



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

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированного лабораторного стенда для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления

УДК 004.896:681.586:531.787

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Цымжитов Тимур Булатович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭИ ИШНКБ	Зарницын Александр Юрьевич	-		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Ивановна	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

## Планируемые результаты обучения ООП

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

Код компетенции	Наименование компетенции
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	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
ПК(У)-2	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
ПК(У)-3	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
ПК(У)-4	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
ПК(У)-5	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
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-7	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, средств и систем
ПК(У)-8	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
ПК(У)-9	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
ПК(У)-10	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
ПК(У)-11	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
ПК(У)-18	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

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-19	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
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	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
ПК(У)-22	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  
Уровень образования – Бакалавр  
Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники  
Период выполнения – Весенний семестр 2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЭИ ИШНКБ	Зарницын Александр Юрьевич	-		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		



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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись) \_\_\_\_\_ (Дата) Громаков Е. И.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8Т8А	Цымжитову Тимуру Булатовичу

Тема работы:

Разработка автоматизированного лабораторного стенда для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.04.2022 г., приказ 119-21/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Объект исследования:</b> автоматизированная система подачи давления. <b>Цель работы:</b> разработка автоматизированного лабораторного стенда для проверки исправности датчика пульсирующего давления.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</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,</i></p>	<p>Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка объема автоматизации; Разработка функциональной схемы АС; Разработка физической модели стенда; Выбор средств реализации АСУТП (КИП и исполнительных устройств);</p>

<p>конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Разработка электрической схемы подключения оборудования стенда; Разработка схемы соединений внешней проводки; Сборка устройства диагностики электрических цепей датчика давления; Проверка выходных сигналов датчика пульсирующего давления.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Трехуровневая структурная схема АС. Функциональная схема АС. Электрическая схема подключения оборудования стенда. Схема соединений внешней проводки.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Креницына Зоя Васильевна, доцент ОСГН ШБИП, к.т.н.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцова Ирина Леонидовна, ст. преподаватель ООД ШБИП</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p style="text-align: center;">-</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>16.02.2022 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОЭИ ИШНКБ	Зарницын Александр Юрьевич	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Цымжитов Тимур Булатович		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ  
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т8А	Цымжитову Тимуру Булатовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/ООП/ОПОП</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Изучение информации, представленной в различных публикациях, нормативно-правовых документах, изданиях.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа: выявление потенциальных клиентов, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения НИИ</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение трудоемкости работ для НИИ, разработка графика проведения НИИ (диаграмма Ганта), составление бюджета НИИ</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Расчет интегрального показателя ресурсной и финансовой эффективности для всех видов исполнения НИИ</i>

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

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т8А	Цымжитов Тимур Булатович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
8Т8А		Цымжитов Тимур Булатович	
<b>Школа</b>	ИШИТР	<b>Отделение (НОЦ)</b>	ОАР
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

**Разработка автоматизированного лабораторного стенда для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

**Введение**

– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.

– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации.

*Объект исследования:* автоматизированный лабораторный стенд для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления

*Область применения:* газовая промышленность, метрологические лаборатории линейного производственного управления магистральными газопроводами.

*Рабочая зона:* лаборатория.

*Размеры помещения:* 5\*6 м.

*Количество и наименование оборудования рабочей зоны:* воздушный компрессор, персональный компьютер с предустановленным специализированным программным обеспечением, устройство диагностики электрической схемы датчика пульсирующего давления, образцовый манометр, датчик давления

*Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:* контроль параметров и исправности датчика пульсирующего давления и автоматизированного задатчика давления, контроль состояния подключения электрических контактов оборудования.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:**

– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;

– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-AP (ред. От 7.10.2022);  
Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (ред. от 30.12.2020, с изм. от 04.10.2022);  
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;  
ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.

**2. Производственная безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации:**

– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов.

**Опасные факторы:**

1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов;
2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой

	<p>материальных объектов производственной среды, вызывающие ожоги тканей организма человека</p> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень шума;</li> <li>2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения</li> <li>3. Повышенный уровень электромагнитных излучений</li> </ol> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> осветительные приборы, источники света, звукоизолирующие и звукопоглощающие устройства, заземление корпусов электрооборудования, указатели напряжения, автоматические выключатели</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b>	Воздействие на атмосферу: выбросы из пневмосистемы стенда, содержащие низкую концентрацию горюче-смазочных материалов (масла)
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b>	<p><b>Возможные ЧС на объекте:</b> Пожар, взрыв. Природные катастрофы (землетрясение, наводнение, ураган и т.д.).</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> Пожар, взрыв.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т8А	Цымжитов Тимур Булатович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 113 страницах, содержит 29 рисунков, 32 таблиц, 36 источников литературы и 7 приложений.

Ключевые слова: датчик пульсирующего давления, лабораторный стенд, программируемый логический контроллер, автоматизированная система, персональный компьютер, выходной сигнал, физическая модель.

Цель работы – разработка автоматизированного лабораторного стенда для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления.

Разработанный стенд может применяться в метрологических лабораториях компаний, сосредоточенных на транспорте природного газа, также его применение возможно и в образовательных целях.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы проводилась разработка структурной и функциональной схем автоматизации, физической модели стенда в Simulink MATLAB R2022a, электрической схемы подключения оборудования и схемы внешних проводок. Также был проведен выбор средств реализации автоматизированной системы (средств КИП и исполнительных устройств), была проведена сборка устройства диагностики выходных цепей датчика пульсирующего давления и проверка выходных сигналов датчика.

Экономическая эффективность работы основывается на определении, ресурсосберегающей, финансовой эффективности исследования. Так, проведя необходимый сравнительный анализ экономической эффективности работы, можно сделать вывод, что разрабатываемый проект является конкурентоспособным.

Для выполнения работы использовались программные продукты: MATLAB R2022a, Microsoft Word 2016, Autodesk AutoCAD.

## Оглавление

Определения, сокращения, обозначения .....	17
Введение.....	18
1 Разработка лабораторного стенда.....	19
1.1 Преобразователь давления измерительный .....	21
1.1.1 Назначение преобразователя давления.....	21
1.1.2 Технические характеристики преобразователя давления.....	22
1.1.3 Устройство и работа преобразователя давления .....	24
1.2 Устройство и принцип работы лабораторного стенда.....	25
1.2.1 Описание технологического процесса.....	25
1.2.2 Режимы работы лабораторного стенда.....	27
1.2.2.1 Проверка аналоговых входных и выходных цепей датчика.....	27
1.2.2.2 Проверка выходных сигналов датчика по цифровому интерфейсу ....	28
1.2.2.3 Проверка выходных сигналов датчика с помощью задания пневматического сигнала .....	29
1.2.2.4 Определение основной приведенной погрешности .....	30
1.3 Устройство диагностики электрической схемы датчика .....	30
1.4 Разработка структурной схемы АС .....	31
1.4.1 Полевой уровень.....	31
1.4.2 Контроллерный уровень .....	32
1.4.3 Верхний уровень .....	32
1.5 Разработка объема автоматизации .....	32
1.6 Разработка физической модели стенда .....	33
1.7 Разработка электрической схемы подключения оборудования стенда.....	36
1.8 Разработка схемы соединений внешней проводки.....	36

2 Выбор средств реализации АС .....	39
2.1 Выбор контрольно-измерительных приборов.....	39
2.1.1 Выбор датчика давления .....	39
2.1.2 Выбор датчика давления для проведения калибровки.....	40
2.2 Выбор регулирующего клапана.....	41
2.3 Выбор электромагнитных клапанов.....	43
2.4 Выбор контроллерного оборудования .....	44
3 Сборка устройства диагностики .....	47
3.1 Реализация схемы устройства диагностики .....	47
3.2 Изготовление корпуса.....	49
3.3 Монтаж.....	50
4 Работа устройства диагностики электрической схемы датчика давления. Проверка датчика на исправность .....	52
4.1 Проверка аналоговых входных и выходных цепей датчика.....	52
4.2 Проверка выходных сигналов датчика по цифровому интерфейсу .....	53
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 57	
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	57
5.2 Анализ конкурентных технических решений .....	57
5.3 SWOT – анализ .....	59
5.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	61
5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	61
5.4.2 Определение трудоемкости работ .....	63
5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	64
5.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	67
5.4.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование НТИ .....	67

5.4.4.2 Расчет на специальное оборудование для научных работ.....	68
5.4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	68
5.4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	70
5.4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	70
5.4.4.6 Накладные расходы.....	71
5.4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	71
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, специальной и экономической эффективности исследования.....	72
Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	76
6 Социальная ответственность.....	77
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	78
6.2 Производственная безопасность.....	79
6.2.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей потенциалов, под действие которого попадает рабочий .....	80
6.2.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, вызывающие ожоги тканей организма человека разницей потенциалов, под действие которого попадает рабочий.....	81
6.2.3 Повышенный уровень шума .....	82
6.2.4 Отсутствие или недостаток искусственного освещения.....	83
6.2.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	83
6.3 Экологическая безопасность.....	84
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	85
6.4.1 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	86

Вывод по разделу социальная ответственность.....	87
Заключение .....	88
Список использованных источников и литературы .....	90
Приложение А (Обязательное) Схема внешних электрических соединений датчика пульсирующего давления .....	95
Приложение Б (Обязательное) Трехуровневая структурная схема АС.....	97
Приложение В (Обязательное) Упрощенная ФСА.....	99
Приложение Г (Обязательное) ФСА .....	101
Приложение Д (Обязательное) Электрическая схема подключения оборудования стенда.....	103
Приложение Е (Обязательное) Спецификация электрической схемы подключения.....	110
Приложение Ж (Обязательное) Схема внешних проводок .....	112

## Определения, сокращения, обозначения

В данной работе использованы следующие термины с соответствующими определениями:

**структурная схема:** совокупность простых звеньев объекта и связей между ними, является одним из видов графической модели. Простое звено – это часть объекта, которая осуществляет элементарную функцию.

**автоматизированная система:** совокупность персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, которая реализует информационную технологию выполнения установленных функций;

В данной работе использованы следующие сокращения и соответствующие им расшифровки:

КС – компрессорная станция;

ДПД – датчик пульсирующего давления;

АС – автоматизированная система;

АРМ оператора – автоматизированное рабочее место оператора;

ПК – персональный компьютер;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина;

АСУ – автоматизированная система управления;

ПЛК – программируемый логический контроллер.

## Введение

По запасам газа Российская федерация занимает лидирующие позиции в мире. При движении газа по трубопроводу происходит потеря давления из-за разного гидравлического сопротивления по длине газопровода. Падение давления вызывает снижение пропускной способности газопровода. Одновременно понижается температура транспортируемого газа, главным образом, из-за передачи теплоты от газа через стенку трубопровода в почву и атмосферу.

Повышая давление через определенные расстояния вдоль трассы газопровода компрессорными станциями (КС), поддерживается заданный расход транспортируемого газа.

В наше время компрессорная станция является сложным инженерным сооружением, которое обеспечивает основные технологические процессы по подготовке и транспорту природного газа.

Работу компрессорной станции обеспечивает газоперекачивающий агрегат (ГПА), в основе которого лежит авиационный двигатель, где встречается одна из распространённых проблем – помпажный срыв компрессора. Фиксирует данное явление датчик пульсирующего давления.

В данной работе разрабатывается автоматизированный стенд для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления.

Объектом исследования является автоматизированная система подачи давления.

Цель работы: разработка автоматизированного задатчика давления лабораторного стенда для проверки исправности и калибровки измерительного преобразователя давления.

Данная разработка будет полезна газотранспортным компаниям и лабораторным учреждениям для проведения проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления в ходе входного контроля и технического обслуживания.

## 1 Разработка лабораторного стенда

В выполняемой работе лабораторный стенд – это комплекс оборудования, предназначающееся для проведения приемки и технического обслуживания датчиков давления, прежде всего, датчиков пульсирующего давления.

Данный стенд разрабатывается для решения следующих задач:

- проверка исправности измерительного преобразователя давления перед его установкой на компрессор газоперекачивающего агрегата;
- калибровка датчика.

Оборудование необходимое для обеспечения функционирования данного лабораторного стенда представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Оборудование стенда

№ п/п	Наименование устройства	Кол-во, шт
1	Устройство диагностики электрической схемы датчика давления	1
2	Источник питания	1
3	Преобразователь интерфейсов RS485-USB	1
4	Приемник кодового сигнала (персональный компьютер)	1
5	Источник пневматической энергии (воздушный компрессор)	1
6	Электромагнитные клапаны	3
7	Регулирующий клапан	1
8	Ручной клапан	1
9	Датчик давления	1
10	Эталон(Образцовый манометр, калибратор давления и др.)	1
11	Программируемый логический контроллер	1

Выбор фирмы-поставщика представленных выше (таблица 1) КИП и исполнительных механизмов основывается на альтернативном выборе и обосновываться на технико-экономических критериях, а также на ориентированности на отечественного производителя. Также будет учтена возможность расширения количества входов/выходов, задействованных в контроллере, т.е. необходима поддержка модульной архитектуры.

В работе разрабатываемого стенда были выделены четыре режима работы:

- проверка исправности электрических цепей датчика с помощью устройства диагностики электрической схемы датчика давления;
- диагностика выходных сигналов датчика по цифровому интерфейсу;
- проверка выходных сигналов датчика с заданием пневматического сигнала;
- определение основной приведенной погрешности.

В режиме работы диагностики электрической схемы датчика проверяемый датчик подключают к устройству диагностики, а затем подают сигнал «ТЕСТ» путем переключения тумблера «Тест», после чего проводят контроль индикации.

При проверке выходных сигналов датчика давления его подключают к устройству диагностики и к ПК с помощью цифрового преобразователя интерфейсов, где осуществляют проверку выходных сигналов путем подачи команд по цифровому интерфейсу RS-485. Подавая команды датчику, оператор проводит контроль индикации на устройстве диагностики электрической схемы датчика и делает заключение.

В режиме проверки выходных сигналов с заданием пневматического сигнала работа стенда должна осуществляться в следующей последовательности:

- 1) подключение датчика к пневмосистеме и устройству диагностики электрической схемы датчика давления лабораторного стенда;
- 2) проверка герметичности всей пневмосистемы стенда;
- 3) сброс давления;
- 4) подача давления;
- 5) подача пневматического импульса;
- 6) контроль выходных сигналов датчика давления.

Помимо выше приведенных операций, выполняется проверка выходных сигналов датчика.

В режиме определения основной приведенной погрешности также осуществляются пункты с проверкой герметичности пневмосистемы и контролем выходных сигналов датчика давления. А также последовательно, согласно порядка, проводятся следующие операции:

- 1) подача давления пятью интервалами «прямым ходом»;
- 2) снятие показаний, согласно интервалам;
- 3) проведение измерений показания давления путем сброса давления пятью интервалами «обратным ходом»;
- 4) оценка полученных результатов.

## **1.1 Преобразователь давления измерительный**

### **1.1.1 Назначение преобразователя давления**

«Преобразователь предназначен для непрерывного измерения и преобразования абсолютного или избыточного давления газообразных и жидких сред, выходной сигнал интерфейса связи RS485» [3] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Преобразователь давления СДВ-И-1,6-П-01-Л К АГБР.416.00.00  
ТУ

Область применения данного датчика давления – «системы автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами на предприятиях газовой, металлургической, химической, пищевой отраслях промышленности» [3].

Рабочая среда для преобразователя давления — «жидкости, пар, газы, парогазовые и газовые смеси, по отношению к которым титановый сплав ВТ-

9 по ГОСТ 19807 и сталь 12X18H10T по ГОСТ 5632 являются коррозионностойкими. Также не допускается кристаллизация или затвердевание рабочей среды в приемнике датчика пульсирующего давления» [3].

### 1.1.2 Технические характеристики преобразователя давления

Преобразователь давления имеет следующие технические характеристики (таблица 2).

Таблица 2 – Технические характеристики преобразователя давления измерительного

Технические параметры	Значение
Верхний предел измеряемого давления	1,6 МПа
Номинальная статическая характеристика преобразователя	линейная, и имеет следующий вид: $Y = Y_H + \frac{(Y_B - Y_H)}{(P_B - P_H)} (P - P_H),$ где $Y$ - текущее значение выходного электрического сигнала (или цифрового кода) преобразователей; $P$ - значение измеряемой физической величины; $Y_H, Y_B$ - соответственно нижнее и верхнее предельные значения выходного сигнала; $P_H, P_B$ - соответственно нижний и верхний пределы измерений.
Пределы допускаемого значения основной приведенной погрешности измерения	$\pm 0,5$ % от верхнего предела измерения
Пределы допускаемого значения приведенной дополнительной погрешности, связанной с изменением температуры окружающей среды	$\pm 0,15$ % / $10^\circ\text{C}$
Погрешность измерения преобразователя при изменении внешнего давления от 92,0 кПа до 106,7 кПа	Не более 0,1 %
Дополнительная погрешность, связанная с воздействием вибрации	Не более $\pm 0,1 \frac{P_{\max}}{P_B}$
Дополнительная погрешность, связанная с изменением напряжения питания	Не более 0,2

Продолжение таблицы 2

Технические параметры	Значение
Частота измерений значений преобразователя	600 Гц, 1200 Гц
Номинальное напряжение питания преобразователя	(24 ± 0,5) В
Потребляемая мощность	1,0 В · А
По умолчанию установленные единицы давления	МПа
Диапазона температур окружающей среды	от минус 50 °С до 105 °С
Интерфейс связи преобразователя с внешними устройствами	RS485
Коммуникационный протокол	MODBUS RTU
Средний срок службы преобразователя до списания	14 лет
Взрывозащищенное исполнение	Взрывонепроницаемая оболочка типа 1ExdbIIBT4GbX

Также преобразователь имеет аналоговые входные и выходные цепи.

