

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

Школа ИШИТР

Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Отделение школы (НОЦ) ОАР

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка и исследование устройства измерения разности во времени давления

УДК 681.51:001.891.54:621.643

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8e41	Черноусов Данила Владимирович		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	Мамонова Татьяна Егоровна	Кандидат технических наук		
Руководитель ООП	Мамонова Татьяна Егоровна	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов Олег Николаевич	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович			

Томск – 2018 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез-та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3, ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5

	средств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные</i>		
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEAN</i>
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести обзор литературы 2. Выбор способа подключения устройства 3. Поиск возможности улучшения прибора
Перечень графического материала	Сборочный чертеж устройства
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	Петухов Олег Николаевич, доцент ОСГН, к.э.н.
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна, ассистент ОКД
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Нет	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мамонова Татьяна Егоровна	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E41	Черноусов Данила Владимирович		

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Уровень образования бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.2018	Основная часть	60
24.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
16.05.2018	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОАР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОАР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

Разработка и исследование устройства измерения изменения разности во времени давления.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е41	Черноусов Данила Владимирович

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом работы является создание дифференциального датчика давления для стенда «трубопровод». Стенд состоит из датчиков давления, насосов, поворотных затворов. Рабочим местом является аудитория 119б 10-го корпуса ТПУ. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Шум – Освещение – Микроклимат – Психофизиологические факторы <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Механическая опасность (источником является насос) – Электробезопасность (источником является ПК, насос)
----------------------------------	---

2. Экологическая безопасность:	<p>Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу не происходит.</p> <p>Анализ воздействия на литосферу (отходы при утилизации контроллера и аккумуляторных батарей, бытовые офисные отходы, люминесцентные лампы.)</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Чрезвычайная ситуация, которая могла бы возникнуть – это появление пожара на рабочем месте.</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<p>Требования и мероприятия к организации рабочего места. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Авдеева Ирина Ивановна			10.05.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е41	Черноусов Данила Владимирович		10.05.2018

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

Студенту:

Группа	ФИО
8e41	Черноусову Даниле Владимировичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	АиР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06. Мехатронника и робототехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад студента – 2410 руб. в месяц; Оклад руководителя проекта – 18503 руб. в месяц.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.;
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка – 27,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Методы коммерциализации результатов инженерных решений; - Морфологический анализ проекта.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	- Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы; - Проведение анализа безубыточности проекта
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</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>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Доцент	Петухов Олег Николаевич	Кандидат экономических наук		
--------	----------------------------	-----------------------------------	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8e41	Черноусов Данила Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 70 страниц, 4 рисунков, 6 источников.

Данная квалификационная работа посвящена теме разработка и исследование устройства измерения разности во времени давления. Произведен выбор способа подключения устройства, подбор компонентов для реализации способа подключения. Выполнен поиск возможности улучшения прибора.

Ключевые слова: дифференциальный, датчик, соленоид, манометр, разность, давление, утечки.

Объектом исследования является разработка устройства измерения изменения разности во времени давления.

Цель работы – разработка устройства измерения изменения разности во времени давления для выполнения исследования метода утечек.

В процессе исследований проводилось изучение устройства и принципа работы дифференциальных датчиков.

Значимость работы заключается в разработке устройства измерения изменения разности во времени давления для выполнения исследования метода утечек. Существуют множество способов методов обнаружения утечек, но для проверки самого метода требуется создание стенда, в качестве имитации трубопровода. Данный стенд позволит не только исследовать метод утечки, но и послужит лабораторным стендом для студентов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ОС – обратная связь.

УЧЭ – упругий чувствительный элемент.

Дифференциальный датчик – устройство измерения изменения разности во времени давления.

Манометр – прибор, измеряющий давление жидкости или газа. Действие манометра основано на уравнивании измеряемого давления силой упругой деформации трубчатой пружины или более чувствительной двухпластинчатой мембраны, один конец которой запаян в держатель, а другой через [тяги](#) связан с трибно-секторным механизмом, преобразующим [перемещение](#) упругого чувствительного элемента в круговое движение показывающей стрелки.

Соленоид – [электромеханический исполнительный механизм](#), обычно со втягиваемым [ферромагнитным сердечником](#).

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	11
ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	12
ВВЕДЕНИЕ	15
1 ОПИСАНИЕ СТЕНДА.....	16
2 МЕТОД ПОДКЛЮЧЕНИЯ.....	17
2.1 СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ	17
3 ВЫБОР СОСТАВЛЯЮЩИХ	22
3.1 ВЫБОР ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ДАТЧИКА	22
3.2 ВЫБОР УПРАВЛЯЕМОГО КЛЮЧА.....	25
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕМБРАННОГО ДАТЧИКА.....	26
4.1 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА	26
4.1 ВНЕШНЯЯ МЕМБРАНА	27
4.2 РАСЧЕТ УЧЭ.....	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	39
ПРИЛОЖЕНИЕ А	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	42
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	43
ВВЕДЕНИЕ	43
5.1 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	44
5.1.1 АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ.....	44
5.1.1.1 ШУМ	44
5.1.1.2 ОСВЕЩЕНИЕ	46
5.1.1.3 ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ	46
5.1.1.4 МИКРОКЛИМАТ	48
5.1.2 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ	50
5.1.2.1 МЕХАНИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ.....	50
5.1.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	51
5.1.3.1 АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛИТОСФЕРУ	51
5.1.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.....	51
5.1.5 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	54
5.1.6 ВЫВОД.....	55
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	56

6.1 ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ	56
6.1.1 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	56
6.1.2 АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	56
6.1.3 ТЕХНОЛОГИЯ QUAD	58
6.1.4 SWOT – АНАЛИЗ	59
6.1.5 МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	60
6.2 ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ	61
6.2.1 СТРУКТУРА РАБОТ В РАМКАХ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	61
6.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ	62
6.2.3 РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	64
6.3 БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	65
6.3.1 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ	66
6.3.2 ОСНОВНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА ИСПОЛНИТЕЛЯМ ТЕМЫ.....	67
6.3.3 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА.....	69
6.3.4 ОТЧИСЛЕНИЯ ВО ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ (СТРАХОВЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ)	69
6.3.5 НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ	70
6.3.6 КОНТРАГЕНТНЫЕ РАСХОДЫ	70
6.3.7 ФОРМИРОВАНИЕ БЮДЖЕТА ЗАТРАТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА	71
6.3.8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ, ФИНАНСОВОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОВ	71

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для транспортировки сырья и производимой продукции на всех нефтепромысловых предприятиях, независимо от их размеров и масштабов, используются трубопроводы. Проблема их разгерметизации - наиболее острая в нефтяной промышленности, так как при этом происходят не только потери перекачиваемых нефтепродуктов, но и требуются немалые затраты на ремонтные работы и восстановление линий трубопровода, выплата внушительных штрафов при загрязнении окружающей среды. Участились также случаи несанкционированных отборов нефтепродуктов. К примеру, по данным «Транснефти», с 2003 по 2012 г. на объектах компании было выявлено около 4800 несанкционированных врезок в магистральные нефтепроводы. В связи с этим, проблема определения утечек и несанкционированных скачиваний из нефтепроводов по-прежнему остается особо актуальной.

Сложность выявления кратковременных утечек, возникающих в большинстве своем при несанкционированных врезках, заключается в том, что расход таких утечек сравнительно мал, что в минимальной степени изменяет давление при их возникновении. Используемые в настоящее время датчики абсолютного давления такое изменение часто обнаружить не способны из-за недостаточной чувствительности последних. Применяемые методы в основном являются малочувствительными при возникновении утечек, появляющихся на краткий период времени, и предназначены в основном для установления факта возникновения утечек и определения только лишь их местоположения. Методы, позволяющие выявить кратковременные утечки малой интенсивности, к примеру, метод акустической эмиссии, являются дорогостоящими.

1 ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Стенд включает в себя:

- Дискový поворотный затвор с четвертьоборотным электроприводом DN.RU-003 (2шт.)
- Вертикальный многоступенчатый насос ENSI 32 GDLF4-20 (2шт.)
- Манометр дифференциальный показывающий МДП4-СМ-Т (2шт.)

Характеристики стенда:

- Объем емкостей с рабочей жидкостью – 0,5 м³
- Расстояние между емкостями – 2,75 м
- Высота емкостей – 1 м

Подробные габариты стенда приведены в приложении А.

2 МЕТОД ПОДКЛЮЧЕНИЯ

2.1 Схема подключения

Рассматриваемое устройство относится к измерительной технике, в частности к измерению изменения давления при транспортировке жидкости в трубопроводе, и может быть использовано в нефтегазовой отрасли и коммунальном хозяйстве для обнаружения утечек в трубопроводах по профилю давления в нем.

Известен способ измерения изменения давления в трубопроводе при определении параметров утечки в нем при транспортировке жидкости, основанный на определении изменения профиля давления в трубопроводе при возникновении в нем утечки, выбранный в качестве прототипа.

Согласно этому способу измерение изменения давления в контролируемом сечении трубопровода осуществляется косвенным методом, основанным на вычитании из значения давления, вычисленного в этом сечении по определенному до изменения профилю давления в трубопроводе значения давления, измеренного датчиком абсолютного давления, установленным в этом сечении.

Измененный профиль давления определяют по показаниям не менее 4-х датчиков абсолютного давления, два из которых располагаются на концах контролируемого участка трубопровода. Профиль давления в трубопроводе до возникшего в нем изменения определяют по показаниям датчиков на концах трубопровода.

Недостатком известного способа измерения изменения давления в трубопроводе является то, что измерение является косвенным, шкала измерения датчиков выбирается по максимальным значениям измеряемого давления в

трубопроводе. Поэтому зафиксировать и измерить изменение давления можно с точностью не выше точности вычисления профиля давления в трубопроводе до его изменения и чувствительности датчиков абсолютного давления, которая для наиболее точных датчиков составляет от 0,01 ДО 0,05 от их шкалы измерения.

