопасность	0,2	5	4	3

Экологичность	0,1	5	5	3
Простота эксплуатации	0,05	4	5	4
Компактность	0,1	5	5	4
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,15	4	5	4
ИТОГО	1	34	36	28

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{P1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 +$$

$$0,15 \cdot 4 = 4,8$$

$$I_{P2} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,6$$

$$I_{P3} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 \cdot 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.1}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}}, \quad (33)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблицу 19) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (34)$$

Таблица 19 – Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,271	0,83	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективной разработки	4,8	4,6	4

Продолжение таблицы 19– Эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
3	Интегральный показатель эффективности	17,7	5,54	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,31	0,22

Вывод по разделу финансовый менеджмент.

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. При проведении планирования был разработан план–график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 85 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 7;
2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 325293,59 руб;
3. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:
  - Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,271, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;
  - Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,8, по сравнению с 4,6 и 4;
  - Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 17,7, по сравнению с 5,54 и 4, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
3-8Т81		Чардынцев Дмитрий Викторович	
<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Автоматизация газораспределительной станции	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны при разработке проектного решения</li> </ul>	<p><b>Объект исследования:</b> автоматизация газораспределительной станции</p> <p><b>Область применения:</b> газовая отрасль</p> <p><b>Рабочая зона:</b> производственное помещение:</p> <p><b>Размеры помещения</b> 9*2,8</p> <p><b>Рабочие процессы, связанные с технологическим процессом ГРС:</b> контроль технологических параметров, ошибок и неисправностей оборудования на щите управления, во время плановых обходов и осмотра оборудования.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Конституция РФ;</li> <li>– основное законодательство РФ по охране труда;</li> <li>– ФЗ РФ от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;</li> <li>– ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ СТО Газпром 2-3.5-454-2010;</li> <li>– ГОСТ Р 57413-2017;</li> <li>– ВРД 39-1.10-069-2002;</li> <li>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ;</li> <li>– ГОСТ Р 50923-96</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– опасное напряжение в электросетях и электрооборудовании;</li> <li>– повышенный уровень статического электричества;</li> <li>– движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструмента, оборудования;</li> <li>– высокое давление в оборудовании, трубопроводах;</li> </ul> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> </ul>



	<p>– общие токсические: -пары газоконденсата, одоранта;</p> <p>– отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>– повышенная загазованность воздуха рабочей зоны;</p> <p>– производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.</p> <p><b>Средства коллективной защиты:</b> наличие отопления, осветительные приборы, вентиляция устройства управления, знаки безопасности, защитные заземления, устройства автоматического отключения.</p> <p><b>Средства индивидуальной защиты:</b> специальный защитный костюм, ботинки, перчатки, каски защитные, очки защитные, противошумные наушники, средства защиты органов дыхания.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</b>	<p>Атмосфера – летучие углеводороды; Гидросфера – сточные воды, масла моторные отработанные; Литосфера – бытовой мусор.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<p>Возможные ЧС: утечка газа, пожар.</p> <p>Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является взрыв газа.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.Т.Н., Доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т81	Чардынцев Дмитрий Викторович		

#### **4 Социальная ответственность**

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

В ВКР рассматривается автоматизация газораспределительной станции. Оператор выполняет контроль и управление параметрами технологического процесса. В разрабатываемой системе предполагается использование точных приборов измерения давления, температуры, и расхода газа, контроллерного оборудования. Автоматизированная система управления газораспределительной станцией позволяет снизить трудовые и материально-технические затраты, повысить безопасность технологического процесса путем ужесточения контроля технологических параметров и состояния измерительных устройств.

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

- Главными законодательными документами, лежащими в основе санитарных норм и правил, ОТиПБ, являются:
- конституция РФ (ст. 7 п. 2 и 3, ст. 39–42, ст. 52, ст. 58);
- основное законодательство РФ по охране труда (ст. 3–5, ст.9, ст. 20);
- ФЗ РФ от 10.01.2002 г. №7–ФЗ «Об охране окружающей среды» (ст. 11);
- ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ СТО Газпром 2–3.5–454–2010;
- ГОСТ Р 57413–2017;
- ВРД 39–1.10–069–2002;

- ГОСТ 12.2.049–80 ССБТ;
- ГОСТ Р 50923–96.