Аналоговые выходные цепи преобразователя давления содержат «твердотельные реле, которые предназначены для передачи сигнала исправного состояния, сигнала «Помпаж\_НЗ» (нормально замкнутый (закрытый) переключающий контакт), «Помпаж\_НО» (нормально разомкнутый (открытый) переключающий контакт). Цепь «Помпаж» - трёхпроводная электрическая цепь постоянного тока имеет твердотельное реле в виде двух групп переключающих контактов с общим контактом. Аналоговая цепь «Предупреждение помпажа» (нормально разомкнутый (открытый) переключающий контакт) предназначен для передачи сигнала предпомпажного состояния.

Аналоговые входные цепи – цепь «Тест +», цепь «Тест –», предназначены для осуществления контроля функционирования (диагностики) преобразователя.

Аналоговые входные и выходные цепи гальванически изолированы от цепей питания и цепей цифрового интерфейса.

По интерфейсу связи преобразователь давления выдает следующие параметры:

- статус преобразователя, в котором отображены состояние сигналов «Исправность», «Помпаж НО», «Предупреждение помпажа», «Тест» и другая диагностическая информация;
- среднее значение давления в течение установленного интервала времени  $P_{cp}$  в установленных единицах давления;
- величину провала давления  $\Delta P$  в установленных единицах давления;
- отношение величины провала давления к среднему значению давления  $\frac{\Delta P}{P_{cp}}$ ;
- среднее квадратическое отклонение давления за установленный промежуток времени,  $\sigma$  в установленных единицах давления;
- отношение среднего квадратического отклонения к среднему значению давления  $\frac{\sigma}{P_{cp}}$ » [3].

Также стоит отметить, что «состояние сигналов «Помпаж НО», «Предупреждение помпажа» и «Исправность» отображается в байте статуса преобразователя давления, кроме того они продублированы выходными цепями твердотельных реле» [3].

### 1.1.3 Устройство и работа преобразователя давления

Преобразователь давления состоит из «чувствительного элемента и блока электроники. Подача измеряемого давления осуществляется через штуцер с резьбой М14×1. Присоединение к трубопроводам с другой резьбой осуществляется при помощи КМЧ, поставляемой по заказу» [3].

Принцип действия преобразователя давления основан «на преобразовании разности давления измеряемой среды и давления внутри корпуса, воздействующей на мембрану чувствительного элемента, который преобразует ее в электрический сигнал, пропорциональный механической деформации мембраны. Сигнал чувствительного элемента поступает на

вход АЦП и преобразуется в цифровую форму.

Для получения информации об абсолютном давлении измеряемой среды используется преобразователь абсолютного давления, измеряющий давление внутри корпуса преобразователя давления, сигнал которого обрабатывается дополнительным АЦП.

Цифровые сигналы АЦП считываются микроконтроллером, корректируются с учётом настроечных коэффициентов, устраняющих нелинейности и температурные зависимости чувствительных элементов, преобразуется в величину абсолютного или избыточного давления в зависимости от исполнения преобразователя. Последовательность полученных значений обрабатывается в соответствии с установленными алгоритмами по следующим двум условиям:

- 1) Скорости падения давления воздуха за компрессором;
- 2) Величине относительных пульсаций давления.

Оба условия анализируются лишь в том случае, если средний уровень давления превышает установленный минимальный уровень  $P_{min1}$  или  $P_{min2}$ » [3].

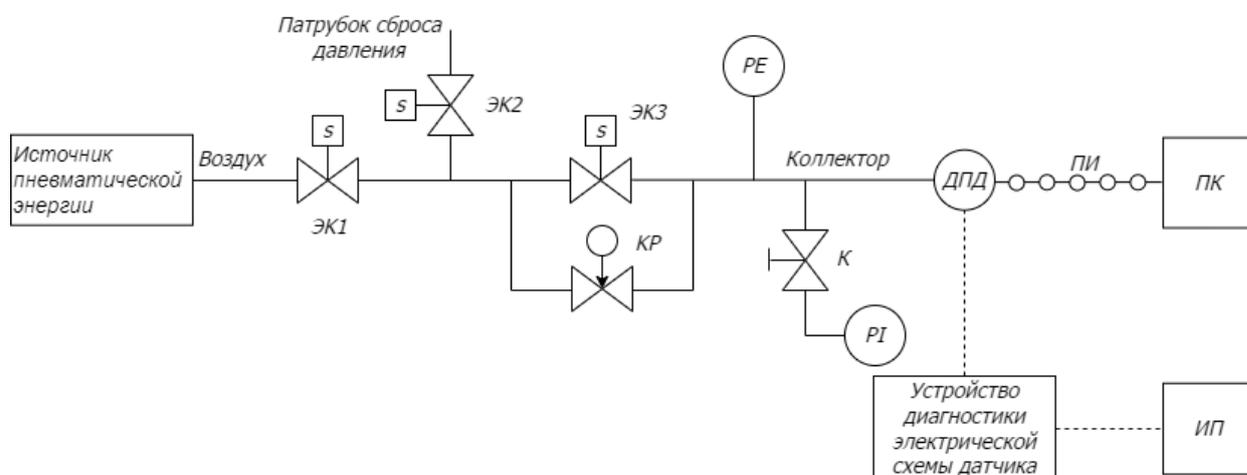
## **1.2 Устройство и принцип работы лабораторного стенда**

### **1.2.1 Описание технологического процесса**

Автоматизированный лабораторный стенд для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления является неотъемлемой частью метрологической лаборатории службы АиМО Бобровского ЛПУ МГ ООО «Газпром Трансгаз Югорск», так как он выполняет функцию проверки выходных сигналов устройством диагностики электрической схемы датчика и по цифровому интерфейсу RS-485, а также калибровку датчика.

Для проектирования САР были использованы следующие элементы: источник пневматической энергии (воздушный компрессор), воздухопровод, обеспечивающий транспортировку пневматической энергии

(полипропиленовые трубы), исполнительные механизмы (электромагнитные и регулирующий клапаны), датчик давления и программируемый логический контроллер.



ЭК1-ЭК3 – электромагнитные клапаны, КР – регулирующий клапан, К – ручной клапан, РЕ – датчик давления, РИ – образцовый манометр (также возможна установка калибратора давления), ДПД – датчик пульсирующего давления, ПИ – преобразователь интерфейса RS-485, ИП – источник питания

Рисунок 2 – Структурная схема лабораторного стенда

Работа стенда начинается с проверки исправности аналоговых входных выходных цепей датчика с помощью устройства диагностики электрической схемы датчика. Далее идет диагностика выходных сигналов датчика по цифровому интерфейсу с помощью подачи последовательных команд, осуществляя одновременный контроль изменения состояния индикации сигналов в окне программы и изменения состояния индикаторами, подключенными к аналоговым цепям датчика.

Затем выполняется подключение датчика к магистрали подачи давления, где далее проводят проверку герметичности проверяемого датчика путем задания давления, равного верхнему пределу измерения датчика, с помощью регулирующего клапана КР автоматизированного задатчика давления.

После идет проверка выходных сигналов посредством задания пневматического сигнала путем вывода датчика на рабочее давление с

последующей подачей пневматических импульсов (создание пульсаций давления), благодаря которому можно получить соответствующую индикацию выходных сигналов в окне программы и светодиодами устройства диагностики.

И заключительным этапом является определение основной приведенной погрешности. На данном этапе диапазон измерения проверяемого датчика разбивается на 5 равных интервалов, после чего задается давление по 6 рассчитанным точкам «прямым ходом» с помощью регулирующего клапана КР при открытом клапане ЭК1 и «обратным ходом» (только при перекрытом клапане ЭК1 и открытом клапаном патрубка сброса давления – ЭК2), где в каждой точке показания эталона (образцовый манометр/калибратор давления) Р1 подключенный через патрубок клапаном К и проверяемого датчика (ДПД) сравниваются (метод непосредственного сличения).

На основе полученных выше данных делают заключение о исправности датчика.

## **1.2.2 Режимы работы лабораторного стенда**

### **1.2.2.1 Проверка аналоговых входных и выходных цепей датчика**

Работа стенда начинается с проверки аналоговых выходных цепей датчика сигналов «Помпаж НЗ», «Помпаж НО», «Предупреждение Помпажа» и «Исправность» и аналоговых входных цепей – цепь «Тест +» и цепь «Тест -». При помощи устройства диагностики электрической схемы тумблером SA1 «Вкл. Тест» подать сигнал «ТЕСТ». После последует индикация подачи сигнала на светодиоде «Тест».

Далее необходимо проконтролировать выдачу выходных сигналов «Помпаж\_НО» и «Помаж\_НЗ», инверсных фактическому состоянию сигналов датчика на момент проверки (контроля). Индикацию состояния сигналов отображают светодиоды «НО» и «НЗ».

Если индикация выходных сигналов датчика правильно отображается светодиодами устройства диагностики во время воздействия сигнала «ТЕСТ» при испытаниях, то датчик считается выдержавшим испытания.

### **1.2.2.2 Проверка выходных сигналов датчика по цифровому интерфейсу**

После проверки аналоговых цепей проводят проверку выходных сигналов датчика пульсирующего давления «Помпаж НО», «Предупреждение помпажа» и «Исправность» по цифровому интерфейсу RS-485.

Для начала датчик подключают к источнику питания (ИП), затем к ПК с помощью цифрового интерфейса.

Далее запускают программу диагностики датчика помпажа «SensorPompage.exe» и проводят поиск датчика. Затем считывают данные с датчика кнопкой «Чтение данных» и производят контроль приема данных от датчика.

После установления подключения и считывания данных проводят тест. Для этого во вкладке «Тест» выбирают последовательно кнопки контроля сигналов по цифровому интерфейсу «Помпаж», «Исправность», «Предупреждение помпажа». Проконтролируйте изменение состояния индикации этих сигналов в окне программы, а также выполнение этих команд аналоговыми цепями изменением состояния соответствующими индикаторами РМ подачи и контроля сигналов.

Завершая проверку сигналов, кнопки контроля возвращают в исходное состояние и повторно производят прием и контроль данных от датчика.

Датчик считается выдержавшим испытания, если при подаче команд контроля по цифровому каналу индикация выходных сигналов датчика правильно отображается в окне программы и светодиодами устройства диагностики во время воздействия команд.

### **1.2.2.3 Проверка выходных сигналов датчика с помощью задания пневматического сигнала**

Для проверки выходных сигналов датчика с помощью задатчика давления необходимо провести следующие действия.

Присоединить проверяемый датчик к магистрали подачи давления от задатчика давления.

Затем датчик подключить к устройству диагностики и к ПК с помощью преобразователя интерфейсов (ПИ). На устройстве тумблер установить в положение «ВЫКЛ.». Далее включить питание датчика и приборов для проверки.

Систему, состоящую из средств проверки, соединительных линий и вспомогательных средств для задания и передачи измеряемого параметра проверить на герметичность.

Проверка на герметичность проводится при давлении, равном верхнему пределу измерений датчика.

Создается необходимое давление и отключается источник давления.

Система считается герметичной, если после трехминутной выдержки под давлением, равным верхнему пределу измерений, в течение последующих 2 мин в ней не наблюдаются падения давления.

Сбросить давление с помощью регулирующего клапана КР2.

Далее с помощью источника пневматической энергии в магистрали «КР – ДПД» с помощью клапана КР задать рабочее давление, затем с помощью электромагнитного клапана ЭКЗ подать пневматический импульс на датчик пульсирующего давления.

Датчик считается выдержавшим испытания, если при подаче пневматического импульса была правильная индикация выходных сигналов датчика в окне программы и светодиодами устройства диагностики во время воздействия.

### 1.2.2.4 Определение основной приведенной погрешности

Определение основной приведенной погрешности производят, разбивая диапазон измерения датчика на пять равных интервалов, что соответствует шести точкам, включая минимальное ( $P_0$ ) и максимальное ( $P_{max}$ ) значения.

Перед определением основной приведенной погрешности на датчик должны быть произведены подача и сброс измеряемого параметра, равного (80-100) % от ВПИ. После чего преобразователь должен быть выдержан при включенном состоянии не менее 15 мин.

«На датчик подать давление и в каждой точке снять показания выходного сигнала в последовательности сначала от меньших значений давления к большим (от  $P_0$  до  $P_{max}$  – прямой ход), затем от больших значений давления к меньшим (от  $P_{max}$  до  $P_0$  – обратный ход).

Затем основную приведенную погрешность  $\gamma_0$  рассчитывают по формуле (1):

$$\gamma_0 = \frac{P - P_p}{P_{max}} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $P$  – измеренное значение датчиком;

$P_p$  – заданное значение;

$P_{max}$  – ВПИ датчика.

Полученные значения  $\gamma_0$  округлить до двух значащих цифр» [3].

Датчик признают годным, если во всех поверяемых точках основная приведенная погрешность удовлетворяет требованиям ТУ.

### 1.3 Устройство диагностики электрической схемы датчика

Устройство диагностики электрической схемы датчика представляет собой устройство, предназначенное для диагностики выходных сигналов датчика через преобразователь интерфейса и проверки исправности входных и выходных аналоговых цепей датчика «путем подачи на контакты "Тест +" и "Тест -" сигнала проверки по двухпроводной схеме в виде напряжения

постоянного тока от 16 до 32 В. Для преобразователей в режиме контроля функционирования (диагностики) должны быть выданы выходные сигналы «Помпаж\_НО» и «Помпаж\_НЗ», инверсные фактическому состоянию сигналов преобразователя на момент проверки (контроля)» [3].

Также через него реализовано питание напряжением датчика пульсирующего давления.

Схема аналоговых входных и выходных цепей представлена в приложении А.

## **1.4 Разработка структурной схемы АС**

Система автоматического регулирования давления в коллекторе лабораторного стенда построена по принципу открытой трехуровневой иерархии, которая включает в себя полевой уровень (нижний), контроллерный уровень (средний) и верхний уровень. Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств АСУ ТП [2] представлена в приложении Б.

### **1.4.1 Полевой уровень**

Полевой (нижний) уровень состоит из исполнительных устройств и приводов, которые отвечают за регулирование и управление технологическими параметрами и контрольно-измерительных приборов (первичные датчики, измерительные преобразователи), которые осуществляют сбор, передачу технологических параметров и установлены они исключительно на месте проведения технологического процесса [2].

В проектируемой системе автоматического регулирования давления лабораторного стенда на полевым уровне располагается такой измерительный прибор, как датчик давления.

Также на полевым уровне установлен регулирующий клапан.

### 1.4.2 Контроллерный уровень

Контроллерный (средний) уровень состоит из программируемого логического контроллера (ПЛК) и модулей ввода/вывода. На контроллерном уровне осуществляется сбор и первичная обработка технологических параметров со средств измерений, расположенных на полевом уровне, формирование регулирующего или управляющего алгоритма, передача данных на следующий (верхний) уровень и выполнение его команд.

В проектируемой системе средний уровень состоит из стойки, на которой размещены DIN-рейки для установки ПЛК [2].

### 1.4.3 Верхний уровень

Верхний уровень состоит из автоматизированного рабочего места оператора (АРМ), компьютера с операционной системой Windows и оснащенного SCADA-пакетом. На нем осуществляется сбор и обработка информации с контроллерного (среднего) уровня. А также на верхнем уровне выполняется формирования отчетной документации [2].

## 1.5 Разработка объема автоматизации

По разработанной функциональной схеме автоматизации лабораторного стенда, выполненной согласно ГОСТ 21.208-2013[4] и ГОСТ21.205-2016 [5] и представленной в приложении В и Г, был разработан объем автоматизации задатчика давления лабораторного стенда

Таблица 3 – Объем автоматизации

№	Наименование технологических параметров	Обозначение прибора	Функции АСУ ТП
1	Давление в воздухопроводе (линия «Регулирующий клапан – ДПД»)	PCR	И, Рег, Р.

## 1.6 Разработка физической модели стенда

Simscare предназначен для «создания моделей физических систем в среде Simulink. С помощью Simscare моделируются такие системы, как электродвигатели, мостовые выпрямители, гидроприводы и системы охлаждения. Дополнительные продукты Simscare предоставляют более сложные компоненты и инструменты анализа.

Simscare помогает разрабатывать системы управления и тестировать производительность на уровне системы. Доступно создание собственных моделей компонентов на языке Simscare, основанном на MATLAB. Язык Simscare позволяет создавать текстовые компоненты, домены и библиотеки для физического моделирования. Модели параметризуются при помощи переменных и выражений MATLAB. Системы управления для физической системы разрабатываются в Simulink» [20].

Для создания модели стенда были использованы следующие блоки библиотеки Simscare:

- блок Reservoir (G), который представляет бесконечный резервуар с фиксированным давлением и температурой, другими словами, является источником давления;
- блок Gas Properties (G), с помощью которого задаются газовые свойства, которые действуют как глобальные параметры для всех блоков;
- блок Ball Valve (G) моделирует отверстие с перемещающимся шариком, который замедляет поток через клапан. В полностью закрытом положении шарик опирается на парафированное седло, полностью блокируя прохождение жидкости между отверстиями «А» и «В»;
- блок Pipe (G) с блоком Cap (G) в данной работе моделируют сосуд с постоянным объемом, коллектор;
- блок Pressure & Temperature Sensor реализует датчик давления.