При давлениях в трубопроводах, составляющих десятки мега паскалей (МПа), возможным оказывается измерение изменений давления порядка нескольких тысяч паскалей, что происходит при утечках значительной интенсивности — до ста килограмм в секунду.

Низкая точность измерения изменения давления при малых возмущениях (например, при малых утечках) является основным недостатком известного способа измерения изменения давления в контролируемом сечении трубопровода.

Известно устройство для измерения изменения давления в трубопроводе, содержащее дифференциальный датчик с двумя пневмовходами, выход которого связан с индикатором через электронный усилительно-преобразовательный блок. Оно снабжено двумя двухпозиционными пневмопереключателями, генератором периодического управляющего сигнала, умножителем и интегратором, при этом пневмовходы датчика подключены к соответствующим выходам пневмопереключателей. Входы каждого из которых подключены к точкам отбора давления измеряемой среды, выход усилительно-преобразовательного блока соединен с первым входом умножителя, второй вход которого подключен к выходу генератора периодического управляющего сигнала, другой выход которого подключен к управляющим входам обоих пневмопереключателей, а выход умножителя через интегратор связан с индикатором. Это устройство используют для измерения разности давлений в разных сечениях трубопровода.

Задачей устройства является измерение изменения давления в контролируемом сечении трубопровода.

Поставленная задача достигается тем, что способ измерения изменения давления в трубопроводе при транспортировке жидкости так же, как в прототипе, заключается в использовании датчика давления, подсоединенного к трубопроводу.

Согласно изобретению используют дифференциальный датчик давления, один вход которого подсоединяют непосредственно к трубопроводу, а второй вход подсоединяют через управляемый клапан к трубопроводу в том же сечении, запоминают давление в трубопроводе на момент включения управляемого клапана и измеряют изменение давления по отношению к запомненному значению давления в трубопроводе.

Указанный технический результат достигают за счет того, что устройство для измерения изменения давления в трубопроводе при транспортировке жидкости, также как в прототипе, содержит дифференциальный датчик давления с двумя входами.

В отличие от прототипа один вход датчика, являющийся контролирующим, подключен непосредственно к трубопроводу в контролируемом сечении, а второй вход подключен к тому же сечению трубопровода через управляемый клапан для запоминания давления в трубопроводе до его изменения.

Заявляемые изобретения позволяют измерять изменение давления в контролируемом сечении трубопровода при его изменениях, меньших порога чувствительности датчиков абсолютного давления, за счет выбора шкалы

измерения дифференциального датчика по величине возможного изменения давления в трубопроводе.

На чертеже приведена схема устройства, осуществляющего заявляемый способ измерения изменения давления в трубопроводе в контролируемом его сечении.

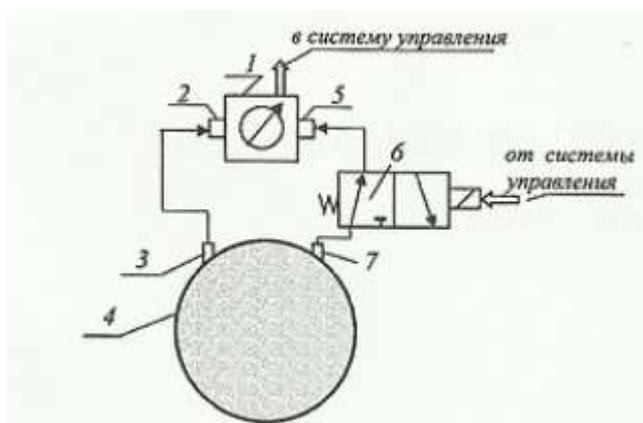


Рисунок 1 - Схема подключения устройства.

Схема содержит измеритель изменения давления, в качестве которого может быть использован дифференциальный датчик давления 1 с диапазоном измерения, выбираемым в зависимости от требуемой чувствительности измерения давления. Измерительный вход 2 дифференциального датчика давления 1 подсоединен через штуцер 3 к трубопроводу 4. Запоминающий вход 5 дифференциального датчика давления 1 подключен к управляемому клапану 6, который через штуцер 7 подключен к трубопроводу 4. Штуцеры 4 и 7 установлены в одном контролируемом сечении трубопровода 4. Дифференциальный датчик давления 1 и управляемый клапан 6 связаны с системой управления трубопровода, осуществляющей по специальным алгоритмам, в том числе, диагностику и определение параметров утечки трубопровода.

В качестве управляемого клапана 6 может быть использован электрогидравлический распределитель, или другое устройство запорной

аппаратуры, позволяющее перекрывать трубопровод, подсоединяющий вход 5 дифференциального датчика давления 1 к трубопроводу 4, и управляемое от системы управления трубопровода.

Если управляемый клапан 6 не включен, обе камеры дифференциального датчика давления 1 подключены через штуцеры 3, 7 к трубопроводу 6 в одном сечении. Разность давлений в камерах дифференциального датчика давления 1 будет равна нулю.

При включении управляемого клапана 6 по команде из системы управления трубопровода магистраль, соединяющая дифференциальный датчик давления 1 по входу 5, перекрывается, значение давления в дифференциальном датчике давления 1, по «запоминающему» входу 5, останется постоянным, равным давлению в трубопроводе 4 в момент срабатывания управляемого клапана 6. После этого всякое изменение давления в трубопроводе 4 будет приводить к изменению давления только по «измерительному» входу 2 дифференциального датчика давления 1, соединенного с помощью штуцера 3 с трубопроводом 4.

Если на «запоминающем» входе 5 дифференциального датчика давления 1 давление соответствовало давлению в трубопроводе 4 на момент его отключения до момента возникновения в трубопроводе 4 изменения давления, а изменение давления по «измерительному» входу 2 дифференциального датчика давления 1 произошло, например, вследствие возникновения утечки в трубопроводе, то измеренная дифференциальным датчиком давления разность давлений будет определять изменение давления в трубопроводе 4, которое может быть использовано системой управления для формирования по определенным алгоритмам реакции на изменения давления.

Использование предлагаемого способа измерения изменения давления в трубопроводе при транспортировке жидкости и устройства, его осуществляющего, обеспечивает, по сравнению с существующим способом, следующие преимущества:

— Позволяет повысить чувствительность и точность измерения изменения давления в трубопроводе за счет прямого метода измерения с использованием дифференциального датчика давления со шкалой измерения, определяемой не абсолютным давлением в трубопроводе, а диапазоном возможного изменения давления в трубопроводе.

— Измерение изменения давления в трубопроводе не требует учета изменения параметров и характеристик трубопровода и транспортируемого по трубопроводу тела, выполняемого с целью повышения точности в прототипе, так как эти изменения одинаково влияют на «запомненное» и «измеренное» в обеих камерах дифференциального датчика давления.

3 ВЫБОР СОСТАВЛЯЮЩИХ

3.1 Выбор дифференциального датчика

В качестве устройства измерения изменения давления в трубопроводе при транспортировке жидкости был предложен дифференциальный датчик, устанавливаемый в контролируемом сечении трубопровода, отличающийся тем, что один его вход подсоединяют непосредственно к трубопроводу, а второй – через управляемый клапан, в том же сечении, запоминают давление в момент включения управляемого клапана и измеряют изменение давления по отношению к запомненному значению.

Сам датчик возможно выбрать из того ассортимента дифманометров, который представлен на рынке. Был выбран манометр дифференциальный

МДП4-СМ-Т, основываясь на удовлетворении таких требований как диапазон измерений, надежность и цена.



Рисунок 2 - МДП4-СМ-Т

Технические данные

Таблица 1.

Условное обозначение прибора	Верхнее значение диапазона показаний давления				Класс точности	Масса, кг, не более
	избыточного		вакуумметрического			
	кПа (kgf/cm ²)	МПа (kgf/cm ²)	кПа (kgf/cm ²)	МПа (kgf/cm ²)		
МДП4-СМ-Т	-	0,9 (9)	-	0,1 (1)	1,5	2,0

1. Максимальный диапазон отсчета разности давлений по шкале вращающегося диска манометра дифференциального МДП4-СМ-Т 0,9 МПа (9 kgf/cm²).
2. Манометр дифференциальный МДП4-СМ-Т в эксплуатационных условиях выдерживает давление до 2 МПа (20 kgf/cm²).
3. По устойчивости к климатическим воздействиям прибор соответствует исполнению ОМ категории 2.
4. Прибор устойчив к воздействию температуры окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60 °С и относительной влажности до 100 % при температуре 35 °С.

5. По защищенности от внешних твердых предметов и воды прибор соответствует степени защиты IP53.

6. Прибор виброустойчив, вибропрочен, ударостоек и ударопрочен.

7. Детали приборов, соприкасающиеся с измеряемой средой, изготовлены из коррозионностойких материалов.

В этом датчике измеряемое давление подается во внутреннюю полость манометрической пружины, один конец которой жестко закреплен в держателе, другой свободен. При подаче давления перемещение свободного конца пружины при помощи тяги, трибки преобразуется во вращательное движение показывающей стрелки. Отсчет показаний производится по шкале.

Для ограничения хода пружины, при давлениях более верхнего значения диапазона показаний, на держателе крепится кронштейн с упорным винтом.

Манометр имеет две не зависящих друг от друга пружины, закрепленные в держателе, и два трибно-секторных механизма. При подаче давления перемещение свободных концов пружин преобразуется во вращательное движение показывающей стрелки и вращающегося диска с указателем. Держатель манометра имеет два присоединительных штуцера с нанесенными на них знаками "+" и "-". К источнику большего давления присоединяется штуцер со знаком "+", через который давление сообщается пружине, связанной со стрелкой. Другой штуцер, со знаком "-", присоединяется к источнику меньшего давления, сообщаемого пружине, связанной с вращающимся диском. Величины измеряемых давлений в источниках отсчитываются по основной шкале в соответствии с положением стрелки и указателя вращающегося диска.

Разность измеряемых давлений двух источников отсчитывается непосредственно по шкале вращающегося диска против соответствующего положения стрелки.

Для давлений до 5 МПа трубчатые пружины изготавливают из латуни, бронзы, а для более высоких давлений - из легированных сталей и сплавов никеля.