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

- достаточное рабочее пространство для оператора, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения при эксплуатации и техническом обслуживании оборудования;
- оптимальное размещение оборудования (главным образом средств отображения информации и органов управления), благодаря чему обеспечивается удобное положение оператора при работе;
- четкое обозначение органов управления, индикаторов и других элементов оборудования, которые нужно находить, опознавать и которыми приходится манипулировать;
- необходимое естественное и искусственное освещение для выполнения оперативных задач, технического обслуживания;
- допустимый уровень акустического шума и вибрации, создаваемых оборудованием рабочего места или другими источниками шума и вибрации;
- достаточную простоту и быстроту сборки и разборки оборудования;
- наличие необходимых инструкций и предупредительных знаков, предупреждающих об опасностях, которые могут возникнуть при работе, и указывающих на необходимые меры предосторожности [20].

#### **4.2 Производственная безопасность**

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для газораспределительной станции представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные факторы

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

#### 4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

##### 4.2.1.1 Движущиеся машины и механизмы в зоне работ

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

Согласно ГОСТу 12.2.003–91, конструкция рабочего места оператора ГРС, его размеры и взаимное расположение элементов (органов управления, средств отображения информации, вспомогательного оборудования и др.) должны обеспечивать безопасность при использовании производственного оборудования по назначению, техническом обслуживании, ремонте и уборке, а также соответствовать эргономическим требованиям.

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

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

#### **4.2.1.2 Отклонение показателей микроклимата**

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

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

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

#### **4.2.1.3 Повышенный уровень вибрации**

При внедрении автоматизированной системы газораспределительной станции, вибрация может появиться вследствие наличия в системе задвижек и электропривода. Однако стоит заметить, что подобранное оборудование имеет низкую вибрационную активность, поэтому дополнительных мер по

предотвращению вредных воздействий от вибрации в узле контроля расхода газа не требуется.

#### **4.2.1.4 Высокий уровень шума**

Нормирование уровней шума в производственных условиях осуществляется в соответствии с ГОСТом 12.1.003–2014. При разработке автоматизированной системы газораспределительной станции использовались объекты, которые при эксплуатации способны создавать шум, такие как автоматические задвижки, электропривод, сигнализаторы загазованности. Но основным источником шума является газ, проходящий под высоким давлением. В связи с тем, что уровень шума, испускаемый оборудованием, близок к предельно допустимому, необходимо устраивать кратковременные перерывы в течение рабочего дня вне помещения ГРС, а также обеспечить всех людей, находящихся на территории ГРС, наушниками.

#### **4.2.1.5 Повышенный уровень электромагнитного излучения**

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

При внедрении автоматизированной системы ГРС появятся новые источники дополнительных электромагнитных полей. Исходя из СанПиНа 2.2.4.3359–16, допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работников без средств защиты приведены в таблице 21.

Таблица 21 допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания работников без средств защиты

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

В виду того, что в процессе разработки автоматизированной системы газораспределительной станции оборудование подбиралось с намерением минимизировать влияние электромагнитного поля, уровень общего воздействия магнитного поля составляет приблизительно 90 А/м. Следовательно, обслуживающий персонал ГРС может находиться в помещении не более 8 часов за смену.

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

#### **4.2.1.6 Токсические факторы**

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

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

Природный газ относится к группе веществ, способных образовывать с воздухом взрывопожарные смеси. Согласно ГОСТу Р 57413–2017 метан при

концентрации от 4,4 до 17% (по объёму) взрывоопасен, а свыше 17% пожароопасен, температура самовоспламенения 537 °С.

По токсикологической характеристике относится к веществам четвёртого класса опасности.

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

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

#### **4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего**

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

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

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

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

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



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

Во время работы оператор должен:

- контролировать степень одоризации газа, отпускаемого потребителю;
- выполнять только ту работу, которая поручена и при условии, что безопасные способы ее выполнения хорошо известны;
- проверять исправность ограждений, предохранительных приспособлений, блокировочных и сигнализирующих устройств;
- использовать в процессе работы безопасные приемы труда, соблюдать последовательность выполнения операций, предусмотренных нарядом допуском (разрешением), инструкциями по эксплуатации и ремонту оборудования [21].