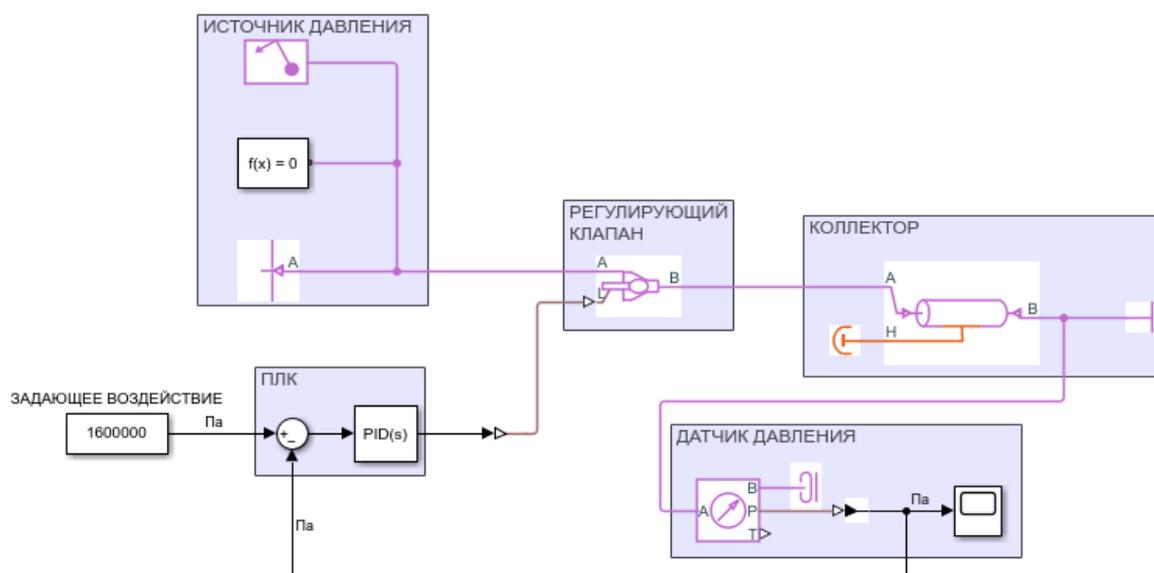


Рисунок 3 – Схема модели стенда, спроектированная с помощью библиотек Simscape Simulink

Уровень давления, является одним из основных технологических параметров, регулируемых в коллекторе. Необходимо, чтобы значение данного параметра поддерживалось на заданном уровне.

В качестве алгоритма регулирования был использован алгоритм ПИД-регулирования. Данный алгоритм может обеспечить максимально близкое значение заданного параметра и высокое быстродействие системы.

Регулирование параметра в системе происходит следующим образом. Датчик давления отправляет сигнал на сравнительное устройство, где происходит сравнение действительного и заданного значений. Затем вычисленная ошибка поступает на ПИД-регулятор, далее управляющий сигнал поступает на регулирующий клапан. Происходит регулирование давления в коллекторе.

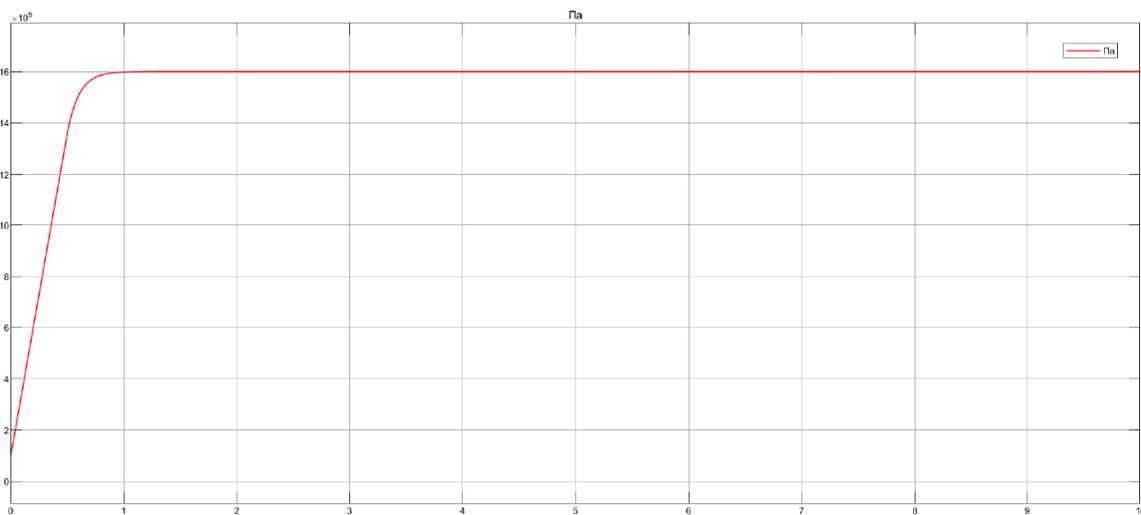


Рисунок 4 – График переходного процесса регулирования давления в коллекторе стенда в режиме проверки герметичности датчика

Так из рисунка 4 видно, что время переходного процесса равняется примерно 1,2 с. Проанализировав результаты моделирования можно сказать, что система работоспособна.

Кроме того, было проведено моделирование работы стенда в режиме калибровки датчика давления, где получили также удовлетворительные результаты (рисунок 5).

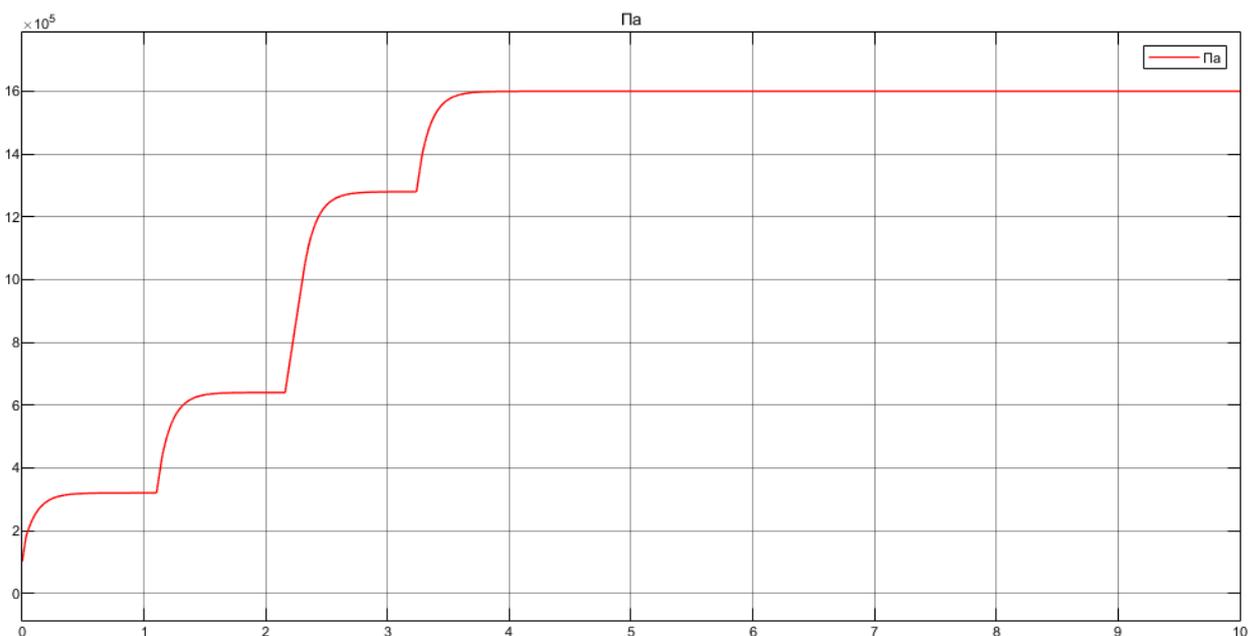


Рисунок 5 – График переходного процесса регулирования давления в коллекторе стенда в режиме калибровки датчика давления

## **1.7 Разработка электрической схемы подключения оборудования стенда**

Согласно ГОСТ 2.702-2011 «электрическая схема – это документ, содержащий в виде условных изображений или обозначений составных частей изделия, действующие при помощи электрической энергии, и их взаимосвязи» [6].

Другими словами, такая схема дает полное представление о том, как функционирует электротехнический объект, которая содержит в себе весь перечень элементов, из которых состоит сам объект. Также на ней изображены полные электромагнитные и электрические связи элементов, а также характеристики всех компонентов объекта.

По правилам выполнения схем подключения «объекты на схеме изображены в виде прямоугольников, а их входные и выходные элементы – в виде условно графических обозначений, часть изделий, как и их входные и выходные элементы, изображена в виде упрощенных внешних очертаний. Также согласно правил выполнения схем указаны позиционные обозначения входных и выходных элементов» [6].

Электрическая схема подключений для разрабатываемого проекта, выполненная в AutoCAD, представлена в приложении Д [6]. Спецификация, выполненная к схеме подключений, представлена в приложении Е

## **1.8 Разработка схемы соединений внешней проводки**

Схема соединений внешних проводок – это комбинированная схема, на которой изображены электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом, инженерном оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, воздухопроводах и т.д.), вне щитов и на щитах, а также связи между щитами, пультами, комплексами или отдельными устройствами комплексов.

В соответствии со схемой автоматизации все каналы измерения и каналы управления выполнены на основе унифицированного сигнала 4-20 мА. Все проводники пронумерованы.

Для объединения отдельных проводов от приборов на расстоянии установлены клеммные соединительные коробки (КСК), но в данном проекте КСК было решено не использовать, так как используется один прибор.

Каждому КИПиА присвоен номер позиции, соответствующий функциональной схеме автоматизации. Сегменты кабеля между клеммными колодками пронумерованы сквозной нумерацией. Клеммные колодки приборов в соответствии с документацией поставщика выполнены по 3-х клеммной монтажной конструкции. По 1 и 2 клеммы предназначены для электрического питания приборов и сигнала 4-20 мА. 3-я клемма предназначена для заземления прибора.

В качестве кабелей от приборов до шкафа КИПиА выбран кабель КВВГнг четырехжильный (рисунок 6).

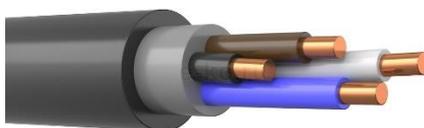


Рисунок 6 – КВВГнг 4×1

«Конструкция:

- токопроводящая жила – медная однопроволочная жила первого класса по ГОСТ 22483-77,
- изоляция – негорючий ПВХ пластикат различной расцветки,
- заполнение – ПВХ пластиката пониженной пожарной опасности,
- оболочка – пожаробезопасный ПВХ пластикат» [19].

Кабель КВВГнг представляет собой конструкцию из медных жил, заключенных в изоляцию, а также в оболочку из пластика.

Электротехнический контрольный кабель КВВГнг предназначен для присоединения к электроаппаратуре, электроприборам.

Для защиты электрических проводок от механических повреждений, попадания пыли и влаги, монтажный кабель проложен в лотке.

Схемы внешней проводки для лабораторного стенда показаны в приложении Д.

## 2 Выбор средств реализации АС

### 2.1 Выбор контрольно-измерительных приборов

#### 2.1.1 Выбор датчика давления

Выбор датчика давления для контроля значения давления в пневмосистеме лабораторного стенда был сделан в пользу датчика давления Метран-150TG3 (рисунок 7), так как данный датчик имеется в наличии у Бобровского ЛПУ МГ, исходя из следующих основных характеристик:

- диапазон измерений;
- измеряемая величина;
- рабочая среда;
- основная приведенная погрешность;
- тип выходного сигнала;
- диапазон рабочих температур.



Рисунок 7 – Датчик давления Метран-150TG3

Все характеристики датчика подробно приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики датчика давления [8]

№	Наименование параметра	Характеристики Метран-150TG3
1	Диапазон измерений	0...2.5 МПа
2	Изменяемая величины	Избыточное давление
3	Рабочая среда	Жидкости и газы, нефтепродукты
4	Предел допускаемой основной погрешности	0.075
5	Тип выходного сигнала	0...5 мА, 4...20 мА (HART)
6	Диапазон рабочих температур	- 40...85 °С
7	Масса	Не более 1,7 кг
8	Цена	От 57599 руб.

Рассмотренный датчик давления Метран-150TG3 «предназначен для непрерывного преобразования избыточного давления в стандартный токовый сигнал и цифровой сигнал на базе HART-протокола в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами» [8].

### 2.1.2 Выбор датчика давления для проведения калибровки

Для проведения на стенде калибровки датчика необходим эталон (образцовый манометр, калибратор давления и др.), поэтому выбор был сделан в пользу датчика давления МИДА-ДИ-15-ЭТАЛОН (рисунок 8).

Выбор данного датчика основывался на следующих характеристиках:

- диапазон измерений;
- измеряемая величина;
- рабочая среда;
- основная приведенная погрешность;
- тип выходного сигнала.



Рисунок 8 – Датчик давления МИДА-ДИ-15-ЭТАЛОН

Все характеристики датчика подробно приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики датчика давления [9]

№	Наименование параметра	Характеристики МИДА-ДИ-15-ЭТАЛОН
1	Диапазон измерений	0...2,5 МПа
2	Изменяемая величины	Избыточное давление
3	Рабочая среда	Газы, парогазовые и газовые смеси, не кристаллизирующиеся и не затвердевающие жидкости, неагрессивные к титановым и коррозионностойким сплавам
4	Пределы основной приведенной погрешности	$\pm 0.05$

## Продолжение таблицы 5

№	Наименование параметра	Характеристики МИДА-ДИ-15-ЭТАЛОН
5	Тип выходного сигнала	0...20 мА, 4...20 мА, RS-485
6	Протокол связи	Modbus RTU
7	Диапазон рабочих температур	- 10...35 °С
8	Цена	От 36331 руб.

Высокоточный (эталонный) датчик МИДА-ДИ-15-Эталон предназначен «для высокоточного измерения избыточного давления жидкостей и газов.

Датчики могут использоваться как в качестве высокоточного (эталонного) средства измерения давления, так и в составе калибраторов давления при поверке измерительных преобразователей давления и манометров.

Датчик МИДА-ДИ-15-Эталон может применяться в качестве цифрового манометра при подключении к компьютеру или смартфону через устройство связи МИДА-УС-410/408. Управление работой датчика и регистрация показаний производится с помощью ПО МИДА.

Датчик может быть аттестован как эталон 1-го или 2-го разряда» [9].

## 2.2 Выбор регулирующего клапана

Для регулирования потока рабочей среды для стенда необходим регулирующийся клапан. Были рассмотрены следующие модели регулирующихся клапанов:

- клапан, регулирующийся CV216 RGA IMI TA с электроприводом TA-MC55Y IMI TA (рисунок 9);
- клапан шаровой с электроприводом SMART QT7304 (рисунок 10) шаровой с электроприводом SMART QT7304 (рисунок 10).

Характеристики регулирующихся клапанов приведены в таблице 6.



Рисунок 9 – Регулирующий клапан CV216 RGA IMI TA с электроприводом  
TA-MC55Y IMI TA



Рисунок 10 – Кран шаровой с электроприводом QT7304

Таблица 6 – Характеристики регулирующего клапана [10-12]

№	Наименование параметра	Характеристики регулирующего клапана CV216 RGA IMI TA	Характеристики крана шарового с электроприводом QT7304
1	Условный проход	25 мм	25 мм
2	Пропускная способность	10 м <sup>3</sup> /ч	10 м <sup>3</sup> /ч
3	Номинальное давление	16 бар	20 бар
4	Максимальная высота подъёма штока	14 мм	-
5	Электропривод	TA-MC55Y IMI TA	QT7304
6	Развиваемое усилие	600 Н	-
7	Напряжение питания привода	24 В (пост./перем.)	24 В (пост./перем.)
8	Потребляемая мощность привода	Не более 3,5 Вт	-
9	Время полного хода	70 с	90...120 с
10	Входной сигнал	0...10 В 2...10 В 0...20 мА 4...20 мА	0...10 В 2...10 В, 0...20 мА 4...20 мА
11	Выходной сигнал	0...10 В	0...10 В 2...10 В 0...20 мА 4...20 мА
12	Цена	От 39755 руб.	От 16236 руб.

В качестве регулирующего клапана, исходя из поставленных требований к выбору клапана и стоимости, был выбран клапан шаровой с электроприводом SMART QT7304 (рисунок 10).

### 2.3 Выбор электромагнитных клапанов

Электромагнитные (соленоидные) клапаны устанавливаются на трубопроводы для дистанционного управления открытием или закрытием потока рабочей среды. Для стенда применимы клапаны 2/2 (2 – линейные, т.е. 1 вход и 1 выход, 2 – позиционные, т.е. открытое и закрытое состояние). Для работы стенда больше подходят нормально закрытые клапаны (без подачи напряжения закрыт при подаче напряжения открывается).

В качестве клапанов были рассмотрены:

- SLP-10;
- SMART SB5502.



Рисунок 11 – Клапан SLP-10



Рисунок 12 – Клапан SMART SB5502

Таблица 7 – Сравнение характеристик электромагнитных клапанов [13,14]

№	Наименование параметра	Характеристики клапана SLP-10	Характеристики клапана SMART SB5502
1	Напряжение питания	12 В, 24 В, 220 В	24 В
2	Исполнение	Нормально закрытый	Нормально закрытый
3	Максимальное рабочее давление	13 бар	20 бар
4	Температура окружающей среды	- 40...80 °С	0...65 °С
5	Температура рабочей среды	- 20 до 120 °С	- 10...120 °С
6	Рабочая среда	Воздух, вода, растворы легких масел, нефтепродукты, другие неагрессивные жидкости и газы	Вода, пар, воздух, неагрессивные газы
7	Цена	От 3312 руб.	От 8724 руб.

Для разрабатываемой системы был выбран электромагнитный SMART SB5502 т.к. его характеристики соответствуют требованиям для разрабатываемого проекта.

#### **2.4 Выбор контроллерного оборудования**

Для сбора и обработки сигналов с датчиков и формирования дальнейших команд для управления исполнительными механизмами необходим промышленный логический контроллер.