Большинство показывающих, самопишущих и сигнализирующих манометров с трубчатой пружиной являются устройствами прямого преобразования, в которых давление последовательно преобразуется в перемещение чувствительного элемента и связанного с ним механически показывающего, регистрирующего или контактного устройства.

3.2 Выбор управляемого ключа

В качестве ключа возьмем управляемый электрический сигналом соленоид, т.к. его использование подразумевает возможность удаленного контроля состояния выхода.



Рисунок 3 – Клапан электромагнитный AR-2W12

Таблица 2. Технические характеристики

Обозначение	Д _у , мм	К _v , м ³ /ч	P _{min} , МПа	P _{max} , МПа	Питание, В
AR-2W12	12	4,5	0,0	1,0	220

Соленоидный (электромагнитный) клапан – это комбинация двух основных функциональных узлов:

1. Соленоид (электромагнит) с сердечником (поршнем). Сердечник свободно движется в герметично закрытой трубке внутри катушки соленоида.
2. Непосредственно клапан с проходным отверстием, в котором установлена диафрагма или поршень, чтобы открывать или перекрывать поток. Клапан

открывается или закрывается движением магнитного сердечника, который вытягивается в соленоид, когда на катушку подается питание. Конструкция обеспечивает компактность и герметичность клапана.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕМБРАННОГО ДАТЧИКА

4.1 Описание устройства

Однако данный дифференциальный датчик не совсем соответствует нашей цели, а именно управление трубопроводом посредством системы управления (например, через SCADA), так как не предусматривает обратную связь.

Наиболее распространенным преобразователем давления в электрический сигнал на производстве является измерение посредством упругой мембраны. Мембраны делят на упругие и «вялые». Упругие мембраны выполняют из тонких металлических пластин (сталь, бронза, латунь). Они обладают достаточно большой собственной жесткостью, их статические характеристики, представляющие зависимость перемещения центра мембраны или развиваемой силы от давлений P_1 и P_2 или перепада $\Delta P = P_1 - P_2$, обычно нелинейны. Применяют плоские и гофрированные упругие мембраны (рисунок 4). Наличие гофров делает статическую характеристику мембраны более линейной.

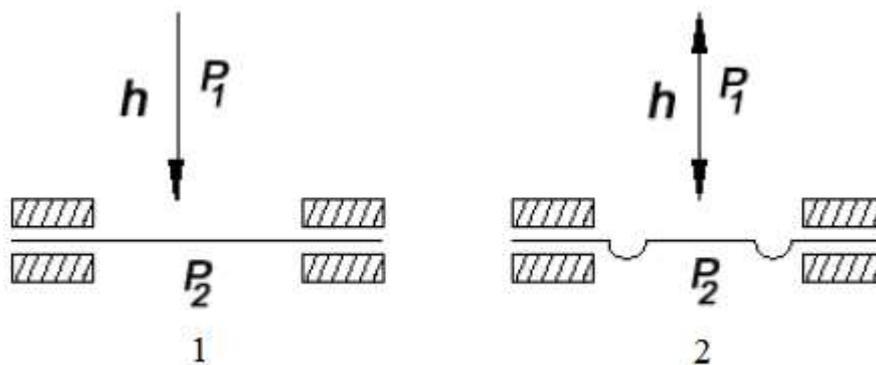


Рисунок 4 – Упругие мембраны. 1 – плоская; 2 – гофрированная

Упругие мембраны используют, преимущественно, как чувствительные элементы в первичных преобразователях, например, в дифманометрах.

Предлагаемый датчик давления представляет собой конструкцию, содержащую внешнюю металлическую гофрированную мембрану, воспринимающую внешнее воздействующее на датчик давление и передающую его чувствительному элементу – плоской кремниевой мембране, на которой сформированы четыре тензорезистора, соединенных в мостовую схему. Передача давления от внешней металлической мембраны к кремниевой осуществляется через несжимаемую жидкость, которая заполняет межмембранную полость датчика.

Необходимость применения внешней разделительной металлической мембраны и, соответственно, несжимаемой жидкости обусловлена защитой чувствительной кремниевой мембраны от непосредственного воздействия на нее агрессивных сред и высоких температур, которые приводят к ухудшению метрологических свойств и надежности датчика.

По всей длине полупроводниковых тензорезисторов деформация от воздействия усилия должна быть постоянной;

Корпус и воспринимающая мембрана должны быть выполнены из материала стойкого к агрессивным средам (нефть, аммиак, бензин, кислоты).

4.1 Внешняя мембрана

Особо важное внимание следует уделять материалу из которого будет изготовлено устройство. В нашем случае к материалу предъявляются особо строгие требования из-за условий, в которых теоретически придётся работать нашему датчику (аммиак, кислоты, бензин, нефть). Вследствие этого необходимо выполнение сразу нескольких условий. Материал должен быть:

- Химически стойким к определённым видам воздействий;

- Обладать достаточной прочностью;
- Хорошо обрабатываться;

Достаточную пластичность в закаленном состоянии и высокие механические свойства после термомеханической обработки имеют дисперсионно-твердеющие сплавы на железоникелевой основе.

Химический состав, технические характеристики и примерное назначение наиболее распространенных сплавов 36НХТЮ, 36НХТЮ5М, 42НХТЮ, 44НХТЮ, 36НХТЮМ8, 40КНХМВТЮ приведены в таблице 3.

Таблица 3

Химический состав, технические характеристики и примерное назначение сплавов для изготовления УЧЭ

Сплав	Химический состав	Технические характеристики	Примерное назначение
1	2	3	4
42НХТЮ	5,1-5,9 <u>Cr</u> ; 41,57-43,5 <u>Ni</u> ; 0,5-1,0 <u>Al</u> ; 2,4-3 <u>Ti</u> ; <u>Fe</u> – остальное	Дисперсионно-твердеющий с низким температурным коэффициент упругости до +100°С	УЧЭ, работающие до +100°С
44НХТЮ	5,2-5,8 <u>Cr</u> ; 43,5-45,5 <u>Ni</u> ; 0,4-0,8 <u>Al</u> ; 2,2-2,7 <u>Ti</u> ; <u>Fe</u> – остальное	Дисперсионно-твердеющий с низким температурным коэффициент упругости до (+180 – 200)°С	УЧЭ, работающие до +200°С
36НХТЮ	0,8-1,2 <u>Mn</u> ; 11,5-13,0 <u>Ni</u> ; 35-37 <u>Cr</u> ; 0,9-1,2 <u>Al</u> ; 2,7-3,2 <u>Ti</u> ; <u>Fe</u> – остальное	Дисперсионно-твердеющий, немагнитный, коррозионностойкий, устойчив к агрессивным средам (парам и растворам азотной кислоты и т.д.)	УЧЭ (сильфоны, aneroidные коробки, колпачки, мембраны и т. д.), работающие до +200°С

36НХТЮ 5М	0,8-1,2 Mn; 12,5-13,5 Cr; 35-37 Ni; 1,0-1,3 Al; 2,7-3,2 Ti; 4-6 Mo; Fe – остальное	Коррозионностойкий, дисперсионно- твердеющий	УЧЭ, работающие до +400°С
36НХТЮ М8	0,8-1,2 Mn; 12,5-18,5 Cr; 35-37 Ni; 1,0-1,3 Al; 2,7-3,2 Ti; 7-9 Mo; Fe – остальное	Коррозионностойкий в условиях тропического климата и других агрессивных сред	УЧЭ, работающие до (+400÷+500) °С
40КНХМ ВТЮ	1,8-2,2 Mn; 11,5-13,0 Cr; 18-20 Ni; 0,2-0,5 Al; 1,5-2,0 Ti; 3-4 Mo; 39-41 Co; 6-7 W; Fe – остальное	Коррозионностойкий; немагнитный; высоким модулем нормальной упругости; высокопрочный	Для заводных пружин наручных часов. Применяется после наклепа и последующего отпуска

Из приведённой в таблице свойств различных материалов видно, что для нашего случая наиболее подходит сплав 36НХТЮ. Из этого материала мы будем выполнять как воспринимающую мембрану, так и сам корпус датчика.

Непосредственно размеры внешней мембраны выбираются исходя из конструкции самого выхода крепления датчика. В нашем случае диаметр трубки

крепления составляет 15 мм, соответственно радиус мембраны внешней – 7,5 мм. Ширина выбирается так, чтобы мембрана могла линейно передать воспринимаемое ей давление.

Для каждого варианта конструкции металлической мембраны рассчитывается эквивалентное давление для максимальной величины (при воздействии номинального эффективного давления) прогиба металлической мембраны

$$p_{\text{ЭКВ}} = \frac{E_M \cdot h_M^4}{R_a^4} \left(a \frac{W_B^{\text{НОМ}}(0)}{h_M} + b \frac{(W_B^{\text{НОМ}}(0))^3}{h_M^3} \right), \text{ Па} \quad (1.2)$$

где E_M - модуль упругости материала металлической мембраны, Па;

h_M - толщина металлической мембраны, м;

a, b - коэффициенты, зависящие от параметров гофрировки мембраны:

$$a = \frac{2 \cdot (3 + \alpha) \cdot (1 + \alpha)}{3 \cdot k_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{\mu}{\alpha} \right)^2 \right]} \times \eta \quad (1.3)$$

$$b = \frac{32 \cdot k_1}{\alpha^2 - 9} \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{3 - \mu}{(3 + \alpha) \cdot (\alpha - \mu)} \right) \times \xi \quad (1.4)$$

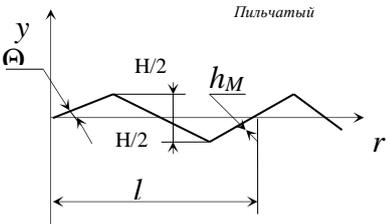
где $\alpha^2 = k_1 \cdot k_2$; (1.5)

k_1, k_2 - коэффициенты, зависящие от профиля гофрированной мембраны, определяемые из таблицы 1.

μ - коэффициент Пуассона материала металлической гофрированной мембраны.