### **4.3 Экологическая безопасность**

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

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

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по

мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства.

На основе статистических данных об аварийных ситуациях на нефтехимических производствах целесообразно рассматривать аварию в виде отказа энергосистемы или порыва трубопроводов.

Основными загрязнителями атмосферы являются углеводороды, оксиды азота, оксид углерода, пропилен, едкий натр, этилен. Применение средств индивидуальной защиты на территории предприятия обязательно.

Вредные вещества, выделяющиеся в атмосферу, отличаются по своим свойствам и оказывают различное воздействие на окружающую среду [22, 23].

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

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

- разрыв газопровода на площадке ГРС с воспламенением газа;
- разлив одоранта;
- пожар на территории ГРС или в технологических блоках [24].

Пожар представляет особую опасность, так как он грозит уничтожением аппаратуры, инструментов, документов, которые представляют большую материальную ценность, и возникновением пожара в соседних помещениях. А также может представлять серьезную угрозу жизни и здоровью персонала.

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

Пожарная безопасность обеспечивается системой пожарной сигнализации и системой оповещения о пожаре и системой пожарной.

Согласно постановлению Правительства РФ от 25.04.2012 N 390 "О противопожарном режиме", если объект не с массовым пребыванием людей, то посчитайте сколько рабочих мест у вас организовано на этаже. Если менее 10, план эвакуации не нужен.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке дисплейной развертки;
- нарушенная изоляция электрических проводов;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция
- кабелей и т.п.;
- наличие кислорода, как окислителя процессов горения.

Источниками зажигания в диспетчерской могут быть электронные схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

В современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются

соединительные провода, кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, что может привести к повышению температуры до (80 – 100) °С. При этом возможно плавление изоляции, и как следствие короткое замыкание, которое сопровождается искрением и ведет к недопустимым перегрузкам элементов микросхем.

Для диспетчерской установлена категория пожарной опасности В – пожароопасные.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания, локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара. Предотвращение пожара достигается путем исключения легко воспламеняемых предметов и источников возгорания, а также поддержанием среды в условиях, препятствующих возгоранию. Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара:

- обеспечить подъезды к зданию;
- обесточивание электрических кабелей;
- наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах;
- наличие гидрантов с пожарными рукавами;
- телефонная связь с пожарной охраной;
- огнетушители: углекислотный ОУ–3 и ОУ–5. [24].

### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

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

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

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

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система управления ГРС, удовлетворяющая требованиям технического задания.

В ходе выполнения работы были изучены особенности технологического процесса ГРС, разработаны структурная, функциональная схемы автоматизации, схемы соединений внешних проводок. Кроме того, был осуществлен выбор комплекса аппаратно–технических средств. Помимо этого были разработаны и программно–реализованы алгоритмы управления отдельными процессами технологического процесса.

## Список использованных источников

1. ВРД 39–1.10–069–2002 Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов. – М.: Изд–во ОАО «Газпром», 2002. – 58 с.
2. СТО Газпром 2–3.5–454–2010 Правила эксплуатации магистральных газопроводов. – М.: Изд–во ОАО «Газпром», 2010. – 164 с.
3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ И УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://meganorm.ru/Data2/1/4293850/4293850317.pdf>
4. Моисеенко Е.В., Лаврушина Е.Г. Информационные технологии в экономике. – Владивосток: Изд–во ВГУЭС, 2004. – 246 с.
5. ГОСТ 21.408–2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Издательство стандартов, 2013. – 44 с.
6. 750–816 Wago I/O System [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://wgspb.ru/catalog/archive/avtomatizacziya-arxiv/removed/750-816/>
7. Метран 150TG [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/metran-150-ru-ru>
8. АИР–10Н [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-davleniya-i-manometry/datchiki-davleniya/air-10h/>
9. Элемер-100 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/elemer-100/>
10. Rosemount 3051S [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: [http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/Rosemount\\_3051S.pdf](http://www.indelta.ru/userfiles/file/metran/Rosemount_3051S.pdf).
11. ДТСхх5 термосопротивления [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://owen.ru/product/dtshh5 termosoprotivleniya s kommutacionnoj golovkoj>