Выбор ПЛК для разрабатываемого проекта должен соответствовать следующим требованиям:

- работать в неблагоприятных условиях;
- иметь встроенные дискретные и аналоговые входы/выходы;
- поддерживать унифицированные сигналы 0...10 В и 0...20 мА, 4...20 мА;
- поддерживать периферию, т. е. дополнительные модули;
- работать без длительного обслуживания;
- иметь наименьшую стоимость;
- отечественный производитель.

Для автоматизации системы были рассмотрены ПЛК компании ОВЕН (рисунки 13 и 14). Его характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики ПЛК200-04 [15] и ПЛК 150-А [16]

Контроллер	ОВЕН ПЛК 200-04	ОВЕН ПЛК 150-А
Температура окружающей среды	- 10...55 °С	- 20...55 °С
Интерфейсы	RS-485, Два порта Ethernet, USB Device	RS-232 Debug, Ethernet, RS-485
Протокол передачи данных	Modbus RTU, Modbus TCP, Modbus ASCII, OPC UA (Server), MQTT (client), SNMP (Manager/Agent), ОВЕН, CODESYS Gateway, FTP, SSH, HTTP, HTTPS	Modbus RTU, Modbus TCP, Modbus ASCII, DCON, GateWay (протокол CODESYS)
Дискретный ввод/вывод	8/8	6/4
Аналоговый ввод/вывод	4/-	4/2
Время выполнения операций	3 мкс	Минимальное 250 мкс; Типовое от 1 мс
Наработка на отказ	60 000 ч	100 000 ч
Напряжение питания	24 В постоянного тока	90...264 В переменного тока 47...63 Гц
Степень защиты	IP20	IP20
Типы поддерживаемых сигналов	0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, ± 50 мВ, ± 1В, 0...2 кОм, 0...5 кОм	0...1 В, 0...10 В, ± 50 мВ, 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, 0...5 кОм
Цена	48840 руб.	31620 руб.



Рисунок 13 – Контроллер Овен ПЛК200-04



Рисунок 14 – ОВЕН ПЛК 150-А

В ходе выбора программируемого логического контроллера был определен ПЛК отвечающий вышеперечисленным требованиям, таковым является ОВЕН ПЛК 150-А (рисунок 14). Основным его достоинством является наличие встроенных дискретных и аналоговых входов/выходов и низкая стоимость в сравнении с ОВЕН ПЛК200-04 (рисунок 13).

### 3 Сборка устройства диагностики

#### 3.1 Реализация схемы устройства диагностики

Схема из приложения А была спаяна из следующих элементов:

- 2 резистора сопротивлением 5,6 кОм;
- 4 резистора сопротивлением 2,4 кОм;
- 4 зеленых светодиода (напряжение 24 В);
- 2 красных светодиода (напряжение 24 В);
- 2 тумблера двухпозиционных.

Пайка схемы продемонстрирована на рисунке 15.



Рисунок 15 – Процесс пайки схемы

Готовая схема изображена на рисунке 16.



Рисунок 16 – Спаянная схема

Следующим шагом идет пайка розетки датчика, она изображена на рисунке 17.



Рисунок 17 – Пайка розетки датчика

В итоге мы получаем готовую розетку датчика, которая в дальнейшем будет соединена с основной схемой с помощью клемм на дин-рейке (рисунок 18).



Рисунок 18 – Спаянная розетка датчика

Преобразователь интерфейсов USB-RS485 был использован компании Болид, его характеристики представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики преобразователя [18]

Технические характеристики	Значение параметра
Тип подключения RS-485	клеммная колодка под винт, провод 0,13...0,82 кв. мм
Питание прибора	от USB-порта ПК
Потребляемый ток, не более	200 мА
Тип обмена данными	полудуплексный
Скорость передачи данных	110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с
Электрическая прочность изоляции	до 2500 В в течение 1 минуты
Рабочий диапазон температур	- 30...50 °С
Относительная влажность воздуха	до 93 % при + 40 °С
Габаритные размеры	19 × 67 × 11 мм
Масса, не более	11 г
Средний срок службы	не менее 8 лет
Степень защиты	IP20

Далее преобразователь интерфейса коммутируется двумя выходами «DATA-», «DATA+» клеммной коробкой под винт.

### 3.2 Изготовление корпуса

Для того, чтобы реализовать устройство диагностики электрической схемы датчика, было необходимо изготовить корпус. В качестве корпуса был использован металлический короб с крышкой и отверстиями для вывода кабелей. Короб имеет размеры 280 × 170 × 130 мм.

Крышку короба было решено использовать в качестве основания для электрических цепей, поэтому было необходимо просверлить отверстия под светодиоды и тумблеры (рисунок 19).



Рисунок 19 – Крышка короба



Рисунок 20 – Расположение светодиодов и тумблеров

### 3.3 Монтаж

Последним этапом разработки устройства для проверки электрической схемы датчика является электромонтаж. Для этого используем принципиальную схему, представленную в приложении А.

Для обеспечения электричеством оборудования был использован в качестве блока питания модуль гарантированного питания СИЭЛ-1941 (рисунок 21). Технические характеристики блоков питания представлены в таблице 10.



Рисунок 21 – Модуль гарантированного питания СИЭЛ-1941 (слева)

Таблица 10 – Технические характеристики СИЭЛ-1941[19]

Технические характеристики	Значение
Основное питание	220 В, частота 50Гц
Номинальное выходное напряжение	23,53...24,48 В
Максимальный ток нагрузки	0,23 А
Ток потребления	Не более 65 мА
Величина сопротивления нагрузки	104,3 Ом
Масса	270 г
Габаритные размеры	23 × 99 × 114 мм

Соединение спаянных розетки датчика пульсирующего давления и схемы аналоговых цепей было реализовано с помощью клемм, которые расположили на дин-рейке (рисунок 22).



Рисунок 22 – Выполненная коммутация розетки датчика и схемы аналоговых цепей

После выполненной коммутации корпус закрывается и устанавливается на стойку (рисунок 23).



Рисунок 23 – Устройство диагностики электрической схемы датчика в сборе

Собранное устройство для проверки электрической схемы преобразователя давления готово к использованию. Также при его установке было учтено, что далее будет устанавливаться блок с задачиком давления для проверки исправности подачи пневматического сигнала и калибровки датчика.

## 4 Работа устройства диагностики электрической схемы датчика давления. Проверка датчика на исправность

### 4.1 Проверка аналоговых входных и выходных цепей датчика

Для проведения диагностики электрической схемы датчика давления, а именно выходных сигналов, проверяемый датчик устанавливают на кронштейн, а затем к нему подключают устройство для проверки электрической схемы.

Далее необходимо убедиться в правильности подключения всех контактных групп (заземление, напряжение питания и др.).

Проверка аналоговых входных и выходных цепей начинается с подачи напряжения питания на датчик переключением тумблера «Питание» в положение «ВКЛ», после чего наблюдаются индикация светодиодов «Питание», «НЗ», «Испр.» (рисунок 24).



Рисунок 24 – Индикация светодиодов «Питание», «НЗ», «Испр.»

Результаты на рисунке 21 говорят нам о том, что на датчик подано напряжение питания, и, что датчик находится в исправном состоянии.

После подачи напряжения питания на датчик и контроля индикации, приступают к следующему этапу проверки, подачи сигнала «ТЕСТ» переключением тумблера SA1 в положение «Вкл. Тест». После подачи сигнала

последует индикация на светодиоде «Тест», а также на светодиоде «НО» (рисунок 25).

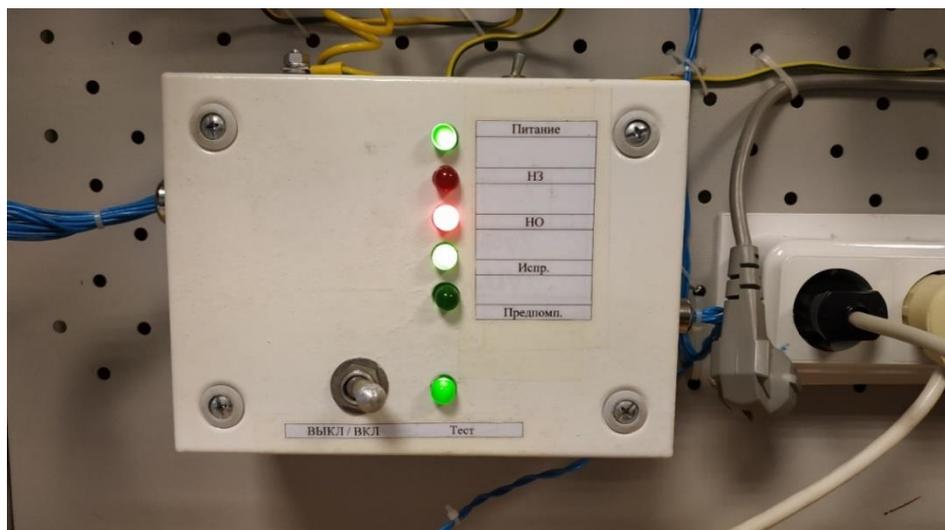


Рисунок 25 – Поддача сигнала «ТЕСТ» и индикация светодиодов «Тест» и «НО»

Так, по рисунку 24 видно, что выходные сигналы «Помпаж\_НО» и «Помаж\_НЗ» стали инверсными фактическому состоянию сигналов датчика. Индикацию состояния данных сигналов отображают светодиоды «НО» и «НЗ».

Таким образом, индикация выходных сигналов светодиодами устройства диагностики датчика отображается правильно во время воздействия сигнала «ТЕСТ». Следовательно, датчик считается выдержавшим испытания.

#### **4.2 Проверка выходных сигналов датчика по цифровому интерфейсу**

Проверка выходных сигналов датчика пульсирующего давления «Помпаж\_НО», «Предупреждение помпажа» и «Исправность» проводят по цифровому интерфейсу RS-485 ПО «SensorPompage.exe».

Для проверки датчик подключим к источнику питания (ИП) и к ПК с помощью цифрового интерфейса, после чего запустим программу

диагностики датчика помпажа «SensorPompage.exe» и проведем поиск датчика. Затем проведем считывание данных с датчика кнопкой «Чтение данных» и произведем контроль приема данных от датчика.

После установления подключения и считывания данных проведем тест. Для этого во вкладке «Тест» последовательным образом осуществим нажатие на кнопки контроля сигналов по цифровому интерфейсу «Помпаж», «Исправность», «Предупреждение помпажа» (рисунок 26).

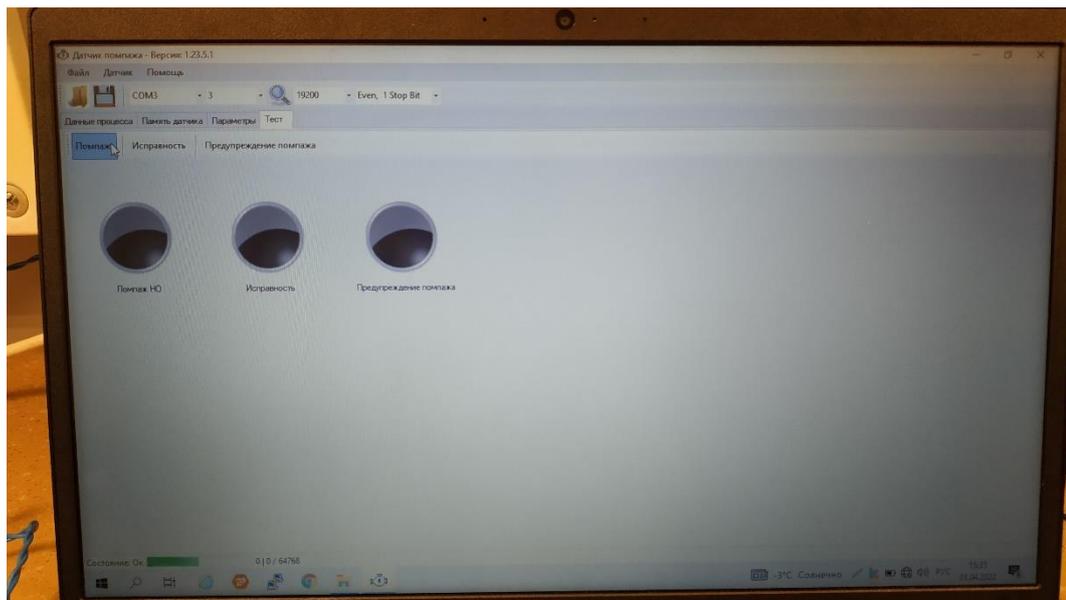


Рисунок 26 – Вкладка «Тест» ПО «SensorPompage.exe»

Далее проконтролируем изменение состояния индикации этих сигналов в окне программы, а также выполнение этих команд аналоговыми цепями изменением состояния соответствующими индикаторами устройства для проверки электрической схемы датчика давления «НО», «Испр.» и «Предпомп.» (рисунки 27-29).

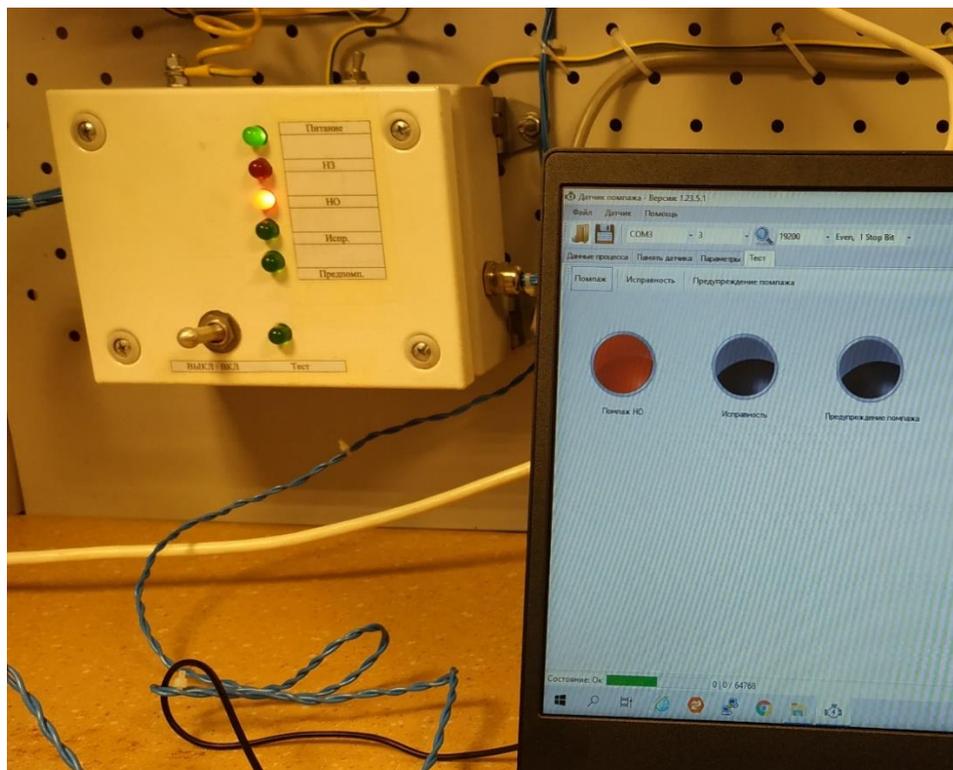


Рисунок 27 – Проверка сигнала «Помпаж НО»

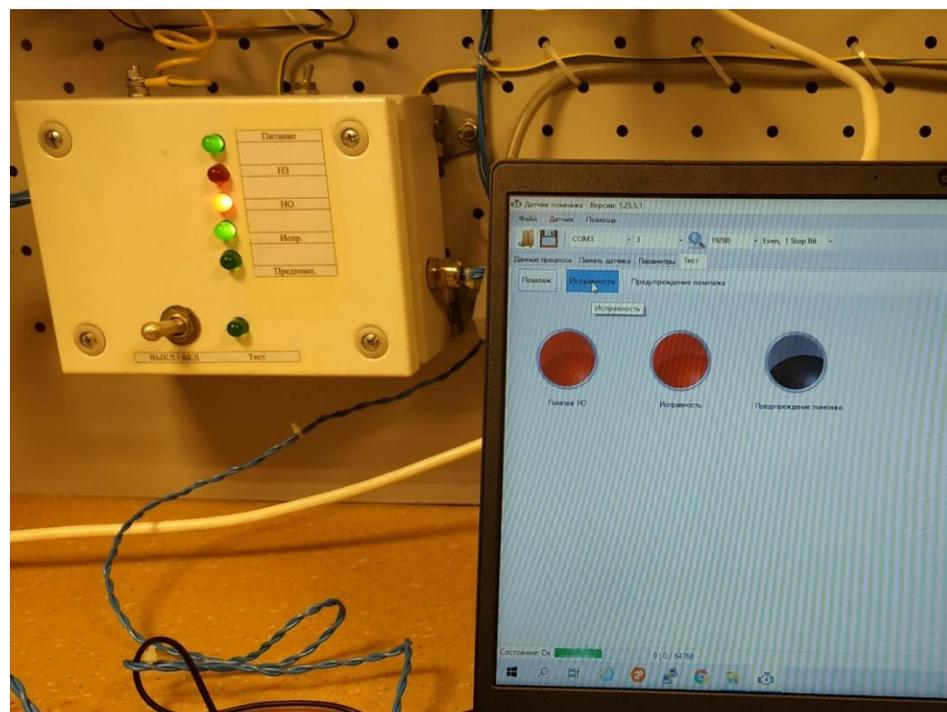


Рисунок 28 – Проверка сигнала «Исправность»

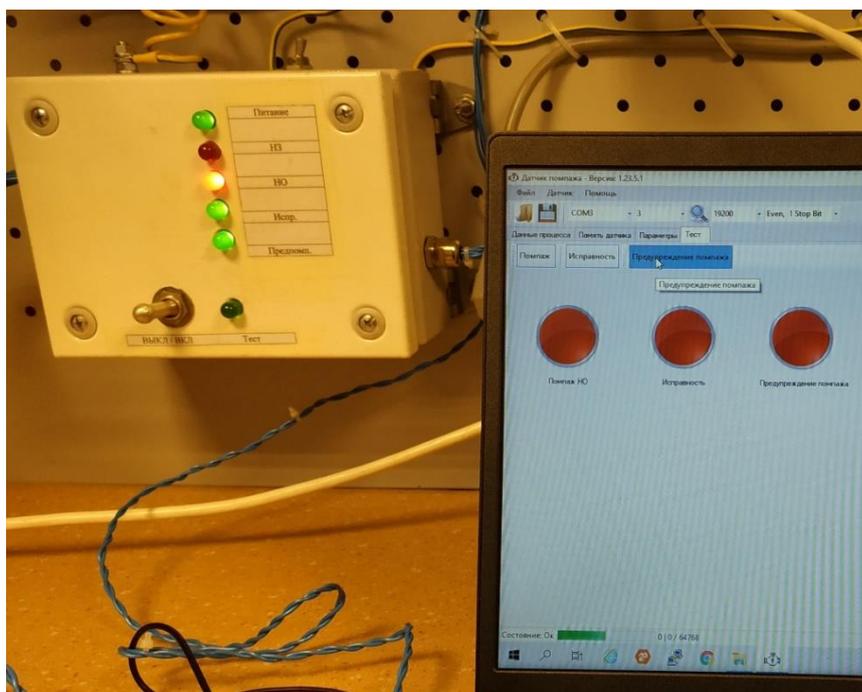


Рисунок 29 – Проверка сигнала «Предупреждение помпажа»

Таким образом, при подаче команд контроля по цифровому каналу индикация выходных сигналов датчика отображается правильно в окне программы, а также светодиодами устройства диагностики во время воздействия команд.