η, ξ - поправочные коэффициенты гофрировки, зависящие от относительного радиуса жёсткого центра и α .

Рассмотрим вариант конструкции мембраны с пильчатым профилем гофрировки;

Профиль	κ_1	κ_2
	$\frac{1}{\cos \Theta_0}$	$\frac{H^2}{h_M^2 \cos \Theta_0} + \cos \Theta_0$

Самостоятельно выбираем параметры гофрировки:

$H=1$ мм-глубина гофрировки;

$h_M=0,15$ мм-толщина металлической мембраны;

$\theta_0 = 15^\circ$ -угол наклона гофрировки;

Рассчитываем коэффициенты гофрировки:

$$k_1 = \frac{1}{\cos 15^\circ} = 0.97$$

$$k_2 = \frac{1^2}{0.97 \times 0.15^2} + 0.97 = 46.4 ;$$

$$\alpha = \sqrt{46.4 \times 1.031} = 7$$

Выбираем поправочные коэффициенты (из методических указаний к методам гофрировки мембран).

$$\eta = 1.015$$

$$\xi = 1.075$$

Далее рассчитываем коэффициенты a и b зависящие от параметров гофрировки:

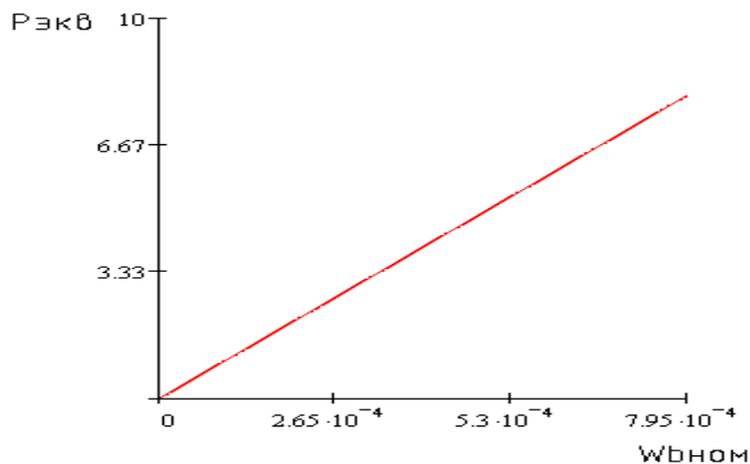
$$a = \frac{2 \times (7+3) \times (1+7)}{3 \times 0.97 \times \left[1 - \left(\frac{0.184}{7} \right)^2 \right]} \times 1.015 = 12.5$$

$$b = \frac{32 \times 0.97}{7^2 - 9} \times \left(\frac{1}{6} - \frac{3 - 0.184}{(7+3) \times (7 - 0.184)} \right) \times 1.07 = 0.098$$

Теперь у нас есть все данные для расчёта рЭКВ по формуле (3.2.1):

$$p_{\text{экв}} = \frac{195 \times 10^9 \times 0.15^4}{30^4} \times \left(12.37 \times \frac{5.3 \times 10^{-4}}{0.15} + 0.098 \frac{(5.3 \times 10^{-4})^3}{0.15^3} \right) = 5.3 \quad (\text{Па})$$

Для анализа и выбора оптимальной конструкции металлической гофрированной мембраны построим график зависимости эквивалентного давления от прогибов центра металлической мембраны:



Из графиков видно, что зависимость эквивалентного давления от величины прогибов металлической мембраны практически полностью линейна, а значит линейным будет и упругая характеристика $W_B(0) = f(p_{\text{ЭКВ}})$.

4.2 Расчет УЧЭ

На схему подаётся стабилизированное напряжение питания $E_p=10\text{В}$, при приведённых величинах сопротивления (принято, что на схему идет 60% от напряжения питания, учитывая данные сопротивления) на диагонали моста будет подаваться напряжение:

$$U_n = 0.6 \times 10 = 6\text{В},$$

1) Деформацию ε_n одного тензорезистора при номинальной нагрузке, когда все 4 плеча моста активны, можно определить по следующей формуле:

$$\varepsilon_n = \frac{1}{k} \times \frac{\Delta R}{R} = \frac{1}{k} \times \frac{U_{\text{вых}}}{U_n} \quad (1.4)$$

, где k – коэффициент тензочувствительности (монокристаллический кремний.)

$$\varepsilon_n = \frac{1}{120} \times \frac{0.5}{6} = 6.9 \times 10^{-4}$$

Напряжение моста должно быть больше на 12%, поэтому:

$$\varepsilon_n = \frac{1}{120} \times \frac{0.56}{6} = 7.8 \times 10^{-4}$$

В качестве упругого элемента будем использовать плоскую мембрану.

При выборе радиуса кремниевой мембраны необходимо учитывать следующие ограничения:

- следует проверить соотношение между толщиной и радиусом кремниевой мембраны из (4). Для плоской мембраны должно выполняться соотношение $r_a \geq 15 * h$;

- величина радиуса и соответствующая этому радиусу толщина кремниевой мембраны должна обеспечивать изготовление мембраны традиционными методами микроэлектроники (например, изотропным травлением).

- слишком тонкая мембрана механически менее прочна по сравнению с более толстой и может иметь большую погрешность изготовления (по толщине);

- меньший радиус кремниевой мембраны предпочтительнее с точки зрения возможности получения большего количества мембран с одной кремниевой пластины и, соответственно, меньшей ее стоимости.

Связь относительной деформации тензорезистора, расположенного на плоской кремниевой мембране, с внешним давлением, воздействующим на плоскую кремниевую мембрану, выражается соотношением

$$\varepsilon_n \cdot E = \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{r_a}{h} \right)^2 \cdot p' \quad (1.5), \text{ где:}$$

ε_n - относительная деформация тензорезистора, расположенного на плоской круглой мембране;

E - модуль упругости (модуль Юнга) материала мембраны для кристаллографической ориентации (для нашего случая $E = 1,9 \cdot 10^4$ Па);

r_a - радиус плоской круглой мембраны, м;

h - толщина плоской круглой мембраны, м;

p' - эффективное давление, воздействующее на кремниевую мембрану (составляет 98-99% от давления, воздействующего на датчик, что связано с потерями на вязкое трение в несжимаемой жидкости и о стенки межмембранной полости), Па.

С учетом приведённых выше выражений толщина кремниевой мембраны, обеспечивающая необходимую деформацию тензорезисторов (а значит и

необходимый уровень выходного сигнала преобразователя) при воздействии номинального давления будет высчитываться по следующей формуле:

$$r_a = \frac{h}{\sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{P_{НОМ}}{E \cdot \varepsilon_n}}}, \text{ мм (1.6)}$$

$$r_a = \frac{0.5}{\sqrt{\frac{3 \cdot 0.3}{4 \cdot 1.9 \cdot 10^4 \cdot 7.8 \cdot 10^{-4}}}} = 4 \text{ (мм)}$$

Прогиб центра кремниевой мембраны под воздействием на нее номинального эффективного давления:

$$\omega_B(0) = \frac{3}{16} \cdot (1 - \nu^2) \cdot \frac{r_a^4 \cdot P_{НОМ}}{h^3 \cdot E}, \text{ где (1.7)}$$

ν - коэффициент Пуассона ($\nu = 0,184$)

$$\omega_B(0) = \frac{3}{16} \cdot (1 - 0.184) \cdot \frac{4^2 \cdot 0.3}{0.5^3 \cdot 1.9 \cdot 10^4} = 0.9 \text{ мм}$$

Объем, который заполнится несжимаемой жидкостью при прогибе кремниевой мембраны под воздействием номинального эффективного давления при условии, что прогиб мембраны описывается параболой:

$$V = \frac{\pi \cdot r_a^2 \cdot \omega_B(0)}{2}, \text{ (1.8)}$$

$$V = \frac{3.14 \cdot 16 \cdot 0.9}{2} = 22.6 \text{ мм}^3.$$

Т.к. полость между кремниевой мембраной и разделительной металлической гофрированной мембраной заполнена несжимаемой жидкостью, то прогиб центра разделительной металлической гофрированной мембраны под

воздействием номинального эффективного давления может быть найден из равенства вытесняемых объемов обеими мембранами

$$W_B^{НОМ}(0) = \frac{2 \cdot V}{\pi \cdot R_a^2}, (1.9)$$

где R_a - радиус разделительной металлической гофрированной мембраны (выбирается из анализа исходных данных, а именно габаритных размеров датчика). Для нашего случая примем $R_a=7,5$ мм.