12. Метран-274 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://systempribor.ru/catalog/termopreobrazovатели-tsmu-metran-274/tsmu-metran-274-611-86301.html#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B8%20%D0%A2%D0%A1%D0%9C%D0%A3%20%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%2D274%2D%D0%95%D1%85,%D0%BF%D0%BE%20%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%20%D0%A0%2051330.11%2D99https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/automation-solutions-ru-ru/rosemount-sku-644-temperature-transmitter-ru?fetchFacets=true#facet:&partsFacet:&modelsFacet:&facetLimit:&searchTerm:&partsSearchTerm:&modelsSearchTerm:&productBeginIndex:0&partsBeginIndex:0&modelsBeginIndex:0&orderBy:&partsOrderBy:&modelsOrderBy:&pageView:list&minPrice:&maxPrice:&pageSize:&facetRange:&>

13. Сигнализатор 2120 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://neftel.ru/vibratsionnyj-signalizator-rosemount-2120>

14. КР 25нж998нж - клапан стальной регулирующей [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://saz-avangard.ru/catalog/klapan-y-reg/dvukhsedelnyj-chugunniy-eim/25nzh998nzh/>

15. Электроприводы ЭП4 [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <http://www.tulaprivod.ru/products/multi-turn-actuators/detail.php?ID=639>

16. ЭПУУ-7 узел управления [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL <https://npo-proma.ru/katalog/techpribor/elektromontazhnoe-oborudovanie/epuu-uzly-upravleniya-kranami/epuu-7-uzel-upravleniya/>

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

18. Шкляр В. Н. Надежность систем управления: учебное пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2011. – 126 с.



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

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

21. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

22. Гусельников М.Э., Извеков В.Н., Крепша Н.В., Панин В.Ф. Производственная и экологическая безопасность выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. Томск, 2006.

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

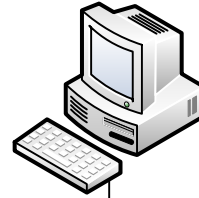
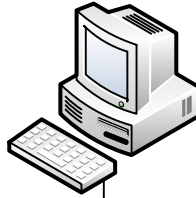
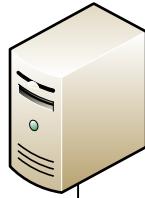
24. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность.

**Приложение А  
(обязательное)  
Структурная схема**

Сервер БД

АРМ Оператора

АРМ Оператора



Верхний уровень:  
информационно-  
вычислительный

Средний уровень:  
контроллерный



ПЛК

Нижний уровень: полевой

4...20 мА



4...20 мА



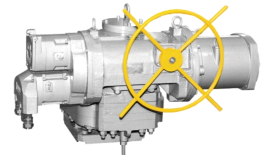
Сухой контакт



4...20 мА



4...20 мА



Датчики и  
исполнительные  
устройства

**ФЮРА.425280.01**

Автоматизация  
газораспределительной  
станции

Приложение А. Структурная схема  
комплекса аппаратно-технических  
средств.