Так по результатам проверки можно сказать, что датчик считается выдержавшим испытания

Завершая проверку сигналов, кнопки контроля возвращаем в исходное состояние и повторно производим прием и контроль данных от датчика.

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

В наши дни коммерческая ценность определяет перспективность самой разработки или научно-исследовательской работы, но не масштаб открытия.

Одним из необходимых условий при поиске источников финансирования для проведения исследования и коммерциализации результатов работы является оценка коммерческой ценности проекта.

Таким образом, проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения, являются целью данного раздела.

### **5.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования могут являться коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли (в частности – для лабораторий газотранспортных компаний), калибровочные организации (например, ЦСМ). Для данных предприятий разрабатывается автоматизированный лабораторный стенд, который позволит проводить проверку исправности и калибровки как датчика пульсирующего давления, так и датчиков постоянного давления.

### **5.2 Анализ конкурентных технических решений**

На данный момент существует достаточное количество разработок, предназначенных для калибровки датчиков давления. Для оценки сравнительной эффективности ВКР составлена оценочная карта, представленная в таблице 11. Данный анализ поможет определить сильные и слабые стороны конкурентов, а также направления для модификации собственной работы. В качестве конкурентных технологических решений выбран лабораторный стенд для калибровки измерительных приборов

давления компании «Метрология Комплект» и существующий стенд метрологической лаборатории Бобровского ЛПУ МГ ООО «Газпром Трансгаз Югорск».

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность			
		Разрабатываемый стенд	Существующий стенд	Стенд сторонней компании	Разрабатываемый стенд	Существующий стенд	Стенд сторонней компании	
1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>								
1	Повышение производительности	0,09	4	2	5	0,36	0,18	0,45
2	Точность измерения	0,1	4	2	4	0,4	0,2	0,4
3	Возможность модификации	0,08	<b>4</b>	1	3	0,32	0,08	0,24
4	Рабочая среда (масло, воздух, и т.д)	0,09	2	3	5	0,18	0,27	0,45
5	Уровень автоматизации	0,08	4	0	4	0,32	0	0,32
6	Возможность поверки датчиков пульсирующего давления	0,11	<b>5</b>	1	3	0,55	0,11	0,22
7	Разновидность выходных сигналов поверяемых датчиков	0,1	4	2	4	0,4	0,2	0,4
8	Возможность подключения ПЭВМ	0,08	5	3	5	0,4	0,24	0,4
<b>Экономические критерии оценки ресурсоэффективности</b>								
1	Цена	0,1	<b>4</b>	5	3	0,4	0,5	0,3
2	Срок службы	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,36
3	Послепродажное обслуживание	0,08	<b>5</b>	3	4	0,4	0,24	0,32
Итого		1	45	23	42	4,09	2,29	3,86

Анализ конкурентных технических решений рассчитывается по формуле (2):

$$K = \sum B_i \times B_i, \quad (2)$$

где,  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В ходе анализа конкурентных технических решений была составлена оценочная карта, где были выделены наиболее важные технические и экономические критерии оценки проекта.

По результатам расчетов были выделены следующие преимущества разработки: возможность модификации, возможность поверки датчиков пульсирующего давления, стоимость и послепродажное обслуживание.

### 5.3 SWOT – анализ

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

Первый этап – описание сильных и слабых сторон проекта, а также обнаружение возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 12 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны:</b>  С1. Более низкая стоимость производства.  С2. Актуальность разработки.  С3. Наличие опытного руководителя.  С4. Возможность поверки датчиков пульсирующего давления.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>  Сл1. Отсутствие прототипа.  Сл2. Большой срок поставок оборудования.  Сл3. Медленный процесс вывода на рынок разработанного стенда</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Использование уже существующего ПО.  В2. Использование лабораторного стенда в образовательных целях.  В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		

Продолжение таблицы 12

<p><b>Угрозы:</b>          У1. Отсутствие спроса на стенд.          У2. Развитая конкуренция.          У3. Повышение стоимости на оборудование</p>		
--	--	--

На втором этапе предстоит выявить соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности	B1	+	+	-	+	0	-	-
	B2	+	+	-	+	-	-	-
	B3	+	+	-	0	-	0	-
Угрозы	У1	+	+	-	0	+	+	+
	У2	+	+	0	0	+	-	+
	У3	0	-	0	0	-	0	+

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. следующего вида: B1C1C2C4; B3C1C2. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно судить о том, что они находятся в одной природе.

Основываясь на результатах из таблицы 13 составим итоговую матрицу SWOT-анализа:

Таблица 14 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b>  С1. Более низкая стоимость производства.  С2. Актуальность разработки.  С3. Наличие опытного руководителя.  С4. Возможность поверки датчиков пульсирующего давления.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>  Сл1. Отсутствие прототипа.  Сл2. Большой срок поставок оборудования.  Сл3. Медленный процесс вывода на рынок разработанного стенда</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Использование уже существующего ПО.  В2. Использование лабораторного стенда в образовательных целях.  В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Рассмотренные возможности позволяют проекту быть конкурентоспособным, позволяя вести более эффективную маркетинговую стратегию (способствуют увеличению спроса).</p>	<p>Использование существующего программного обеспечения и сотрудничество с образовательными организациями на фоне повышения стоимости конкурентных разработок может ускорить процесс вывода на рынок продукции и позволить заметно снизить затраты на ее продвижение.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на стенд.  У2. Развитая конкуренция.  У3. Повышение стоимости на оборудование</p>	<p>Актуальность разработки и отсутствие труднодоступного оборудования устранил отсутствие спроса на проект. Противодействия со стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя.</p>	<p>Отсутствие прототипа и медленный вывод на рынок разработанного стенда могут поспособствовать значительному отставанию от конкурентов.</p>

## 5.4 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят два исполнителя – руководитель темы и инженер. По

каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составим перечень этапов и работ в рамках выполнения ВКР, проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 15).

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы, инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих объектов проектирования	Инженер
	4	Постановка целей и задач работы	Руководитель темы, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Определение этапов работы стенда	Инженер
	8	Разработка структурной схемы АС	Инженер
	9	Разработка объема автоматизации	Инженер
	10	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	11	Разработка физической модели лабораторного стенда	Инженер
	12	Выбор средств реализации АС	Инженер
	13	Разработка электрической схемы подключения оборудования стенда	Инженер
	14	Сборка устройства диагностики сигналов	Инженер
	15	Получение и анализ результатов работы устройства диагностики.	Инженер
Оформление отчета	16	Составление пояснительной записки	Инженер

Как можно заметить из таблицы 15, большая часть работы была проделана самостоятельно, но на некоторых этапах потребовалась помощь руководителя.

## 5.4.2 Определение трудоемкости 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  $t_{ожi}$  используется следующая формула (3):

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (3)$$

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

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

$t_{маxi}$  – 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, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{C_i}, \quad (4)$$

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

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

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

### 5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой (5):

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

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 (6):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (6)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году 365;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году 52 (при 6-дневки);

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году 14.

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

Все рассчитанные значения сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Временные показатели проведения работ

Наименование работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$			
Составление и утверждение технического задания	4	12	7,2	2	3,6	4
Подбор и изучение материалов по теме	6	16	10	1	10	12
Изучение существующих объектов проектирования	4	12	7,2	1	7,2	9
Постановка целей и задач работы	2	8	4,4	2	2,2	3
Календарное планирование работ по теме	3	12	6,6	2	3,3	4
Описание технологического процесса	5	15	9	1	9	11
Определение этапов работы стенда	4	12	7,2	1	7,2	9
Разработка структурной схемы АС	2	5	3,2	1	3,2	4
Разработка объема автоматизации	2	6	3,6	1	3,6	4
Разработка функциональной схемы автоматизации	2	4	2,8	1	2,8	3
Разработка физической модели лабораторного стенда	8	18	12	1	12	15
Выбор средств реализации АС	3	10	5,8	1	5,8	7
Разработка электрической схемы подключения оборудования стенда	7	16	10,6	1	10,6	13
Сборка устройства диагностики сигналов	2	5	3,2	1	3,2	4
Получение и анализ результатов работы устройства диагностики.	2	4	2,8	1	2,8	3
Составление пояснительной записки	4	12	7,2	1	7,2	9
Итого	Руководитель темы				9,1	11
	Инженер				93,7	114

На основе таблицы 16 построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 17 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения ВКР.

Таблица 17 – Диаграмма Ганта

Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ														
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Составление и утверждение технического задания	Р	■														
	И	■														
Подбор и изучение материалов по теме	И	■	■													
Изучение существующих объектов проектирования	И			■												
Постановка целей и задач работы	Р			■												
	И			■												
Календарное планирование работ по теме	Р				■											
	И				■											
Описание технологического процесса	И				■	■										
Определение этапов работы стенда	И						■									
Разработка структурной схемы АС	И							■								
Разработка объема автоматизации	И							■								
Разработка функциональной схемы автоматизации	И							■								
Разработка физической модели лабораторного стенда	И								■	■						
Выбор средств реализации АС	И										■					
Разработка электрической схемы подключения оборудования стенда	И											■	■			
Сборка устройства диагностики сигналов	И													■		
Получение и анализ результатов работы устройства диагностики.	И														■	
Составление пояснительной записки	И															■

## 5.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 5.4.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование НТИ

В данном разделе рассчитывается стоимость технического обеспечения, используемого в разрабатываемом проекте.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (7):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, m \quad (7)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

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

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

В таблице 18 приведены сведения о материальных затратах на научные исследования.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Датчик давления Метран-150TG3	шт.	1	57599	57599
Датчик давления МИДА-ДИ-15- ЭТАЛОН	шт.	1	36331	36331
Кран шаровой с электроприводом QT7304	шт.	1	16236	16236
Электромагнитный клапан SMART SB5502	шт.	3	8724	26172
ОВЕН ПЛК 150-А	шт.	1	31620	31620
Ноутбук Acer Aspire 5	шт.	1	42990	42990
Мышь	шт.	1	990	990
Итого				211938

#### 5.4.4.2 Расчет на специальное оборудование для научных работ

Результаты расчетов по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	AutoCAD	1	16 667	16 667
2	Microsoft Office	1	9 978	9 978
3	MATLAB	1	6 737	6 737
Итого				33 382

#### 5.4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Учитывается основная заработная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, и дополнительная заработная плата:

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (8)$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле (9):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (9)$$

где  $Z_{дн}$  – основная заработная плата одного работника;

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (10):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_D}, \quad (10)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. Дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Баланс рабочего времени приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	52	52
– выходные дни		
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:	56	28
– отпуск		
– невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени ( $F_d$ )	243	271

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) \cdot k_p, \quad (11)$$

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

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

$k_{\partial}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Тарифная заработная плата  $Z_{mc}$  находится из приведенной тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{np}$	$k_{\partial}$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{\partial n}$ , руб.	$T_p$ , дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	27132	0,3	0,3	1,3	56434,6	2415,3	9,1	21979,3
Инженер	19200	0,3	0,3	1,3	39936	1532,6	93,7	143604,6
Итого								165583,8

#### 5.4.4.4 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 (12):

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

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

В таблице 11 представлен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 22 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$ , руб.	$k_{доп}$	$Z_{доп}$ , руб.
Руководитель	21979,3	0,15	3296,9
Инженер	143604,6	0,14	20104,6
Итого			23401,5

#### 5.4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (13):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (13)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная ЗП, руб.	Дополнительная ЗП, руб.
Руководитель	21979,3 руб.	3296,9 руб.
Инженер	143604,6 руб.	20104,6 руб.
Отчисления во внебюджетные фонды	30 %	
Итого, руб.		
Руководитель	7582,9	
Инженер	49112,8	
Итого	56695,6	

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды составили 56695,6 руб.

#### 5.4.4.6 Накладные расходы

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

Их величина определяется по следующей формуле (14):

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов возьмем в размере 16%.

$$Z_{накл} = 0,16 \cdot (211938 + 33382 + 165583,8 + 23401,5 + 56695,6) = 78560,2 \text{ руб.}$$

#### 5.4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	211938
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	33382
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	165583,8
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	23401,5
Отчисления во внебюджетные фонды	56695,6
Накладные расходы	78560,2
Бюджет затрат НТИ	569561,1

В ходе формирования бюджета затрат НТИ вышло, что затраты составляют 569 561,1 рублей.

### **5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, специальной и экономической эффективности исследования**

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких 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:

$$I_{фин.р}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (15)$$

где  $I_{фин.р}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

В работе рассмотрены следующие аналоги:

- вариант 1 – существующий стенд метрологической лаборатории Бобровского ЛПУ МГ ООО «Газпром Трансгаз Югорск» (~ 420 000 руб.);
- вариант 2 – метрологический стенд компании ООО «Метрология-Комплект» (~ 700 000 руб.).

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет интегрального финансового показателя разработки

Исполнитель	$\Phi_{pi}$ , руб.	$\Phi_{\max}$ , руб.	$I_{\text{разраб. фин.р}}$	$I_{\text{вариант1 фин.р}}$	$I_{\text{вариант2 фин.р}}$
Разрабатываемый стенд	569561,1	700000	0,81	0,6	1
Вариант 1	~420000				
Вариант 2	~700000				

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разрабатываемый проект	Вариант 1	Вариант 2
Повышение производительности труда	0,25	4	3	5
Возможность проверки датчиков пульсирующего давления	0,25	5	3	4

Продолжение таблицы 26

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Разрабатываемый проект	Вариант 1	Вариант 2
Удобство в эксплуатации	0,2	4	3	5
Точность измерения	0,2	5	4	5
Возможность модификации	0,1	4	3	4
Итого	1	4,45	3,2	4,65

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{III} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,45 ;$$

$$I_{A1} = 0,25 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 3,2 ;$$

$$I_{A2} = 0,25 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,65 ;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (16):

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин.p}} ; \quad (16)$$

Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Значения интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки

$I_{исп.разраб}$	$I_{исп.вариант1}$	$I_{исп.вариант2}$
5,49	5,33	4,65

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается как:

$$\mathcal{E}_{cp.i} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.разраб}} ; \quad (17)$$

В таблице 28 представлена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разрабатываемый вариант	Вариант 1	Вариант 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	0,6	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,45	3,2	4,65
Интегральный показатель эффективности	5,49	5,33	4,65
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,97	0,85

Из полученных результатов следует, что разрабатываемый проект наиболее эффективен на фоне конкурентов. Несмотря на небольшое отставание в плане ресурсоэффективности проект опережает конкурентов.

## **Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

Таким образом, в ходе работы был задействован широкий спектр аналитических инструментов и расчетов. Используемый комплекс инструментов и расчеты позволили решить перечень задач, определенных в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

В данном разделе разрабатываемого проекта были решены следующие задачи:

1) оценены коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований, определены потенциальные потребители и выявлены следующие конкурентные преимущества проекта: возможность модификации и проверки датчиков пульсирующего давления, стоимость послепродажного обслуживания;

2) определены возможные альтернативы проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения, выполнен SWOT – анализ, где были определены стратегии поведения по использованию возможностей и нивелированию угроз и слабых сторон проекта;

3) проведены: планирование научно-исследовательских работ, расчет трудозатрат, а также по полученным результатам составлен календарный план-график проекта;

4) определены ресурсная, финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективности исследования.

Так, с учетом выполненных задач следует, что разрабатываемый проект является конкурентоспособным.

## **6 Социальная ответственность**

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены и рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на работников предприятия, такие как производственная и экологическая безопасность. Также разработан перечень мероприятий, минимизирующий отрицательное воздействие проектируемой деятельности на работников и окружающую среду.

В ВКР рассматривается разработка автоматизированного лабораторного стенда для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления. Как правило, такого рода установки размещаются в специальных отведенных помещениях площадью  $5 \times 6$  м. Стенд разрабатывается в лабораторных условиях. Он предназначен для проверки исправности и калибровки датчика пульсирующего давления, а также для автоматизированной калибровки датчиков давления.