$$W_B^{НОМ} = \frac{2 * 22.6}{3.14 * 7.5^2} = 0.256 \text{ мм.}$$

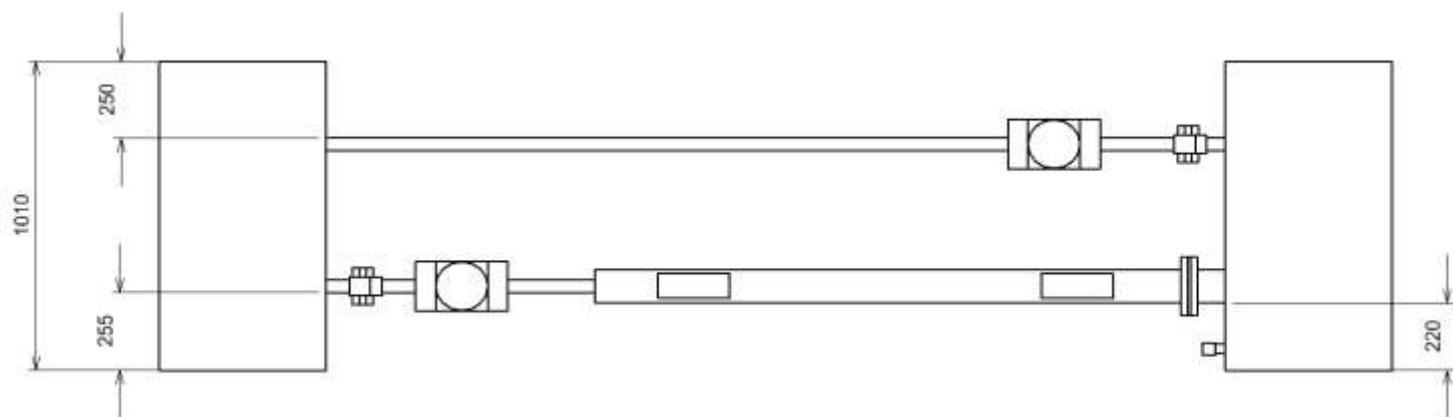
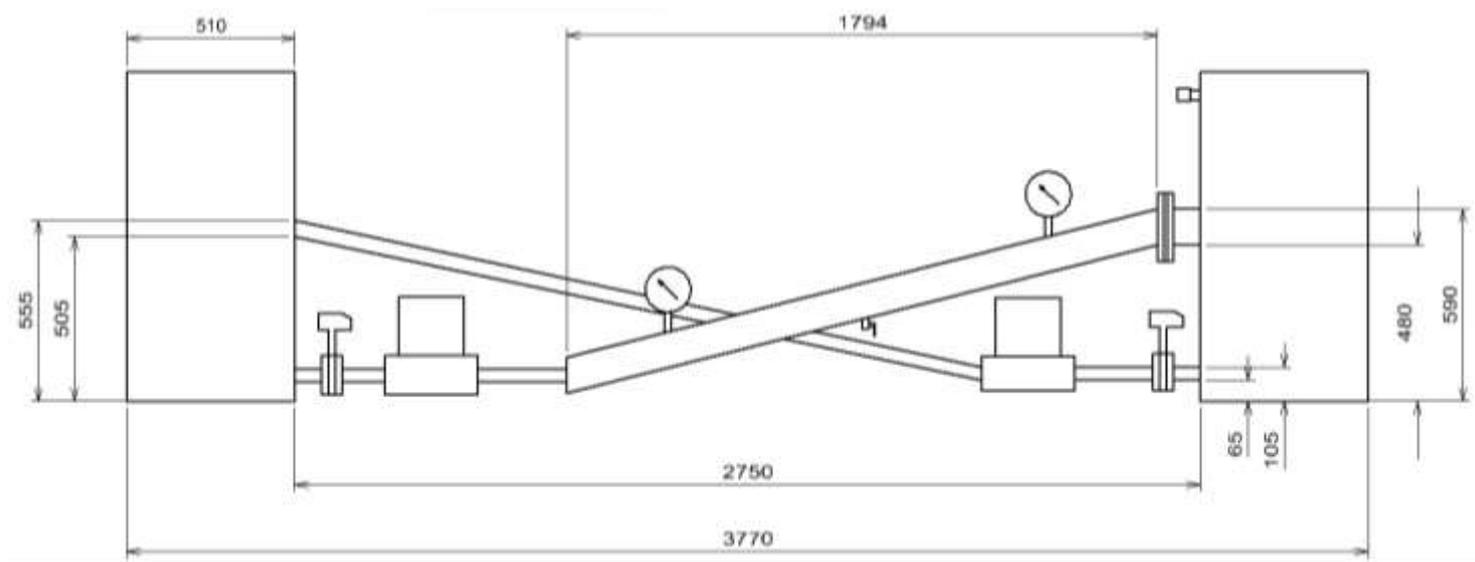
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был изучен метод измерения изменения давления во времени, обоснован выбор составляющих устройства. Был предложен способ улучшения, в частности рассчитан упругий элемент дифференциального датчика давления, контролирующего изменение давления в трубопроводе, устанавливаемого в одном сечении трубы, измеряющего давление в заданном диапазоне с заданной точностью.

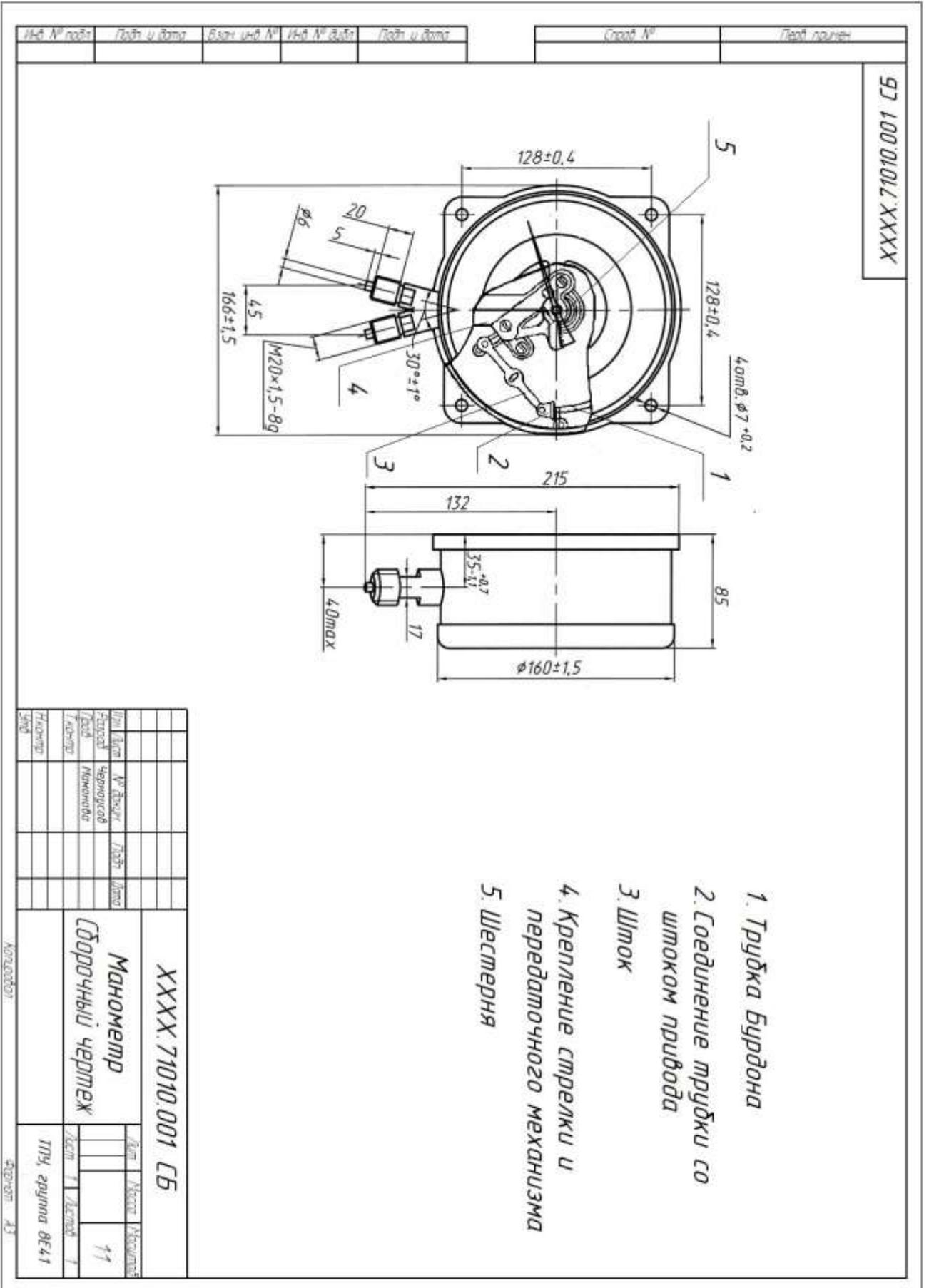
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамонова Т.Е. Методы диагностики линейной части нефтепроводов для обнаружения утечек // Проблемы информатики. – 2012. – Спецвыпуск. – С. 103–112.
2. Степанченко Т.Е., Шкляр В.Н. Разработка и исследование алгоритмов обнаружения утечек в магистральных трубопроводах на основе их гидродинамических моделей // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 7. – С. 70–73.
3. Лурье М.В., Макаров П.С. Гидравлическая локация утечек нефтепродуктов на участке трубопровода // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 1998. – № 12. – С. 65–69.
4. Способ измерения изменения давления в нефтепроводе транспортировки жидкости и устройство для его осуществления: пат. No 2426080. Рос. Федерация. No 2010117477/28; заявл. 30.04.2010; опубл. 10.08.2011, Бюл. No 22. – 5 с.
5. Барбашов Е.Д., Коняхин А.Н. Результаты испытаний параметрической системы обнаружения утечек // Комплексные решения в автоматизации для динамичного развития нефтегазовой отрасли: Материалы II научно—практич. конф. — Томск: Изд—во Томского ун—та, 2002. - 065—69; Система обнаружения утечек LeakNet компании EFA, Inc. — Рекламный проспект.
6. Гольянов А.А. Анализ методов обнаружения утечек на трубопроводах // Транспорт и хранение нефтепродуктов. — 2002. — №10. — С.5-14.

ПРИЛОЖЕНИЕ А



ПРИЛОЖЕНИЕ Б



ПРИЛОЖЕНИЕ В

97 000 01010.000 XXXX

Инд № катуш	Лист и дана	Эскиз инд №	Инд № катуш	Лист и дана
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Групп №	Лист номер
---------	------------

1. Катушка индуктивности
2. Диафрагма
3. Контролируемый участок входного соединения
4. Ферромагнитный сердечник

Размер, мм	AR-2W1212		AR-2W1215		AR-2W1220		AR-2W1225	
	диуны	сталь	диуны	сталь	диуны	сталь	диуны	сталь
А	118	122	118	122	125	130	138	138
В	58	55	58	55	55	55	72	72
С	67	69	67	69	69	72	98	98
Д	12	13	12	13	17	15	19	19
Вс. кг	0,85	0,80	0,91	0,95	0,99	0,99	1,475	1,30

Инд № катуш	№ докум	Лист	Всего листов
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		
Инд № катуш	Чертеж		

XXXX.71010.000 СБ Соленоид Сборочный чертеж	Лист 1 Всего 1
---	-------------------

Автомат
Формат А3

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данном разделе дипломной работы подняты вопросы, касающиеся социальной ответственности при разработке и эксплуатации обучающего стенда «трубопровод».