Лит Масса Масштаб

У

Лист 1 Листов 5

ТПУ ОАР, ИШИТР  
Группа 3-8Т81

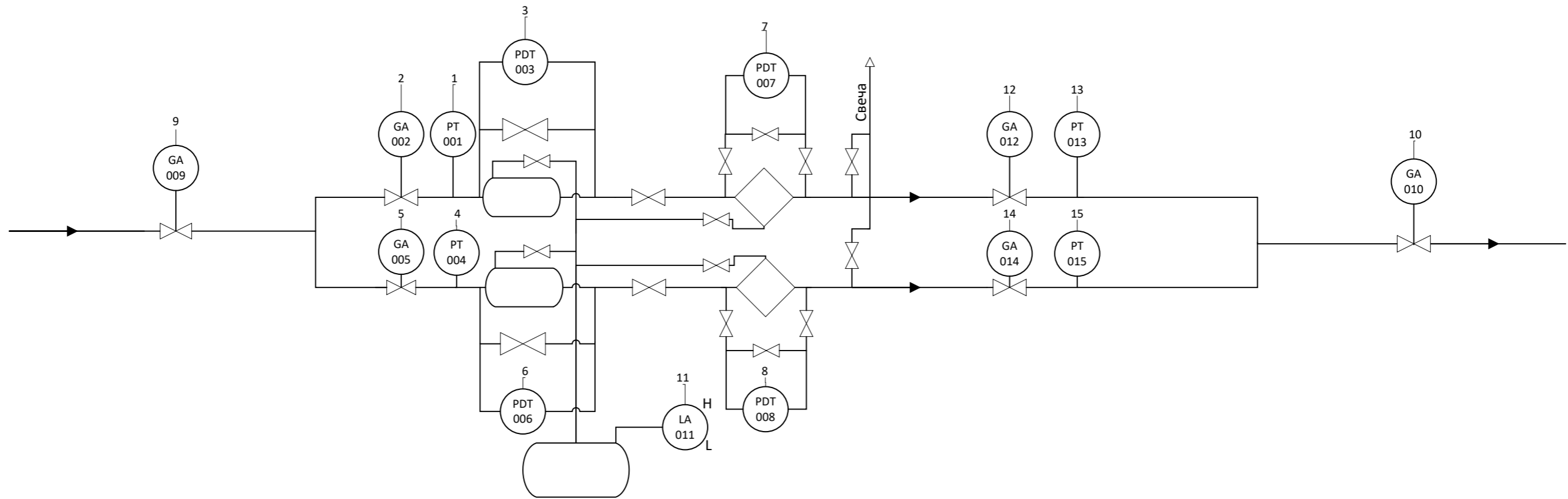
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал		Чардынцев Д.В.		
Проверил		Семенов Н.М.		
Т. Контр.				
Утвердил				

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



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Давление на входе 1, МПа	Положение крана 2	Перепад давления на сепараторе 1, кПа	Давление на входе 2, МПа	Положение крана 5	Перепад давления на сепараторе 2, кПа	Перепад давления на фильтре 1, кПа	Перепад давления на фильтре 2, кПа	Положение крана 9	Положение крана 10	Сигнализатор уровня	Положение РК 1, %	Давление на выходе 1, МПа	Положение РК 2, %	Давление на выходе 2, МПа

Приборы по месту	PC 001	GSA 002	PDI 003	PC 004	GSA 005	PDI 006	PDI 007	PDI 008	GSA 009	GSA 0010	LA 011	GSA 012	PC 013	GSA 014	PC 015
Щит оператора	PI 001		PDA 003	PI 004		PDA 006	PDA 007	PDA 008	GI 009	GI 010	LIA 011 H L	PI 013		PI 015	
SCADA	управления														
	измерение														
	сигнализация														

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Чардынцев Д.В.			
Проверил	Семенов Н.М.			
Т. Контр.				
Утвердил				