Внедрение автоматизированной системы не исключает влияние опасных и вредных факторов, оказывающих влияние на работников. Рабочее место оператора будет находиться на территории линейного производственного управления магистральными газопроводами. Во время работы оператор взаимодействует с персональным компьютером, датчиками, регулирующим устройством, электромагнитными клапанами и программируемым логическим контроллером, поэтому необходимо провести анализ всех вредных и опасных факторов и разработать методы защиты от них.

Также в данном разделе рассматриваются вопросы по производству и пожарной безопасности, охране окружающей среды и эргономике.

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

Основные положения отношений между сотрудником и организацией, такие как оплата труда, режим рабочего времени, перерывы в работе, выходные и нерабочие праздничные дни и другие, описываются в трудовом кодексе РФ [21]. Помимо этого, трудовая деятельность осуществляется согласно иным федеральным законам: указы Президента РФ, постановления Правительства РФ, нормативные правовые акты органов местного самоуправления и т.д.

Режим рабочего времени предусматривает пятидневную рабочую неделю в два выходными днями, продолжительность рабочего времени – не более 40 часов в неделю. Также исходя из того, что для работы используется персональный компьютер, предусмотрены 2 перерыва по 15 минут: через 2 часа после начала рабочей смены и через два часа после обеденного перерыва.

Условия труда оператора технологических установок относятся ко второму классу (допустимые условия труда) согласно Федеральному закону от 28 декабря 2013 года N426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [22].

Исходя из ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина» при создании рабочего места оператора стоит учесть [23]:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком оператором.

Рабочее место оборудуется согласно ГОСТ 12.2.032- 78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [24]. Высота рабочей поверхности, пространство для ног и высота рабочего сиденья должны соответствовать

требованиям и по возможности регулироваться исходя из роста сотрудника. Стул (кресло) должен быть подобран согласно нормам.

При проведении установки составных частей в корпус автомата работа проводится в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) [25]. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования». Высота рабочей поверхности при организации рабочего места для женщин и мужчин должна соответствовать требованиям.

## 6.2 Производственная безопасность

В этом пункте в ходе анализа вредных и опасных факторов, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проектного решения, был составлен их перечень, характерный для производственной среды. Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [26]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
<b>Опасные факторы</b>	
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает рабочий	ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [27].
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, вызывающие ожоги тканей организма человека	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования» [29].
<b>Вредные факторы</b>	
Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [28]. ГОСТ 12.1.003-2014. «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» [30]

## Продолжение таблицы 29

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отсутствие или недостаток искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [31].
Повышенный уровень электромагнитных излучений	ГОСТ Р 50948-2001 Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности [32].

### **6.2.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей потенциалов, под действие которого попадает рабочий**

При работе с персональным компьютером, программируемым логическим контроллером, электромагнитными клапанами и датчиками давления в случае неисправности или ошибки работника (неплотно зафиксированные контакты, поврежденные коммутационные провода, короткое замыкание) может привести к поражению электрическим током работника, что ведет к появлению ожогов, нагреву сосудов, механическим повреждениям тканей организма человека, а также к раздражающим воздействиям на ткани.

Общие требования по электробезопасности представлены в ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ [27].

Мерами защиты являются изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления и автоматического отключения питания. Необходимо разместить предупредительные знаки и плакаты безопасности.

## **6.2.2 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой/низкой температурой материальных объектов производственной среды, вызывающие ожоги тканей организма человека разницей потенциалов, под действие которого попадает рабочий**

В ходе эксплуатации лабораторного стенда приведенного в выпускной квалификационной работе в результате воздействия разницы потенциалов на оголённых проводах, высокой температуры материальных объектов, короткого замыкания, которое может повлечь за собой пожар, вероятно получение тяжелых или смертельных ожогов. Хотя многие из этих ожогов вызваны огнем или высоким напряжением электричества, промышленные ожоги часто вызываются концентрированным паром, едкими химическими веществами или сильно нагретыми производственными продуктами.

На рабочем месте наиболее предсказуемым источником травм могут являться неисправный персональный компьютер или электрооборудование стенда, оголенные соединительные провода или отсутствие заземления материальные объекты с высокой температурой.

Защита, осведомленность и предотвращение опасностей могут значительно снизить риск ожогов на рабочем месте. В разрабатываемом проекте наиболее вероятным видом ожога является термический ожог. Общие требования по предотвращению получения ожогов описываются в ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования. Пункт 2. Требования к способам обеспечения пожарной безопасности системы предотвращения пожара» [29]. Наиболее приоритетным пунктом при термических ожогах является контроль и остановка процесса горения. Используя средства индивидуальной защиты, тактику предотвращения пожара, а также имея процедуры и планы действий в чрезвычайных ситуациях, связанные с обнаружением и защитой от пожара, можно предотвратить получение термических ожогов.

### 6.2.3 Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество работы, является шум. Его источником являются исполнительные механизмы (электромагнитные клапаны, электропривод регулирующего клапана, задатчик давления и др.). Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм работника. Длительное шумовое воздействие оказывает негативное влияние на организм – появление головных болей, раздражительности, повышенная утомляемость, снижение памяти, головокружение, боли в ушах и т.д.

При интенсивном шуме (более 80 дБ), а именно при длительном воздействии может привести к нарушению речевой коммутации (полной или частичной потере слуха). Допустимые значения звукового давления согласно санитарным нормам [28] раздела «Предельно допустимые уровни звука и звукового давления в октавных полосах частот на рабочих местах и местах размещения обслуживающего персонала специального подвижного состава» указаны в таблице 30.

Таблица 30 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
99	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В качестве индивидуальных средств защиты можно использовать наушники, беруши и шлемы. В качестве коллективной защиты могут быть использованы материалы и конструкции, препятствующих распространению шума, малошумные машины. Необходимо привлекать к работе лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму [30]. Также для предотвращения влияния данного фактора на персонал, необходимо делать перерыв за пределами помещения с высоким уровнем шума.

## 6.2.4 Отсутствие или недостаток искусственного освещения

Причиной образования такого вредного фактора, как отсутствие или недостаток искусственного освещения, является отсутствие возможности организации естественного освещения в лабораторных помещениях. Недостаточная освещенность рабочей зоны опасна для работника увеличением зрительной нагрузки, что приводит к ухудшению зрения и головной боли, снижая общую работоспособность человека. В таблице 31 представлены допустимые значения освещенности рабочих мест согласно СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Пункт 4.7. 4.1 Требования к освещению помещений промышленных предприятий [31].

Таблица 31 – Требования к освещению производственных помещений при зрительной работе высокой точности

Искусственное освещение			
Освещенность на рабочей поверхности при системе общего освещения	Освещенность на рабочей поверхности при системе комбинированного освещения	Объединенный показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, $K_n$ , %, не более
400	1000	25	15

Чтобы устранить недостаточную освещенность рабочего места работника, необходимо использовать дополнительные осветительные приборы.

## 6.2.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных полей в широком диапазоне частот является рабочее место оператора лабораторного стенда, который выполняет свою работу за персональным компьютером. Электромагнитные излучения могут оказывать негативное воздействие на организм человека, а именно на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную системы, также могут привести к возникновению онкологических заболеваний.

Руководствуясь нормами, описанными в ГОСТ Р 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности». Пункты 6.2 и 6.3 [32], можно исключить негативное влияние от электромагнитных полей. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПВМ представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметра		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Снижение риска воздействия электромагнитного излучения можно добиться, применив следующие меры:

- использование жидкокристаллического монитора, излучение которого соответствует требованиям [32]:
- заземление персонального компьютера;
- соблюдение расстояния от монитора до работника равным не менее 0,5 м.

### **6.3 Экологическая безопасность**

Этот раздел содержит описание факторов влияния эксплуатации лабораторного стенда на окружающую среду, а также источников ее загрязнения, возникающих в процессе работы

Воздействие на селитебные зоны не распространяется, так как предприятие находится на удаленности от жилой зоны.

Воздействие на атмосферу при эксплуатации могут оказать выбросы из стенда следующих соединений углеводородов в небольших концентрациях:

алкилбензол (ПДК 0,01 мг/м<sup>3</sup>), полиалкилнафталины (ПДК 0,07 мг/м<sup>3</sup>), полиалкилсульфонаты (ПДК 0,5 мг/м<sup>3</sup>), дитиалкилдитиофосфаты (ПДК 0,1 мг/м<sup>3</sup>), полиметилоксан (ПДК 0,1 мг/м<sup>3</sup>) согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» Раздел «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений» [28].

При производстве электронных комплектующих для персональных компьютеров и радиоэлектронных компонентов для проектируемого лабораторного стенда возникают побочные продукты производства, загрязняющие атмосферу. В соответствии с ГОСТ Р 58577-2019 [36] законодательно установлены ограничения на допустимое количество выбросов.

#### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При эксплуатации лабораторного стенда, в состав которого входят персональный компьютер, датчики, исполнительные механизмы, контроллерное оборудование, и при работе за персональным компьютером могут произойти такие чрезвычайные ситуации, как пожар вследствие короткого замыкания или контакта легковоспламеняющегося материала (в том числе выбросы из в виде остаточных соединений углеводородов) с выводами устройств, находящимися под напряжением. Также следом из-за повышения температуры окружающей среды и составных частей компрессора вследствие пожара может последовать взрыв компрессора. Возникновение других ЧС техногенного характера маловероятно.

Воздействия природного характера (землетрясение, ураган и т.д.) или несанкционированные действия на территории объекта могут привести к нарушению технологического режима, в том числе неисправности системы управления.

#### **6.4.1 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС**

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [34], возможный пожар определен классом Е, поскольку возможно возгорание находящейся под напряжением цепи питания лабораторного стенда и персонального компьютера.

При возникновении пожара вследствие короткого замыкания или другой неисправности электроустановок необходимо воспользоваться первичными средствами пожаротушения в зависимости от того, каким видом огнетушителей оборудовано помещение лаборатории (углекислотные огнетушители ОУ-5, ОУ-10 или порошковым ОП-10).

Также можно предотвратить пожар, соблюдая правила эксплуатации оборудования, и проводя уборку на рабочем месте после окончания рабочего дня. Помимо этого, помещение должно быть оборудовано планом эвакуации

Помещению, в котором находится стенд, присвоена категория «Г» (умеренная пожароопасность) в соответствии с СП 12.13130.2009 [35], так как в лаборатории присутствуют стенды и мебель, выполненные из пластика, металла и дерева, электроприборы.

Также не следует проводить коммутацию радиоэлектронных компонентов при поданном питании на систему стенда для предотвращения возникновения пожара и травматизма работника, кроме того при неисправности комплектующих персонального компьютера следует прекратить работу сообщать о неисправности. При возникновении пожара и невозможности его устранить следует позвонить по номеру телефона 101 и сообщить о возгорании и месте его возникновения, после чего эвакуироваться в безопасное место в соответствии с планом.

## **Вывод по разделу социальная ответственность**

В результате работы над разделом «социальная ответственность» были определены меры обеспечения безопасности, которые снизят риски для работника и повысят его работоспособность. По итогам анализа определили, что при нормальных условиях фактические значения потенциально возможных факторов соответствуют нормативным значениям.

Категория помещения по электробезопасности определена, как I категория. Аналогично, группе персонала по электробезопасности присвоена I группа.

Рабочее помещение характеризуется категорией «Г» (умеренная пожароопасность) в соответствии с условиями.

Категории тяжести труда присвоена категория IIa в соответствии с СанПин 1.2.3685-21, поскольку это работы, связанные с перемещением мелких (изделий) или предметов в положении сидя или стоя и требующие определенного физического напряжения, диапазон температуры воздуха ниже оптимальных величин – 18-19,9 °С, выше оптимальных величин – 22,1...27 °С.

Согласно постановлению правительства РФ от 31 декабря 2020 года, N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» [33] был выбран объект II категории – объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду.

## Заключение

В ходе выполнения исследовательской работы была спроектирована система автоматического регулирования давлением в пневмосистеме (коллекторе) лабораторного стенда.

Был изучен технологический процесс подачи давления в коллектор. Согласно ГОСТу 34.602-89 было разработано техническое задание для проектирования автоматизированной системы. Разработаны структурная схема АС, объём автоматизации и схема внешних соединений.

Была разработана физическая модель лабораторного стенда с помощью библиотек Simscape в Simulink MATLAB R2022A.

Был осуществлен выбор средств реализации АС, а именно контрольно-измерительных приборов, а также исполнительного устройства.

Согласно ГОСТ 2.702-2011 была разработана электрическая схема подключения оборудования стенда

Кроме того, в ходе работы:

- был изучен измерительный преобразователь давления и его устройство, а также принцип действия;
- были определены состав и режимы работы стенда;
- было разработано устройство диагностики электрической схемы датчика.

Таким образом, в ходе исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

- был изучен измерительный преобразователь давления и его устройство, а также принцип действия;
- были определены состав и режимы работы стенда;
- было разработано устройство диагностики электрической схемы датчика давления;
- была проведена проверка выходных сигналов датчика с помощью аналоговых входных и выходных цепей, а также с помощью ПО

«SensorPompage.exe», где получили результаты, подтверждающие исправность датчика.

## Список использованных источников и литературы

1. ГОСТ 34.602-89 [Электронный ресурс] режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200006924>
2. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 156 с.
3. Датчик пульсирующего давления с интерфейсом RS-485. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://npkvip.ru/upload/iblock/a53/dlwovo2i9xkvq0ix7l7jfwqmcm1vxgr8.pdf>
4. ГОСТ 21.208-2013 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108003>
5. ГОСТ 21.205-2016 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200141109>
6. ГОСТ 2.702-2011 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200086241>
7. Путеводитель по основам AutoCAD [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/RUS/Inventor/files/GUID-FAB20788-37A4-4A49-BBFF-4231DEEFA8B3-htm.html>
8. Датчики давления Метран-150 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/documents/automation/%D0%B4%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD-150-%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B4%D0%B5%D0%BB-%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B0-ru-4848826.pdf>, свободный
9. МИДА-ДИ-15-ЭТАЛОН [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://midaus.com/images/docs/mida15.pdf>

10. Электропривод ТА-МС 55 ИМІ ТА [Электронный ресурс]: – Режим доступа:

[https://termopartner.ru/catalog/reguliruyushchie\\_klapany/elektroprivody\\_dlya\\_reguliruyushchikh\\_klapanov/elektroprivody\\_imi\\_ta/elektroprivod\\_ta\\_mc\\_55\\_imi\\_ta/?oid=14113](https://termopartner.ru/catalog/reguliruyushchie_klapany/elektroprivody_dlya_reguliruyushchikh_klapanov/elektroprivody_imi_ta/elektroprivod_ta_mc_55_imi_ta/?oid=14113)

11. Клапан регулирующий CV216 RGA ИМІ ТА [Электронный ресурс]: – Режим доступа:

[https://termopartner.ru/catalog/reguliruyushchie\\_klapany/dvukhkhodovye\\_klapany/dvukhkhodovye\\_klapany\\_imi\\_ta/klapan\\_reguliruyushchiy\\_cv216\\_rga\\_imi\\_ta/?oid=13807](https://termopartner.ru/catalog/reguliruyushchie_klapany/dvukhkhodovye_klapany/dvukhkhodovye_klapany_imi_ta/klapan_reguliruyushchiy_cv216_rga_imi_ta/?oid=13807)

12. Кран шаровой с электроприводом QT7306/04 с ручным дублером, резьбовой, PN20 бар [Электронный ресурс]: – Режим доступа:

[https://vodnadzor.ru/krany\\_sharovie/krany-sharovyye-s-elyektroprivodom/kransharovoy-s-elektroprivodom-qt730604-s-ruchnym-dublerom-rezbovoy-pn20-bar-smart/](https://vodnadzor.ru/krany_sharovie/krany-sharovyye-s-elyektroprivodom/kransharovoy-s-elektroprivodom-qt730604-s-ruchnym-dublerom-rezbovoy-pn20-bar-smart/), свободный

13. Клапан электромагнитный SMART SB5502 [Электронный ресурс]:

– Режим доступа: <https://vodnadzor.ru/klapany-elektromagnitnye/klapany-elektromagnitnye-muftovye/-klapan-elektromagnitnyy-sb5502-pn20-bar-smart/>,

свободный

14. Клапан электромагнитный SLP-10 [Электронный ресурс]: – Режим

доступа: <https://pneumoprivod.ru/pdf/elektromagnitnyi-klapan-slp.pdf>,

свободный

15. ПЛК200 контроллер для малых и средних систем автоматизации [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk200>

16. ПЛК150 контроллер для малых систем с AI/DI/DO/AO [Электронный ресурс]: – Режим

доступа: [https://owen.ru/uploads/257/re\\_plk150\\_3039.pdf](https://owen.ru/uploads/257/re_plk150_3039.pdf)

17. Кабель КВВГнг 4х1 [Электронный ресурс]: – Режим доступа:

<https://e-kc.ru/cena/cable-kvvgng-4-1>

18. Преобразователь интерфейсов USB-RS485 [Электронный ресурс]:  
– Режим доступа:  
[https://shop.bolid.ru/catalog/803660864/808049990/tovar\\_250774852.html](https://shop.bolid.ru/catalog/803660864/808049990/tovar_250774852.html)
19. Модуль гарантированного питания СИЭЛ-1941 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [https://syel.ru/wp-content/uploads/2014/08/1941-1942\\_manual.pdf](https://syel.ru/wp-content/uploads/2014/08/1941-1942_manual.pdf)
20. Simscape [Электронный ресурс]: – Режим доступа:  
<https://exponenta.ru/>
21. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 07.10.2022 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL:  
<https://docs.cntd.ru/document/901807664>.
22. Федеральный закон о специальной оценке условий труда (с изменением на 04.10.2022 года) [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392>.
23. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1977. – 16 с.
24. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.
25. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.
26. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
27. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>