Объектом работы является создание дифференциального датчика давления для стенда «трубопровод». Стенд состоит из датчиков давления, насосов, поворотных затворов. Рабочим местом является аудитория 119б 10-го корпуса ТПУ. В аудитории рабочей зоной является место за персональным компьютером. Основным оборудованием, на котором производится работа, является ПК.

При работе с данным оборудованием не исключаются вредные факторы. К вредным производственным факторам относят: производственный шум, освещение и нервно-психические перегрузки. К опасным факторам относят: пожаробезопасность, электробезопасность установки. Кроме этого, раздел будет содержать требования и мероприятия к организации рабочего места.

5.1 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

5.1.1 Анализ вредных факторов

5.1.1.1 Шум

Производственным шумом называют совокупность различных шумов, возникающих во время производства и неблагоприятно воздействующих на организм рабочего. Шум является одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды, воздействие которого на работающих сопровождается развитием у них преждевременного утомления, снижения производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также травматизма

Источниками шума являются насосы и, поворотные затворы с электроприводом. ГОСТ 12.1.003-2014 регламентирует максимальный уровень звукового давления при работе, устанавливая допустимые уровни шума на рабочих местах, машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования. Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование. Допустимые уровни звукового давления в помещениях для персонала, занятого этой деятельностью, приведены в СН 2.2.4/2.1.8.562–96, следовательно, эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 75 дБА. Значения ПДУ звукового давления согласно этим документам представлены в таблице 1.

Таблица 1. Предельные допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Используемые в стенде насосы не превышают номинальную мощность 1,0 кВт. ГОСТ 16921-83 регламентирует уровень шума для двигателей класса 1 (двигатели постоянного и переменного тока общепромышленного производства) номинальной мощностью до 1,1 кВт и скоростью вращения от 1320 об/мин до 1900 об/мин не выше 71 дБА, что соответствует нормам. В случае необходимости понижения уровня шума следует воспользоваться средствами индивидуальной защиты (противошумными шлемофонами, наушниками, вкладышами), снизить шум в источнике (улучшение конструкции) и использовать средства коллективной защиты (изменение направленности излучения шума, рациональную планировку, применение звукоизоляции).

5.1.1.2 Освещение

Естественное и искусственное освещение рабочего места оказывает влияние на физическое состояние и на работу сотрудника. Не надлежащее качество освещения ведет к ухудшению зрения работника.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, на поверхности рабочего стола освещенность пользователя ПЭВМ должна быть 300 – 500 лк. При освещении блики должны отсутствовать на поверхности экрана. Поверхность экрана должна быть до 300 лк.

Существуют общие требования и рекомендации к организации освещения на рабочем месте:

- Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения.
- Рабочие места следует размещать таким образом, чтобы естественный свет падал преимущественно слева, а дисплеи монитора были ориентированы боковой стороной к световым проемам.

Соблюдение данных мер позволит сохранить зрение работника и избежать пагубного воздействия на глаза.

Для соответствия общим требованиям и рекомендациям к организации освещения на рабочем месте необходимо реорганизовать рабочее место (повернуть на 180 °)

5.1.1.3 Психофизические факторы

Работа инженера-разработчика является умственным трудом, иногда монотонным, при котором приходится почти все время сидеть в одной и той же позе, печатая и обрабатывая большие объемы информации. Всё это может привести к умственному перенапряжению, зрительному утомлению, головной боли и боли в мышцах и суставах, снижению концентрации и работоспособности. Постоянные недомогания могут перерасти в

профессиональные заболевания, которые могут касаться анализаторов, в том числе и зрительных, мышц спины и шеи, позвоночника, мышц, суставов и сухожилий кисти и других. Длительная концентрация на изображении дисплея, приводит к неподвижности глаз, редкому морганию, которые в свою очередь приводят к зрительному переутомлению: сухости и жжению в глазах, боли при движении глаз, размытости видимого изображения. Постоянное печатание приводит к болям кисти, сгибание шеи – к остеохондрозу, неправильная осанка или неудобно посадочное место к сколиозу.

Для того чтобы избежать перегрузок осуществляется ряд мер по защите от психофизиологических факторов. Соблюдение мер по защите от опасных и вредных физических и химических факторов, обеспечивает не только безопасные, но и комфортные и благоприятные условия труда. В зависимости от уровня нагрузки установлена продолжительность рабочего дня, а также длительность перерывов. При 8-часовом рабочем дне при работе, которая проводится сидя и не требует физического напряжения, каждые 50 минут работы делаются перерывы на 10-15 минут и проводится разминку для тела и упражнения для глаз. Так как все меры по защите от опасных и вредных факторов соблюдены, можно сказать, что рабочее место соответствует требованиям.

Нервно-психические нагрузки, называемые еще напряженностью труда, являются факторами трудового процесса и входят составной частью вместе с физическими перегрузками (тяжесть труда) в понятие психофизиологических вредных производственных факторов.

Они характеризуются как фактор трудового или нетрудового процесса, который отражает нагрузку преимущественно на центральную нервную систему, органы чувств, эмоциональную сферу человека. В связи с этим напряженность функций организма возникает под влиянием интеллектуальной, сенсорной (на органы чувств), эмоциональной нагрузок, монотонности нагрузок, нерационального режима работы. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки - указывает, в какой мере

работник может влиять на результат собственного труда при различных уровнях сложности осуществляемой деятельности. С возрастанием сложности повышается степень ответственности, поскольку ошибочные действия приводят к дополнительным усилиям со стороны работника или целого коллектива, что соответственно приводит к увеличению эмоционального напряжения.

Для уменьшения влияния психофизических факторов необходимо ограничить информацию, поступающую к работнику. Это достигается путем рациональной эргономической конструкции пультов и щитов управления, упорядочения качества информации, идущей из внешней среды, надежной изоляцией работника от внешних опасностей.

Так же целесообразна организация специальных комнат для психологической разгрузки прямо на производстве. Их размещают на расстоянии не более 75-100 м от рабочих мест. Условия комфорта — нормальный микроклимат, отсутствие в воздухе пыли, химических веществ, шума, вибрации и других вредных производственных факторов — непереносимое условие для этих комнат. Такие помещения должны включать гардероб, зал с сидениями самолетного типа, туалетную комнату. Стены, потолок и пол должны быть окрашены в спокойные тона. Продолжительность сеанса психологической разгрузки — 15-20 минут, для его проведения используют специально подобранную музыку, световые эффекты.

5.1.1.4 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей (ГОСТ 12.1.005 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны"). Требования этого государственного стандарта установлены для рабочих зон — пространств высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного и временного пребывания работающих. Постоянным считают рабочее место, на котором человек находится более 50 %

рабочего времени (или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

ГОСТ 12.1.005 установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

При длительном и систематическом пребывании человека в оптимальных микроклиматических условиях сохраняется нормальное функциональное и тепловое состояние организма без напряжения механизмов терморегуляции. При этом ощущается тепловой комфорт (состояние удовлетворения внешней средой), обеспечивается высокий уровень работоспособности. Исходя из Таблицы 1 разработку системы управления можно отнести к Легкой Ia, так как нет значительные физических напряжений. Следовательно, необходимо обеспечить показатели микроклимата, приведенные в Таблице 2 в 119б аудитории.

Оптимальные климатические показатели приведены в Таблице 2.

Таблица 2.

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	22-24	18-25	40-60	15-75	0.1	Не более 0.1
Теплый	23-25	20-28	40-60	40-60	0.1	0.1-0.2

Для обеспечения нужных показателей микроклимата проведен ряд мероприятий:

- рациональная организация системы отопления и вентиляции (воздушный душ, кондиционирование воздуха);
- рационализация режима труда и отдыха (введение регламентированных перерывов, оборудование комнаты отдыха);
- внедрение системы местного кондиционирования воздуха

5.1.2 Анализ опасных факторов

5.1.2.1 Механическая опасность

Механические опасности – опасности, способные причинить травму в результате контакта объекта или его частей с человеком. Такой контакт возможен при выполнении технологических операций или случайном нахождении человека в опасной зоне (пространство, в котором возможно проявление опасностей). Размеры опасной зоны могут быть постоянными (зона между вальцами, ремнем и шкивом) и переменными (зона резания при изменении режима и характера обработки).

К механическим опасностям относят:

- движущиеся машины, механизмы и их части, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- острые кромки, заусенцы, шероховатость поверхности;
- разрушающиеся конструкции, обрушающиеся горные породы;
- расположение рабочего места на значительной высоте;
- повышенная запыленность воздуха;
- горячие и скользкие поверхности.

В зависимости от возможности защиты человека в условиях взаимодействия его с потенциально опасными объектами можно рассматривать два основных метода:

- 1) обеспечение недоступности к опасно действующим частям машин и оборудования;
- 2) применение приспособлений, непосредственно защищающих человека от опасного производственного фактора.

Во время эксплуатации двигатель недоступен для пользователя. Поэтому этот опасный фактор исключен. Средства индивидуальной защиты:

1. Перчатки
2. Защитная одежда

Средства коллективной защиты:

1. Обеспечение недоступности опасной зоны

2. Оградительные устройства, например защитные кожухи (стационарные, съемные, переносные, частичные, могут быть сплошными и сетчатыми)

5.1.3 Экологическая безопасность

5.1.3.1 Анализ воздействия на литосферу

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести, в первую очередь, это бумажные отходы – макулатура, пластиковые отходы, неисправные детали персональных компьютеров и других видов ЭВМ. Бумажные отходы рекомендуется накапливать и передавать их в пункты приема макулатуры для дальнейшей переработки. Пластиковые бутылки складывать в специально предназначенные контейнеры. Неисправные комплектующие персональных компьютеров и других ЭВМ, а также люминесцентные лампы сдавать компаниям, занимающимся переработкой отходов.