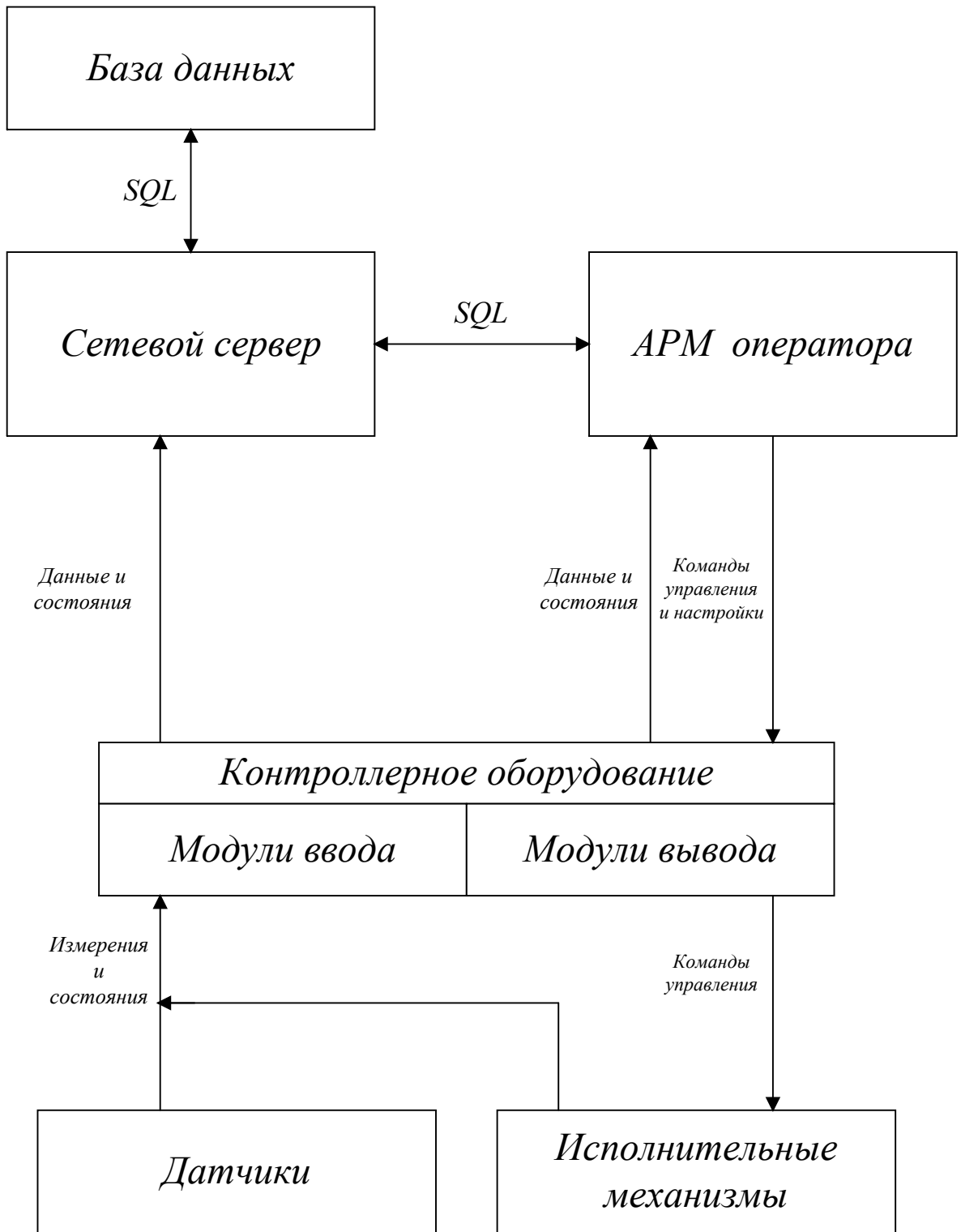
## ФЮРА.425280.02

Автоматизация газораспределительной станции

Приложение Б. Функциональная схема автоматизации

Лит	Масса	Масштаб
У		
Лист 2		Листов 5
ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т81		