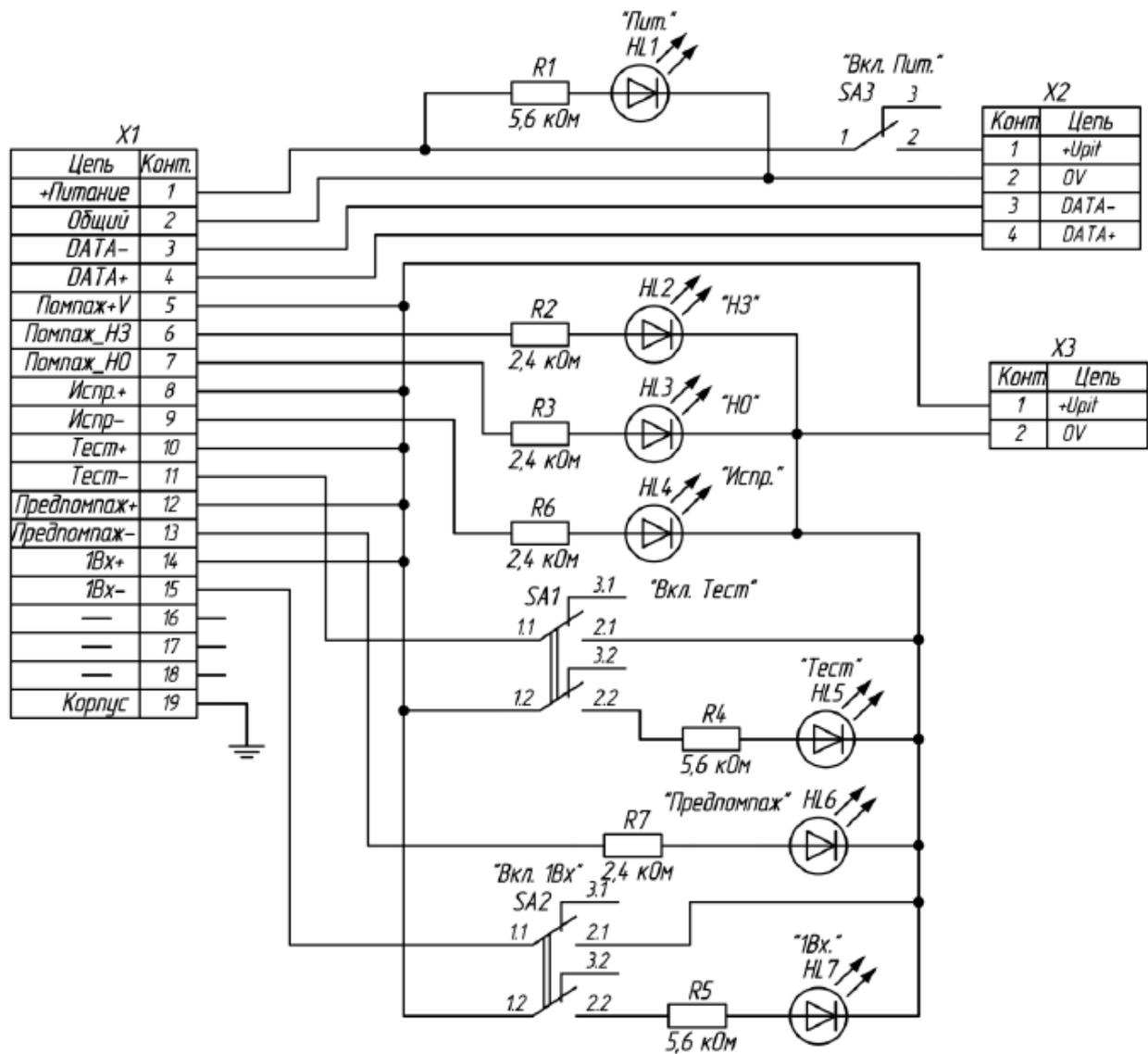
28. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2021. – 496 с.
29. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] – Режим доступа: – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>
30. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2015. – 45 с.
31. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2017. – 122 с.
32. ГОСТ Р 50948-2001 Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028904>.
33. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 N 2398 Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854>.
34. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности": дата введения 2009-05-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644>.
35. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывоопасной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>.
36. ГОСТ Р 58577-2019 Правила установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ проектируемыми и действующими хозяйствующими субъектами и методы определения этих

нормативов:            дата            введения            2020-01-01.            URL:  
<https://docs.cntd.ru/document/1200168569>

## **Приложение А**

(Обязательное)

Схема внешних электрических соединений датчика пульсирующего давления



Поз.обоз	Наименование	Кол.	Примечание
X1	Розетка 2РМТ24КПН19Г1В1В	1	
X2	Вилка 2РМД18Б4Ш5В1В	1	
X3	Вилка ШП-4,0	1	
R1,R4,R5	Резистор С2-33-0,5-5,6 кОм + 5%	3	
R2,R3,R6,R7	Резистор С2-33-0,5-2,4 кОм + 5%	4	
HL1,HL4...HL7	Светодиод зеленый L-53SGC	5	
HL2,HL3	Светодиод красный L-53SRC	2	
SA1, SA2	Тумблер МТ-2	2	
SA3	Тумблер МТ-1	1	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

АГБР.416.00.00 ПМ

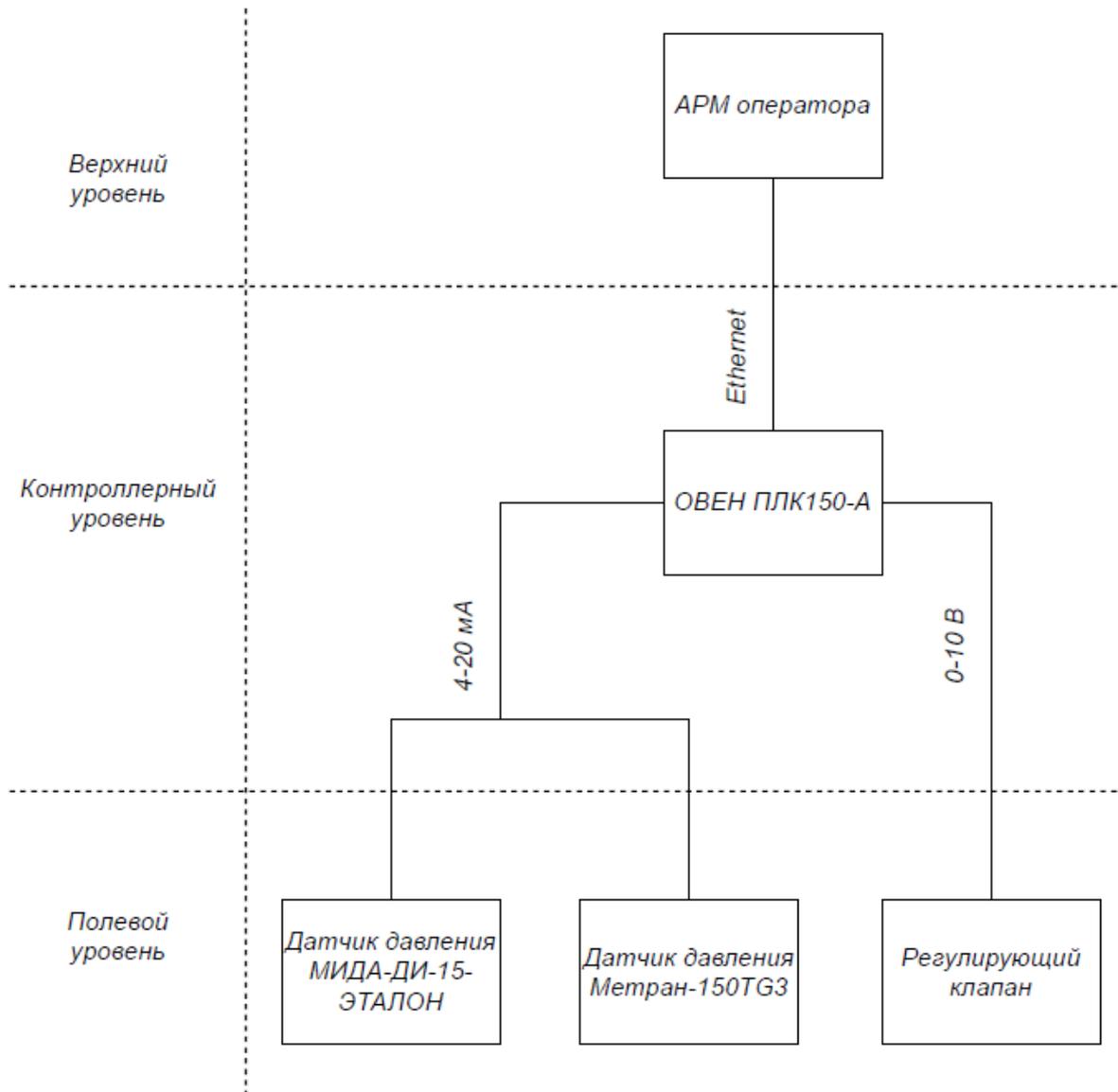
Лист

10

## **Приложение Б**

(Обязательное)

Трехуровневая структурная схема АС



					<b>ФЮРА.420259.017</b>			
					<b>Лабораторный стенд</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.		Цымжитов Т.			у			
Пров.		Зарницын А.Ю						
Т. контр.					Лист	Листов	1	
Нач.отд.					<b>ТПУ ИШИТР Группа 878А</b>			
Н. контр.								
Утв.					<b>Трехуровневая структурная схема</b>			

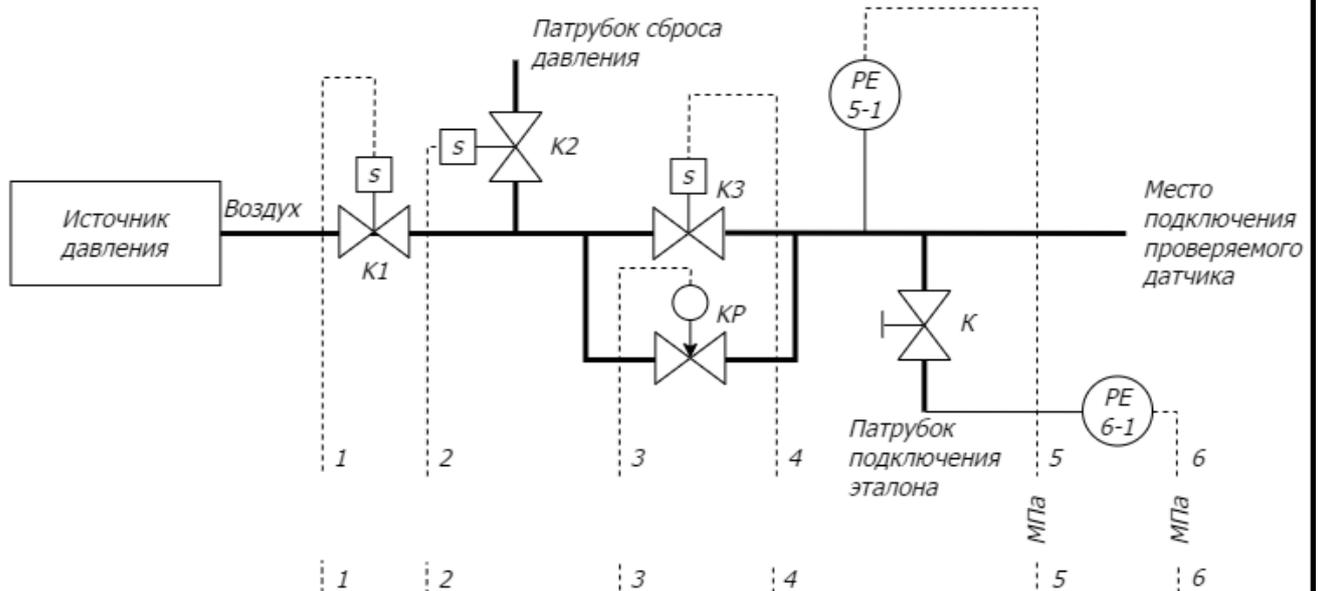
**Приложение В**  
(Обязательное)  
Упрощенная ФСА



# **Приложение Г**

(Обязательное)

ФСА



Шкаф блоков									
Шкаф контроллера	AI								
	AO								
	DI								
	DO								
	RS-485								
	Ethernet								
SCADA	Мониторинг								
	Регистрация								
	Управление								

ФЮРА.422519.017

Лабораторный стенд

Функциональная схема  
автоматизации

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1

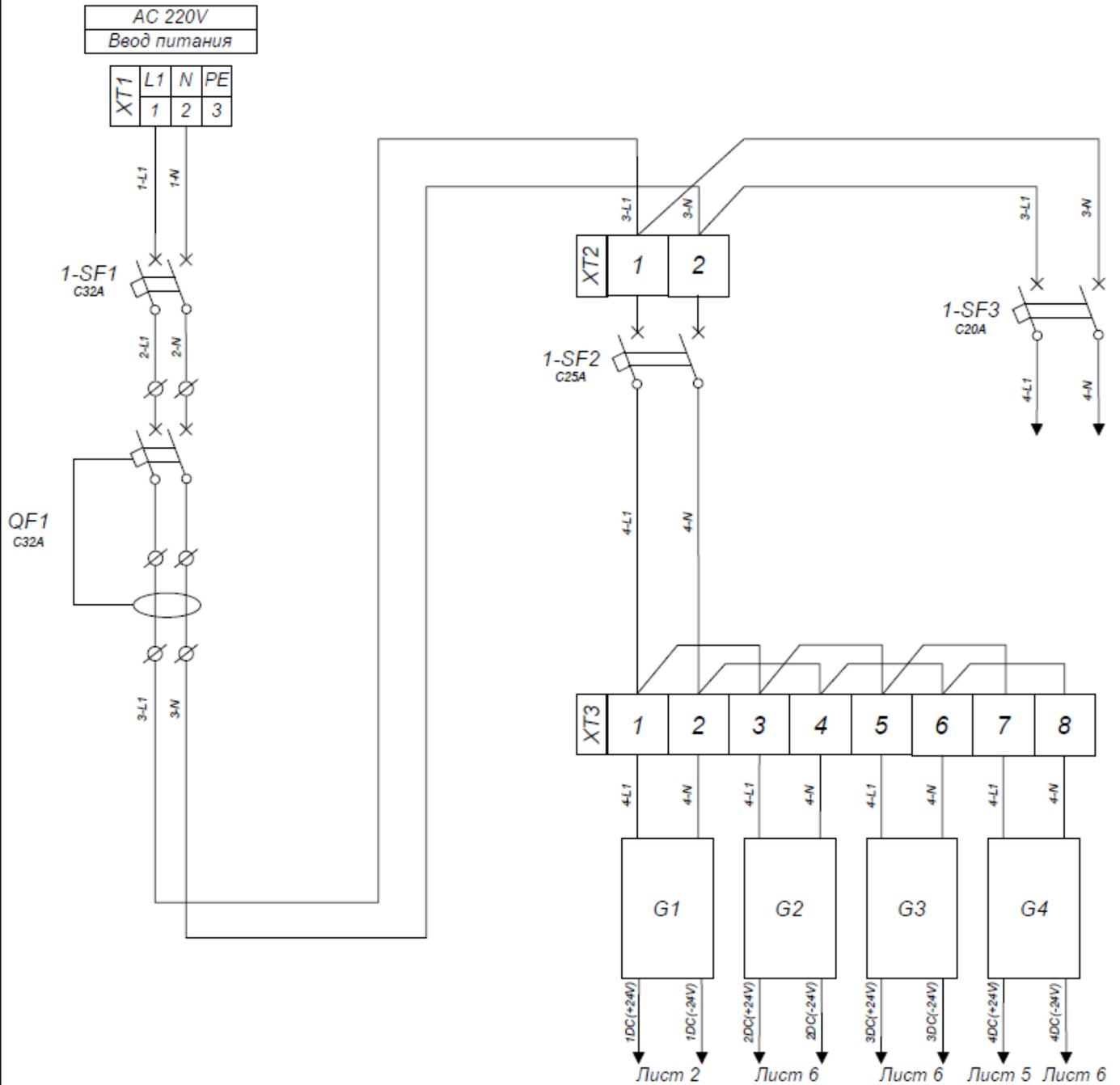
ТПУ ИШИТР Группа  
8Т8А

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Цымжитов Т.		
Пров.		Зарницын А.Ю.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

## **Приложение Д**

**(Обязательное)**

**Электрическая схема подключения оборудования стенда**



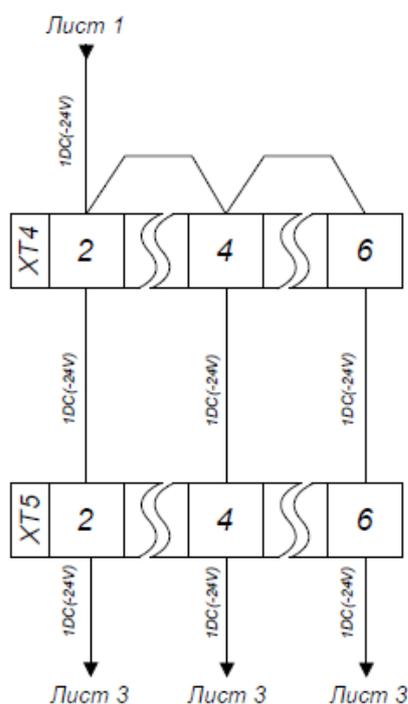
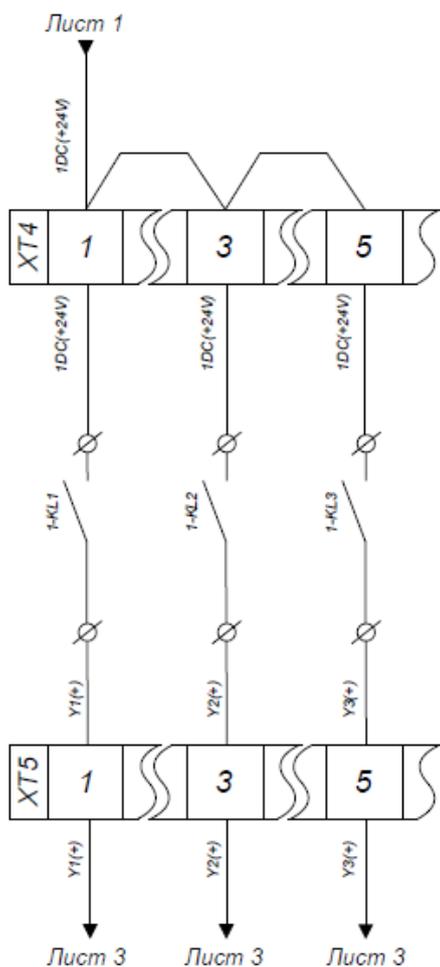
ФЮРА.422519.017.30