Мероприятия по защите окружающей среды:

- В офисной среде необходимо использовать системы электронного документооборота. Это поможет избежать излишнего потребления бумаги, чернил и, соответственно, их утилизации.
- Вышедшие из строя детали компьютеров и других технических приборов следует отправлять на утилизацию в специальные фирмы, имеющих лицензию.
- Необходимо выключать приборы и установки после работы с ними, чтобы уменьшить потребление электроэнергии, а также исключить влияние вредных и опасных факторов, связанных с прибором (установкой).

5.1.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одной из самой опасной чрезвычайной ситуации техногенного характера, которая может возникнуть при разработке системы управления является пожар.

К обеспечением условий труда работников, необходимо:

1. утвердить службу, помогающую организовать работу по обеспечению пожарной безопасности на производстве;

2. провести подробный инструктаж для сотрудников. чтобы они усвоили правила пожарной безопасности;
3. соблюдать правила пожарной безопасности;
4. разделить обязанности между работниками и руководителем;
5. обеспечить помещения предприятия средствами тушения возгораний. а также системами предупреждения пожара.

К мероприятиям по пожарной безопасности относятся:

1. все противопожарные системы и установки с автоматическим управлением (противопожарные сигнализации, механические двери, системы подачи воды и т.д.) необходимо содержать в исправности, регулярно проводить проверки, ремонт и замену по необходимости;
2. специальные наружные пожарные лестницы и защитные ограждения на крыше должны проверяться специалистами как минимум два раза в год
3. в каждом помещении должны на видных местах располагаться информационные таблички с указанным на них номером службы спасения;
4. после каждой рабочей смены помещения и оборудование необходимо осматривать, проверять, убирать и чистить. Необходимо отключать от электросети аппараты (исключение составляют те, которые должны работать по назначению круглые сутки);
5. следить за правильностью применения и выбора кабелей, проводов, двигателей, светильников и другого электрооборудования в зависимости от класса взрывоопасных помещений и условий среды.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации. План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002. Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных

местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара. План эвакуации людей при пожаре из аудитории №119б 10-го корпуса НИ ТПУ, представлен на рисунке 1.

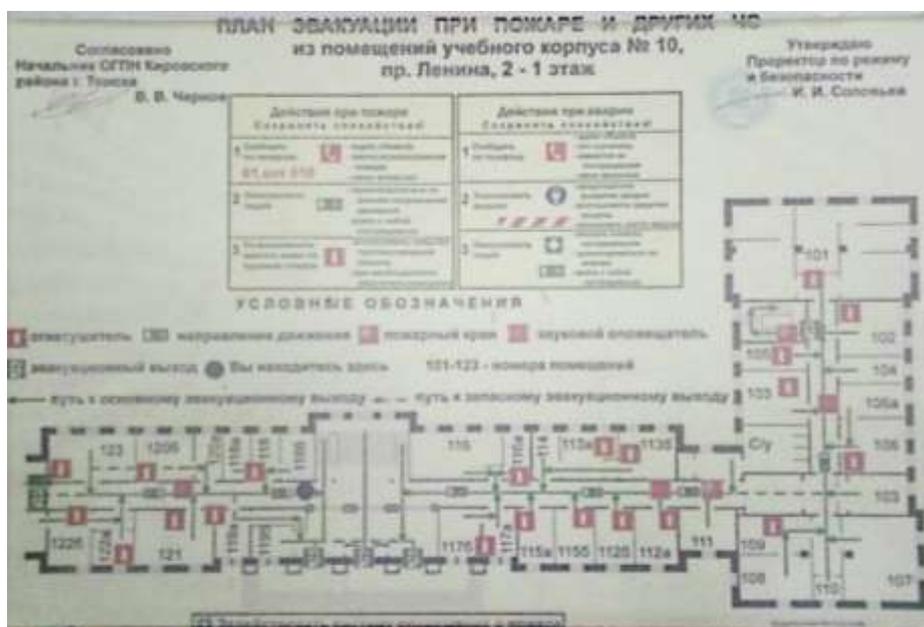


Рисунок 1 – План пожарной эвакуации

При возникновении ЧС необходимо немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию и должность); дать сигнал тревоги добровольной пожарной дружине, сообщить руководителю (научному руководителю, начальнику лаборатории или его заместителю о пожаре); принять меры по организации эвакуации людей (эвакуацию начинать из помещения, где возник пожар, а также из помещений, которым угрожает опасность распространения огня и дыма; одновременно с эвакуацией людей, приступить к тушению пожара своими силами и имеющимися средствами пожаротушения (огнетушители, вода, песок и т.п.). Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

5.1.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочее место должно быть организовано с учетом ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”.

При проектировании оборудования следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин.

Конструкция регулируемого кресла оператора должна соответствовать требованиям ГОСТ 21889-76.

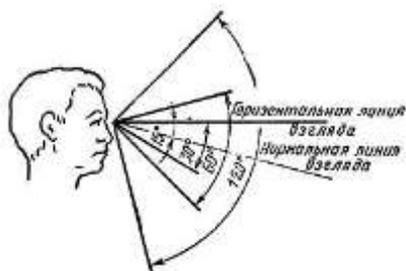


Рисунок 2 – Область зрения

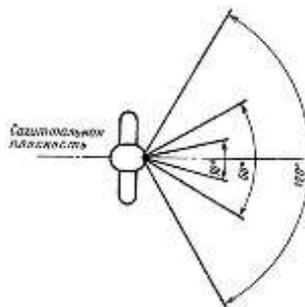


Рисунок 3 – Сагиттальная плоскость

5.1.6 Вывод

Проанализировав все пункты социальной, производственной и экологической безопасности, можно прийти к выводу, что разработка датчика дифференциального типа измерения давления не отвечает некоторым требованиям производственной безопасности, а именно: освещение, механическая опасность. Во избежание травм во время проектирования и производства необходимо использовать СИЗ, а также принять ряд мероприятий для уменьшения или нейтрализации опасных факторов. С точки зрения экологической безопасности, данная разработка не несет вреда для атмосферы и гидросферы. При неправильной утилизации компонентов системы возможен вред для литосферы. Для предотвращения ЧС необходимо придерживаться стандартных требований к пожарной безопасности, а также знать план эвакуации. Мероприятия по организации рабочего места заключается в правильном расположении средств отображения информации и подбор места с учетом антропометрических показателей разработчика.

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Цель экономического раздела - провести детальный анализ проекта по критериям конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Оценить перспективность проекта, определить трудоемкость и график работ, а также рассчитать интегральный показатель ресурсоэффективности.

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе ВКР были проведены исследования для получения оценки потребности рынка в дифференциальном датчике давления с мембранным преобразователем.

Для того, чтобы определить потенциальных потребителей, необходимо определить **целевой рынок** и произвести его сегментирование.

Целевым рынком являются нефтегазодобывающие станции.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для определения и детекции утечек в нефтепроводе используются датчики давления, как абсолютные, так и дифференциальные. По способу установки различают дифференциальные датчики давления, устанавливаемые в двух разных сечениях трубы и устанавливаемые в одном, к коим и относится наша разработка.

Для передачи измеренной разности давления в удобном для восприятия виде на панель управления используются преобразователи давления, или чувствительные элементы. В аналоговых образцах используются пружины с

трибко-секторным механизмами. В цифровых – мембраны с тензорезисторными преобразователями.

Проект основан на разработке датчика с трибко-секторным механизмом. Такие датчики уже есть в продаже. Самые популярные производят зарубежные компании. К числу недостатков можно низкую точность измерений и неудобность считывания информации, не говоря об отсутствии обратной связи. Однако эти датчики имеют низкую себестоимость и применяются в учебных стендах.

В рамках проводимой работы необходимо спроектировать датчик, который устанавливается в едином сечении трубы, имея при этом достаточную точность для проведения лабораторных работ.

Проведем анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты. Такой анализ нужно проводить периодически из-за того, что постоянно появляются новые технологии и рынок растет.

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

Таблица 1

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэффективность	0,05	5	4	3	0,25	0,20	0,15
2. Удобство в эксплуатации	0,09	5	5	3	0,45	0,45	0,27
3. Помехоустойчивость	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,20
4. Ремонтопригодность	0,08	4	5	3	0,32	0,40	0,24
5. Надежность	0,07	4	4	5	0,28	0,28	0,35
6. Мобильность	0,16	5	5	1	0,80	0,80	0,16
7. Безопасность	0,16	4	4	5	0,64	0,64	0,80
8. Легкость установки	0,06	5	1	4	0,30	0,06	0,24
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,09	4	3	5	0,36	0,27	0,45
10. Точность	0,08	3	2	5	0,24	0,16	0,40
Экономические критерии оценки эффективности							

11. Цена	0,12	5	3	1	0,60	0,30	0,12
Итого	1	48	40	37	4,40	3,72	3,38

Где B_{ϕ} - разрабатываемый датчик, $B_{к1}$ - датчик зарубежной компании, $B_{к2}$ - датчик российской компании.

Конкурентоспособность рассчитываем по формуле :

$$K = \sum B_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Преимущество перед конкурентами: низкая цена, мобильность, энергоэффективность, модульность. Конкуренты выигрывают функциональностью, надежностью, безопасностью. Но цена на конкурентный продукт очень высока. Для понижения стоимости разрабатываемого продукта применены другие технологии для достижения сходной цели.

6.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) это инструмент измерения характеристик, который описывает качество новой разработки, а также ее перспективность на рынке. Технология позволяет принимать решение о целесообразности вложения капитала в НИР. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов. Оценочная карта представлена в таблице 5.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,05	80	100	0,80	0,04
2. Помехоустойчивость	0,04	60	100	0,60	0,024
3. Надежность	0,07	80	100	0,80	0,056
4. Мобильность	0,16	100	100	1,00	0,16

5. Легкость установки	0,06	100	100	1,00	0,06
6. Безопасность	0,16	70	100	0,70	0,16
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,09	80	100	0,80	0,072
8. Простота эксплуатации	0,09	100	100	1,00	0,09
9. Точность	0,08	60	100	0,60	0,048
10. Ремонтопригодность	0,08	60	100	0,60	0,048
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
11. Перспективность рынка	0,05	100	100	1,00	0,05
12. Цена	0,07	100	100	1,00	0,07
Итого	1			9,9	0,878

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum P_i * 100 = 0.878 * 100 = 87,8$$

где

$P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки;

P – средневзвешенное значение показателя.