**Приложение В**  
**(обязательно)**  
**Схема информационных потоков**




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

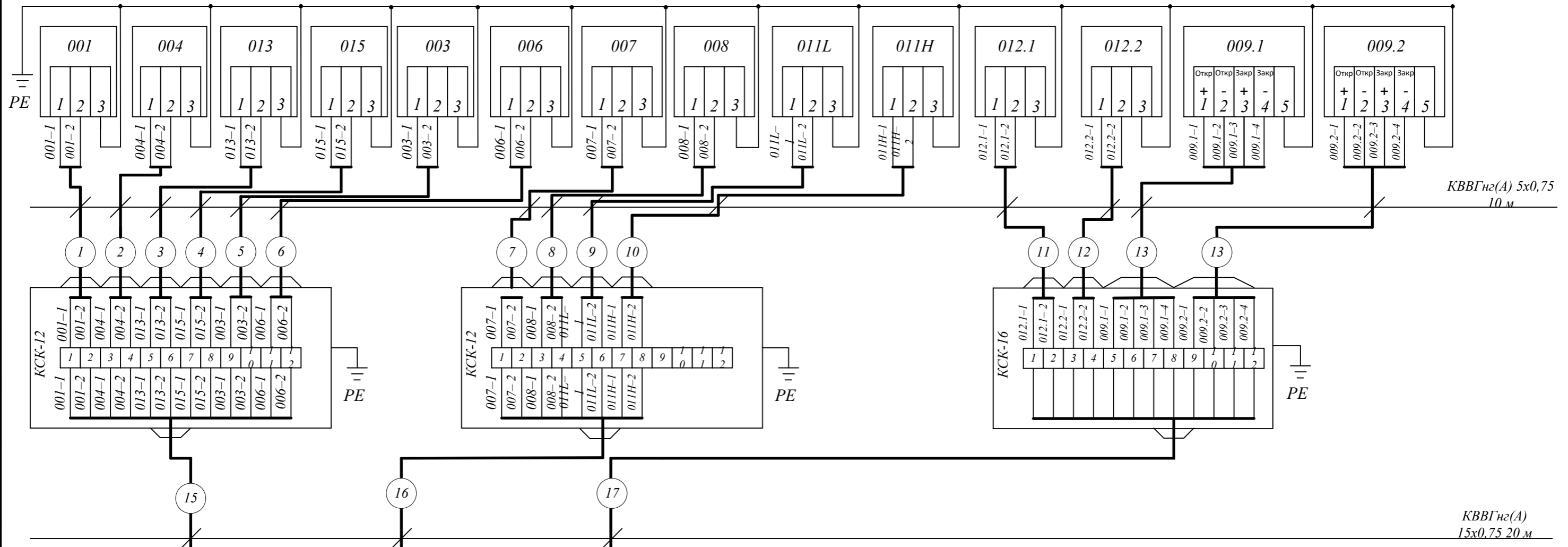
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал		Чардынцев Д.В.		
Проверил		Семенов Н.М.		
Т. Контр.				
Утвердил				

<b>ФЮРА.425280.05</b>			
Автоматизация газораспределительной станции	Лит	Масса	Масштаб
	У		
	Лист 3	Листов 5	
Приложение В. Схема информационных потоков		ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т81	

**Приложение Г**  
**(обязательно)**  
**Схема соединений внешних проводок**



Наименование параметра	Давление	Давление	Давление	Давление	Перепад давления	Перепад давления	Перепад давления	Перепад давления	Уровень нижний	Уровень верхний	Управление регулятором	Положение регулятора	Управление краном	Положение крана
Место отбора сигнала	На входе линия 1	На входе линия 2	На выходе линия 1	На выходе линия 2	На сепараторе 1	На сепараторе 2	На фильтре 1	На фильтре 2	Емкость сбора конденсата	Емкость сбора конденсата	Регулирующий клапан	Регулирующий клапан	ЭПУУ-4	ЭПУУ-4
Тип датчика	Метран 150TG	Метран 150TG	Метран 150TG	Метран 150TG	Метран 150TG	Метран 150TG	Метран 150TG	Метран 150TG	Сигнализатор 2120	Сигнализатор 2120	Электропривод ЭП 4	Электропривод ЭП 4	ЭПУУ-4	ЭПУУ-4
Позиция	001	004	013	015	003	006	007	008	011L	011H	012.1	012.2	2.10	2.12