Лабораторный стенд

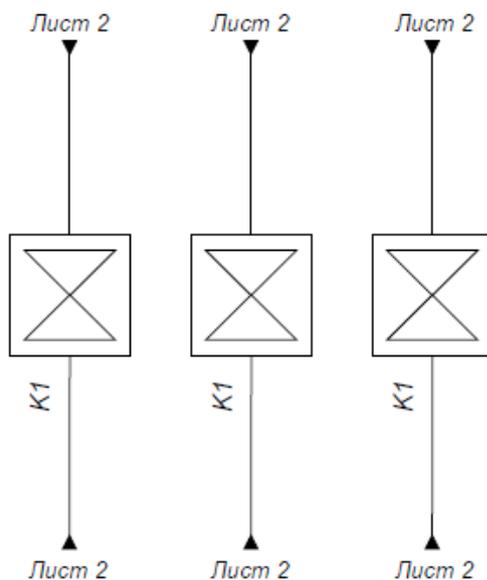
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Цымжитов Т.		
Пров.		Зарницын А.Ю.		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Электрическая схема  
подключений

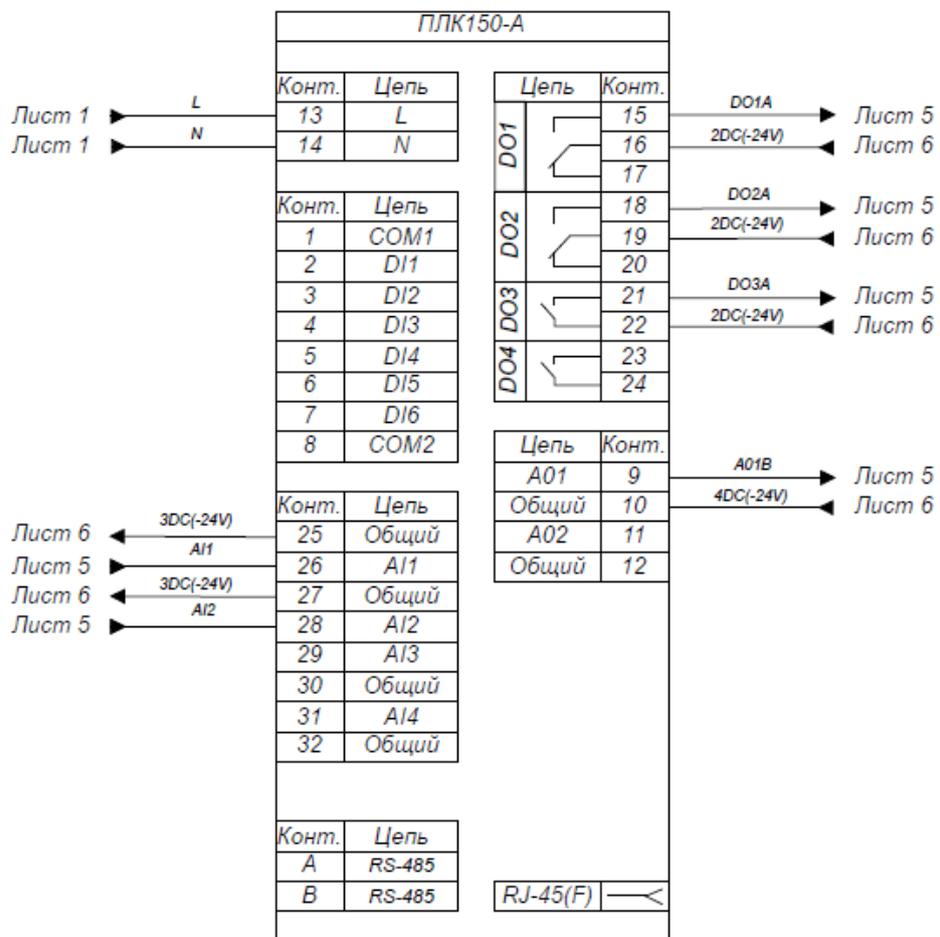
Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 1	Листов 6	
ТПУ ИШИТР Группа 878А		



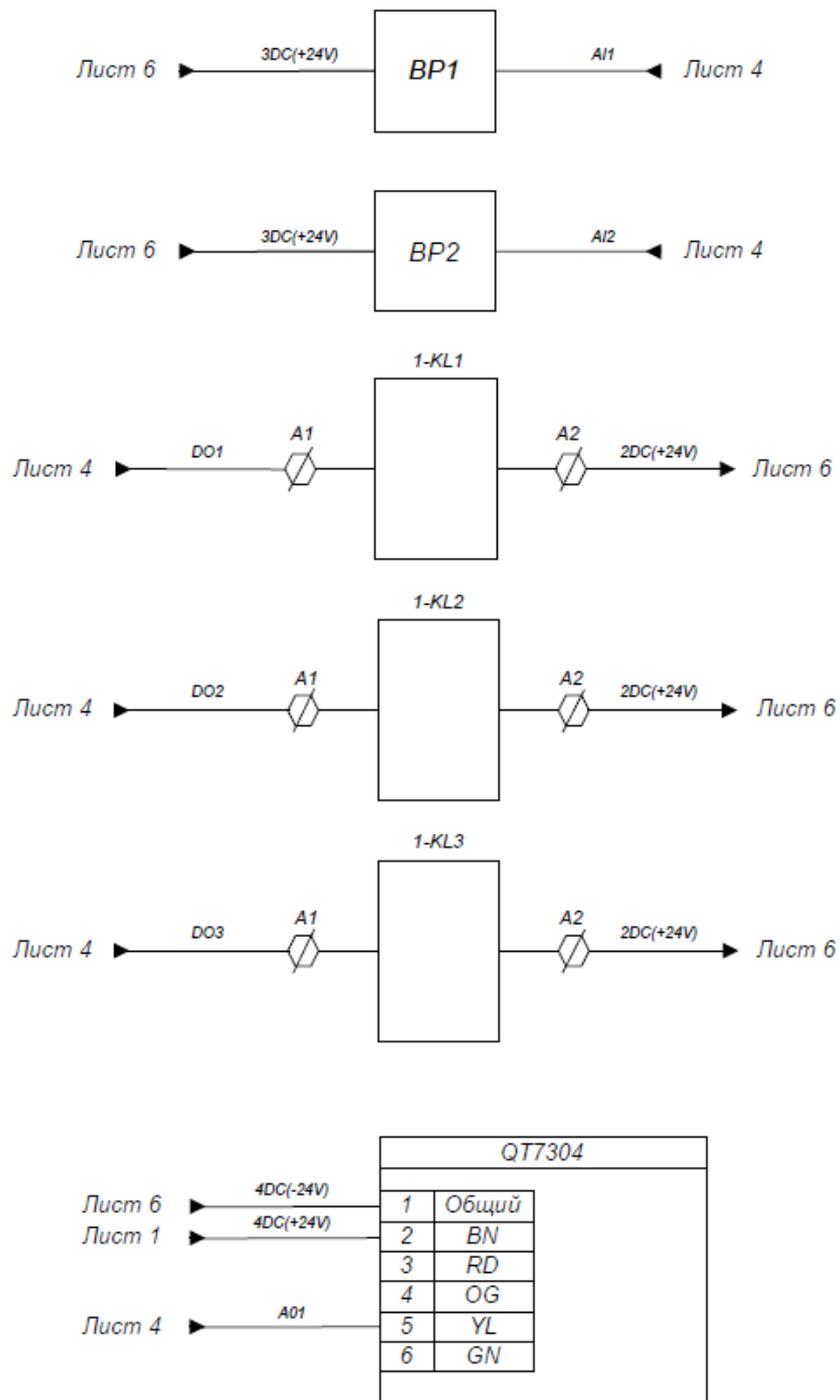
					<b>ФЮРА.422519.017.30</b>		
					<b>Лабораторный стенд</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Цымжитов Т.			у		
<i>Пров.</i>		Зарницын А.Ю					
<i>Т. контр.</i>					<i>Лист 2</i>		<i>Листов 6</i>
<i>Нач.отд.</i>					<b>ТПУ ИШИТР Группа 8Т8А</b>		
<i>Н. контр.</i>							
<i>Утв.</i>							
					<b>Электрическая схема подключений</b>		



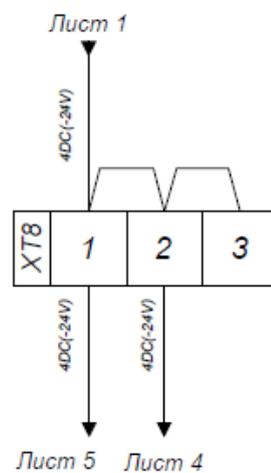
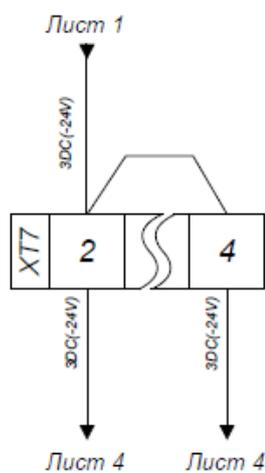
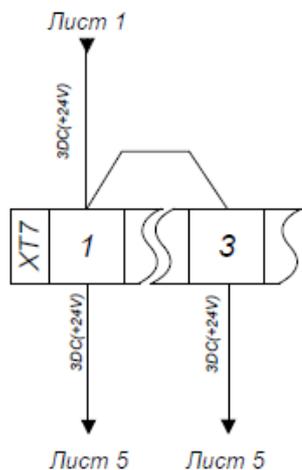
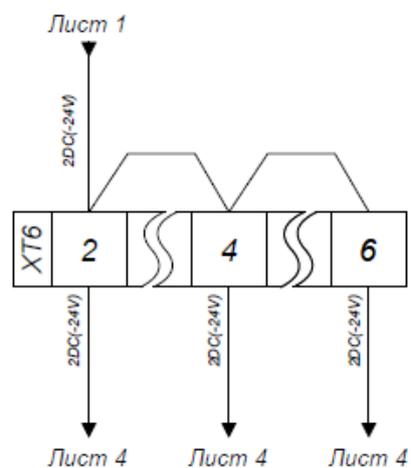
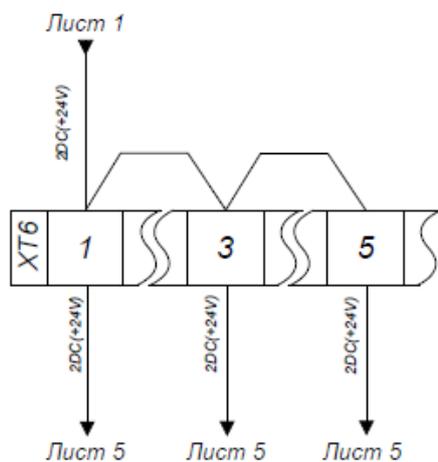
					<b>ФЮРА.422519.017.30</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лабораторный стенд</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Цымжитов Т.</i>				<i>у</i>		
<i>Пров.</i>		<i>Зарницын А.Ю</i>						
<i>Т. контр.</i>						<i>Лист</i>	<i>3</i>	<i>Листов</i> <i>6</i>
<i>Нач.отд.</i>						<i>ТПУ ИШИТР Группа</i>		
<i>Н. контр.</i>					<i>8Т8А</i>			
<i>Утв.</i>					<i>Электрическая схема</i>			
					<i>подключений</i>			



					<b>ФЮРА.422519.017.30</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<b>Лабораторный стенд</b>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Пров.</i>	<i>Т. контр.</i>	<i>Нач.отд.</i>	<i>Н. контр.</i>	<b>Электрическая схема подключений</b>	у		
						Лист	4	Листов
								6
					<b>ТПУ ИШИТР Группа 8Т8А</b>			



					<b>ФЮРА.422519.017.30</b>		
					<b>Лабораторный стенд</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Цымжитов Т.			у		
Пров.		Зарницын А.Ю					
Т. контр.					Лист 5	Листов 6	
Нач.отд.					<b>ТПУ ИШИТР Группа 8Т8А</b>		
Н. контр.							
Утв.							
					<b>Электрическая схема подключений</b>		



ФЮРА.422519.017.30

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Цымжитов Т.		
Пров.		Зарницын А.Ю		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Лабораторный стенд

Электрическая схема  
подключений

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист 6	Листов 6	
ТПУ ИШИТР Группа 8Т8А		

## **Приложение Е**

(Обязательное)

Спецификация электрической схемы подключения

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				<u>Документация</u>		
A4			ФЮРА.422519.017.30	Принципиальная	1	
				электрическая схема		
				<u>Стандартные изделия</u>		
		1	ПЛК 150-А	ОВЕН ПЛК150-А	1	
		2	К1...К3	Электромагнитный	3	
				клапан		
		3	QF1	УЗО 32А	1	
		4	1-KL1...1-KL3	Электромагнитное	3	
				реле		
		5	BP1	Метран-150ТГЗ	1	
		6	BP2	МИДА-ДИ-15-ЭТАЛОН	1	
		7	QT7304	Шаровой кран с	1	упр. 0-10В
				электроприводом		
				SMART QT7304		
		8	1-SF1	Автоматический	1	
				выключатель С32А		
		9	1-SF2	Автоматический	1	
				выключатель С25А		
		10	1-SF3	Автоматический	1	
				выключатель С20А		
		11	ХТ1...ХТ8	Разборное соединение	8	
		12	1...8	Клеммы	8	

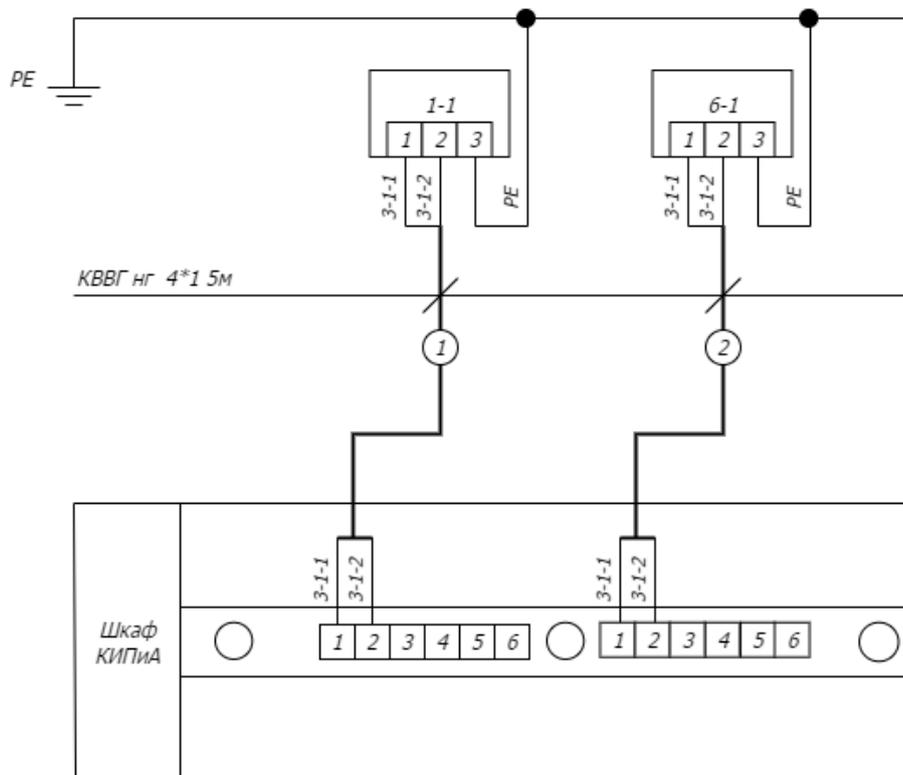
					ФЮРА.422519.017.30		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Цымжитов Т. Б.			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Зарницын А. Ю.			9		1
Утвердил					ТПУ ИШИТР ГРУППА 8Т8А		
					Разработка автоматизированного лабораторного стенда		

## **Приложение Ж**

(Обязательное)

Схема внешних проводок

Наименование параметра	Давление	Давление
Место отбора импульса	Воздухопровод (за клапаном КР)	Патрубок подключения эталона (после клапана К)
Тип датчика	Метран-150ТГ3	МИДА-ДИ-15-ЭТАЛОН
Позиция	5	6



ФЮРА.422519.017

Изм.	Лист	№ докum.	Подп.	Дата
Разраб.		Цымжитов Т.		
Пров.		Зарницын А.Ю		
Т. контр.				
Нач.отд.				
Н. контр.				
Утв.				

Лабораторный стенд

Схема соединений внешней проводки

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	1

ТПУ ИШИТР Группа 878А