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

Из таблицы можно сделать вывод, что разработку можно считать перспективной.

6.1.4 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Такой анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Составим матрицу SWOT:

Таблица 3

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Невысокая стоимость. С2. Мобильность. С3. Функциональность С4. Простота установки</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие финансирования Сл3. Невысокая надежность Сл4. Отсутствие репутации на рынке</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Повышение качества и точности определения утечек В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p>	<p>При использовании инфраструктуры ТПУ можно снизить стоимость проекта. При невысокой стоимости и хорошей функциональности датчика увеличится спрос.</p>	<p>Появление дополнительного спроса на рынке может способствовать финансированию проекта. Проводя исследования на базе ТПУ можно разработать прототип и получить известность на рынке</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Низкая скорость изготовления У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Невысокая цена и хорошая функциональность способствуют повышению спроса. Невысокая скорость изготовления исходит из персонализированности девайса (конкретный учебный стенд).</p>	<p>Необходимо разработать прототип и пройти сертификацию для того, чтобы выйти на рынок и заполучить репутацию.</p>

6.1.5 Морфологический анализ

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, которые вытекают из закономерностей объекта исследования. Анализ охватывает все возможные варианты. Путем комбинирования вариантов можно получить большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. Составим таблицу, в которой будут отражены возможные варианты исполнения по различным проблемам разработки.

Таблица 4

Характеристика	1	2
УЧЭ	Мембрана	Пружина
Крепеж	Одно сечение	Разные сечения
Обратная связь	Передача на SCADA	Непосредственное снятие показателей

Пружина позволит снизить стоимость конечного продукта и обеспечить достаточную функциональность.

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения проекта оценивается в человеко-часах и зависит от множества факторов, которые сложно учесть при разработке. Для реализации проекта необходимо 3 исполнителя – научный руководитель (НР), студент (С), оператор 3D печати (О). Этапы работы проекта представлены в таблице 5.

Таблица 5

Основные этапы	№ этапа	Содержание работ	Исполнитель
Разработка задания	1	Постановка задачи	НР
Выбор направления исследования	2	Обзор научно-технической базы	НР, С
	3	Разработка и утверждение ТЗ	НР, С
	4	Составление календаря проекта	С
	5	Разработка вариантов исполнения проекта	НР, С
Теоретические исследования	6	Эскизирование	С
	7	Проектирование соленоидного клапана	С
	8	Проектирование схемы подключения	С
	9	Разработка УЧЭ	С
	10	Разработка функциональной схемы устройства, подбор компонентов	НР, С
	11	Разработка алгоритма работы	С
	12	Разработка математической модели.	С

	13	Разработка чертежей корпуса	С
Экспериментальные исследования	14	Изготовление УЧЭ	С
	15	Печать корпуса	О
	16	Сборка прототипа	С
Оформление отчета по НИР	17	Составление пояснительной записки	С

6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основная часть стоимости разработки зачастую приходится на заработную плату исполнителей, поэтому важно определить трудоемкость каждого из участников. Ожидаемая трудоемкость находится по формуле

$$t_{ожі} = \frac{3 * t_{\min i} + 2 * t_{\max i}}{5}$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$t_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

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

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой. Для примера произведём расчёт первого этапа работы руководителя:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

где t_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; t_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{t_{\text{кал}}}{t_{\text{кал}} - t_{\text{вых}} - t_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 16} = 1,5$$

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

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

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

В таблице находятся расчеты этапов отдельных видов работ

Таблица 7 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях t_{pi}	Длительность работ в календарных днях t_{ki}		
	t_{min} чел-дни		t_{max} чел-дни		$t_{\text{ож}}$ чел-дни					
	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель	Одновременное выполнение работ		Одновременное выполнение работ	
							Студент	Научный руководитель	Студент	Научный руководитель
Постановка задачи	5	3	8	6	6,2	4,2	3,1	2,1	5	1
Обзор научно-технической базы	7	2	12	4	9	2,8	4,5	1,4	7	3
Разработка и утверждение ТЗ	7	1	12	2	9	1,4	4,5	0,7	7	2
Составление календаря проекта	3	0	5	0	3,8	0	3,8	0	6	0
Разработка вариантов	9	4	16	7	11,8	5,2	5,9	2,6	8	4

исполнения проекта										
Эскизирование	3	0	8	0	5	0	5	0	8	0
Проектирование соленоидного клапана	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	15	0
Проектирование схемы подключения	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	13	0
Проектирование чувствительного элемента	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	7	0
Разработка функциональной схемы устройства	6	4	14	8	9,2	5,6	4,6	2,8	7	5
Разработка алгоритма работы	5	0	10	0	7	0	7	0	11	0
Разработка математической модели	10	5	14	8	11,6	6,2	5,8	3,1	9	5
Разработка чертежей корпуса	5	0	8	0	6,2	0	6,2	0	10	0
Изготовление УЧЭ	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	13	0
Печать корпуса	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сборка прототипа	3	3	8	8	5	5	2,5	2,5	4	4
Составление пояснительной записки	7	0	10	0	8,2	0	8,2	0	7	0
Итого									137	24

Печать корпуса производится сторонней фирмой. Печать длится от 2 до 7 дней. Ожидаемо – 4 рабочих дня или 6 календарных. Процесс печати происходит одновременно с этапом сборки прототипа и не учитывается в расчете общего работы.

6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 7 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней каждой работы.

Таблица 8 Календарный план-график проведения НИОКР

№ этапа	Этап	Исполнитель	T _{кi}	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
1	Постановка задачи	НР	1														
		С	5														
2	Обзор научно-технической базы	НР	3														
		С	7														
3	Разработка и утверждение ТЗ	НР	2														
		С	7														
4	Составление календаря проекта	С	6														
5	Разработка вариантов исполнения проекта	НР	4														
		С	8														
6	Эскизирование	С	8														
7	Проектирование соленоидного клапана	С	15														
8	Проектирование схемы подключения	С	13														
9	Проектирование чувствительного элемента	С	7														
10	Разработка функциональной схемы устройства	НР	5														
		С	7														
11	Разработка алгоритма работы	С	11														
12	Разработка математической модели	НР	5														
		С	9														
13	Разработка чертежей корпуса	С	10														
14	Изготовление УЧЭ	С	13														
15	Печать корпуса	О	6														
16	Сборка прототипа	НР	4														
		С	4														
17	Составление пояснительной записки	С	7														

6.3 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением

проекта. В процессе формирования бюджета разработки используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты разработки;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

6.3.1 Расчет материальных затрат

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой:

$$Z_m = (1 + k_t) * \sum_{i=1}^m \Pi_i * N_{расхи}$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Для разработки данного научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: ПК, пружины, трибко-секторный механизм, отсечные клапаны, соленоиды и другие компоненты.

Таблица 9 Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена
ПК	Шт.	1	25000
Канцелярский набор	Шт.	1	200
Трибко-секторный механизм	Шт.	2	4900
Набор инструментов	Шт.	1	1000
Пружины	Шт.	4	1500
Соленоид	Шт.	2	3300
Отсечной клапан	Шт.	1	1000
Изолента	Шт.	1	30
Итого			

6.3.2 Основная заработная плата исполнителям темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату. Она рассчитывается по формуле

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя; при отпуске в 72 раб. дней $M=9,6$.

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

Таблица 10 *Баланс рабочего времени*

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	120	120
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	197	173

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 11

Таблица 11 *Расчет основной заработной платы*

Исполнители	Разряд	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$	$Z_{\text{осн}}$, руб.
-------------	--------	------------------------	-----------------	----------------	----------------	-----------------------	------------------------	----------------	-------------------------

								раб. дн.	
Руководитель	1	9489	0,3	0,2	1,3	18503,55	976,83	24	23443,92
Студент		1854	0	0	1,3	2410,2	130,95	137	17940,15
Итого $Z_{осн}$									=41384,07

6.3.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством. Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле :

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}$$

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

$k_{доп}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 12.

Таблица 12 *Затраты на дополнительную заработную плату*

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициента дополнительной заработной платы ($k_{доп}$)	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	23443,92	0,12	2813,27
Студент	17940,15	0,12	2152,82
Итого:			4966,09

6.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп})$$

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

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58

закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 13

Таблица 13 *Отчисления во внебюджетные фонды*

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	23443,92	2813,27
Студент	17940,15	2152,82
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	
Итого		
Руководитель	7115,70	
Студент	5445,20	
Итого	12560,90	

6.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{нак}} = \sum \text{Ст} * k_{\text{нр}}$$

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

Ст – затраты по статьям накладных расходов

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 5%.

$$Z_{\text{нак}} = (12560,9 + 26443,92 + 20092,97 + ?) * 0.16 =$$

6.3.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками)

В данном проекте есть необходимость в стороннем подрядчике. Который выполнить печать корпуса на 3D принтере. Затраты на данную услугу составят ???

6.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма (руб.)
1. Материальные затраты НИИ	
2. Затраты на заработную плату научному руководителю	26443,92
3. Затраты на заработную плату студенту	20092,97
4. Затраты на отчисления во внебюджетный фонд	12560,90
5. Накладные расходы	
Бюджет затрат НИИ	

ТПУ частично финансирует проект, предоставляя лабораторию для работы, ПК, инструменты, заработную плату и иных ресурсов.

6.3.8 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности ресурсов

В результате исследования были определены затраты на проект по разработке датчика для лабораторного стенда. Бюджет составляет (где-то 40 тыс). Для получения логически завершенного прототипа необходимо использовать иной УЧЭ, с возможностью обеспечения обратной связи для использования SCADA. В этом случае бюджет будет около 100 – 120 тыс. Однако в этом случае, разрабатываемый датчик сможет составить конкуренцию на рынке.