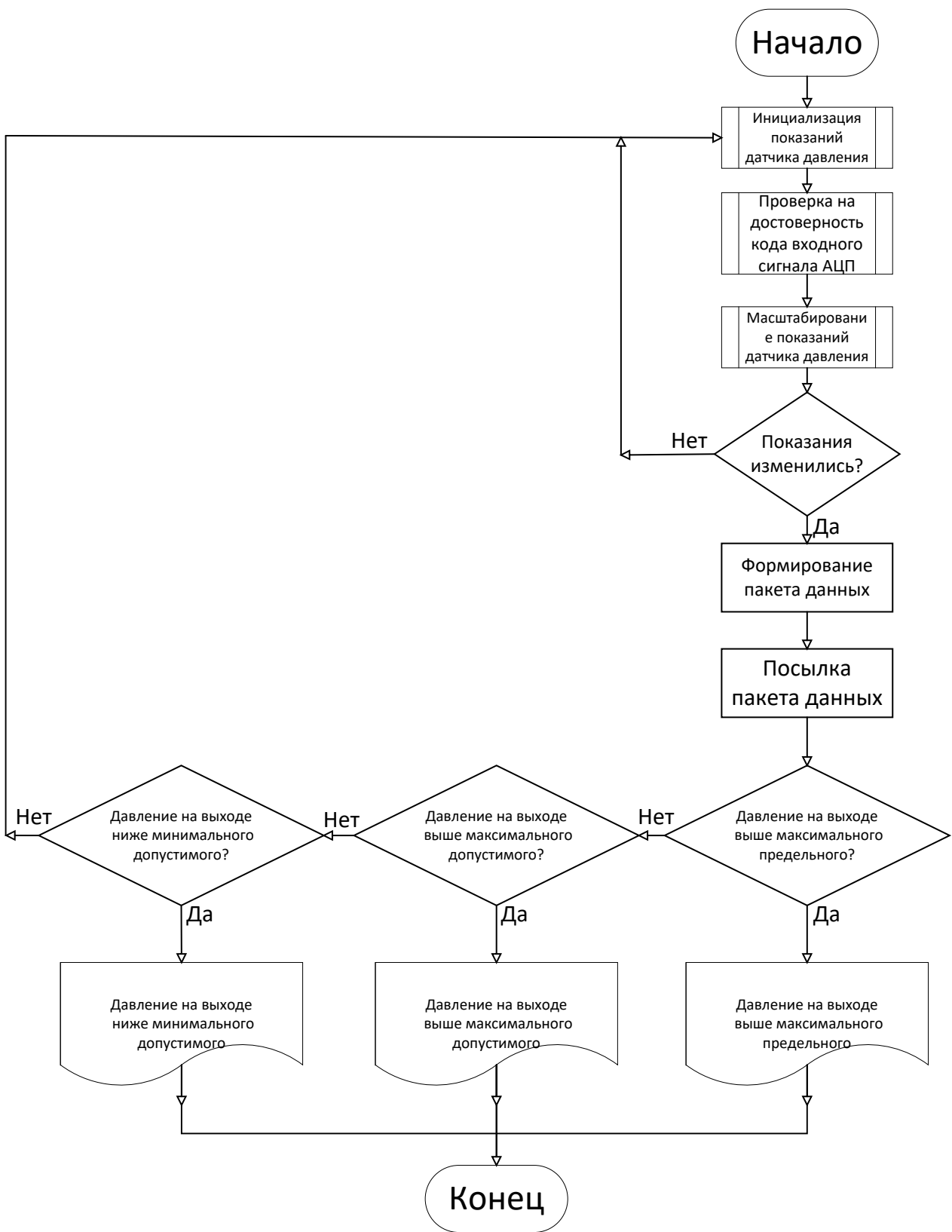
001-1	001-2	004-1	004-2	013-1	013-2	015-1	015-2	003-1	003-2	006-1	006-2	007-1	007-2	007-1	007-2	008-1	008-2	011L-1	011L-2	011H-1	011H-2	012.1-1	012.1-2	012.2-1	012.2-2	009.1-1	009.1-2	009.1-3	009.1-4	009.2-1	009.2-2	009.2-3	009.2-4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
AI+	0V	AI+	0V	AI+	0V	AI+	0V	AI+	0V	AI+	0V	AI+	0V	DI	DI	A0+	0V	AI+	0V	AI+	0V	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI

**Шкаф САУ**

<b>ФЮРА.425280.03</b>								
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Автоматизация газораспределительной станции	Лит	Масса	Масштаб
Разработал	Чардынец Д.В.					у		
Проверил	Семенов Н.М.					Лист 4	Листов 5	
Т. Контр.					Приложение Г. Схема внешней проводки	ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т81		
Утвердил								

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

**Приложение Д**  
**(обязательно)**  
**Алгоритм сбора данных с канала измерения давления**




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

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал		Чардынцев Д.В.		
Проверил		Семенов Н.М.		
Т. Контр.				
Утвердил				

**ФЮРА.425280.04**

Автоматизация газораспределительной станции	Лит	Масса	Масштаб
	У		
	Лист 5	Листов 5	
Приложение Д. Алгоритм сбора данных с канала измерения давления	ТПУ ОАР, ИШИТР Группа 3-8Т81		