

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**  
 Отделение **электронной инженерии**

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Энкодерный манометр</b>

УДК 681.586.728:531.787

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1AM92	Пищанская Маргарита Игоревна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОЭИ	Иванова В.С.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев А.А.	—		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Наталинова Н.М.	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭИ	А.И. Солдатов	Д.Т.Н.		

## Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У) – 1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У) – 2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У) – 3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У) – 4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У) – 5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У) – 6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У) – 1	Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора
ОПК(У) – 2	Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы
ОПК(У) – 3	Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач
ОПК(У) – 4	Способен разрабатывать и применять специализированное программно – математическое обеспечение для проведения исследований и решения инженерных задач
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У) – 1	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач
ПК(У) – 2	Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию
ПК(У) – 3	Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно – измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени

ПК(У) – 4	Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов
ПК(У) – 5	Способен делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения
ПК(У) – 6	Способен анализировать состояние научно – технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников
ПК(У) – 7	Готов определять цели, осуществлять постановку задач проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения, подготавливать технические задания на выполнение проектных работ
ПК(У) – 8	Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований
ПК(У) – 9	Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями
ПК(У) – 10	Способен организовывать работу коллективов исполнителей проводить технико-экономический и функционально-стоимостной анализ рыночной эффективности создаваемого продукта
ПК(У) – 11	Способен проводить лабораторные и практические занятия со студентами бакалавриата
ПК(У) – 12	Способен овладевать навыками разработки учебно-методических материалов для студентов по отдельным видам учебных занятий
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК (У) – 1	Способен проектировать цифровые электронные системы обработки и анализа сигналов систем автоматизации, управления, контроля, диагностики и испытаний технологических процессов и производств общепромышленного и специального назначения для различных отраслей национального хозяйства.

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**  
 Отделение **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ А.И. Солдатов  
 (Подпись)     (Дата)     (Ф.И.О.)

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

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
1AM92	Пищанской Маргарите Игоревне

Тема работы:

Энкодерный манометр	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28-29/с от 28.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объектом проектирования является печатный узел манометра с энкодерным преобразователем. Цель исследования – проектирование, сборка и испытание печатного узла, изучение статических характеристик чувствительного элемента пружинного манометра с помощью печатного узла, калибровка цифровых значений по 2 точкам. Ожидаемые результаты: макет печатного узла с энкодерным преобразователем соответствующий выданному техническому заданию:</i></p>
---	--

<i>1. Данные о калибруемом приборе</i>	
<i>Основные сведения</i>	<i>Пружинный показывающий манометр в корпусе МПЗА-Кс с круговым исполнением шкалы</i>
<i>КТ, %</i>	<i>1,5</i>
<i>ВПИ, кгс/см<sup>2</sup></i>	<i>16</i>
<i>2. Конструкционные требования к печатному узлу</i>	
<i>Способ получения информации о значении давления</i>	<i>Бесконтактное измерение угла поворота СИ ЭП</i>
<i>ГР ПП: диаметр/глубина, мм</i>	<i>88/10</i>
<i>ГР ЦИ: ширина/высота/глубина, мм</i>	<i>60/35/14</i>
<i>Температура эксплуатации, С°</i>	<i>От минус 20 до плюс 60</i>
<i>3. Функциональные требования к печатному узлу</i>	
<i>Носители информации</i>	<i>1. Токовая петля (4-20) мА 2.ЦИ 3. Стрелочный циферблат 4. Светодиодные индикаторы и коммутационные выходы согласно 2 уставкам</i>
<i>4. Электрические требования к печатному узлу</i>	
<i>Напряжение питания, В</i>	<i>24</i>
<i>Потребляемая мощность, В·А</i>	<i>&lt;3,5</i>
<i>Тип микроконтроллера</i>	<i>AVR</i>
<i>Тип коммутирующего устройства</i>	<i>ЭМР, моностабильное</i>
<i>Исполнение устройств коммутации</i>	<i>III, IV, V, VI</i>
<i>VDC/VAC, В</i>	<i>До 100</i>
<i>I, А</i>	<i>До 2</i>

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Обзор предметной области. Изучение объекта и методов исследования. Теоретическая проработка функционала, подбор компонентов. Разработка электрической схемы принципиальной, расчет необходимых цепей. Создание макета печатного узла. Разработка программного обеспечения для работы функций печатного узла. Проведение исследований работы макета с калибровкой по 2 точкам.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Схема электрическая принципиальная ФЮРА.469545.001 ЭЗ со спецификацией.</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>Маланина В.А., к.э.н., доцент ОСГН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Федорчук Ю.М., д.т.н., профессор ООД</p>
<p>Раздел на иностранном языке</p>	<p>Сидоренко Т.В., к.п.н., доцент ОИЯ</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>1 Обзор предметной области</p>	

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

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		
старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев А.А.	—		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ92	Пищанская Маргарита Игоревна		

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

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**  
 Направление подготовки **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
 Уровень образования **магистратура**  
 Отделение **электронной инженерии**  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

**магистерская диссертация**

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: \_\_\_\_\_

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2021	<i>Раздел 1. Обзор предметной области</i>	15
02.03.2021	<i>Раздел 2. Объект и методы исследования</i>	15
20.05.2021	<i>Раздел 3. Расчеты и аналитика</i>	20
25.05.2021	<i>Раздел 4. Результаты проведенного исследования</i>	25
02.06.2021	<i>Раздел 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
03.06.2021	<i>Раздел 6. Социальная ответственность</i>	10
04.06.2021	<i>Оформление ВКР и представление работы рецензенту</i>	5

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		

**Консультант**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ОЭИ	Коломейцев А.А.	—		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОЭИ	Солдатов А.И.	д.т.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1АМ92	Пищанской Маргарите Игоревне

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
Уровень образования	магистратура	Направление	11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально – технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на сырье, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование, основную и дополнительную заработную платы исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322 – 83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541 – 99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. Налоговый кодекс Российской Федерации 2. ФЗ №212 от 24.07.2009 в ред. от 19.12.2016

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение потенциальных потребителей результатов исследования, анализ конкурентных технических решений.
2. Разработка устава научно – технического проекта	Планирование этапов разработки программы, определение трудоемкости.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности, формирование бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет уравнений эффективности НТИ. Расчет уравнений сравнительной эффективности НТИ.

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

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

<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	Маланина В.А.	К.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1АМ92	Пищанская М.И.		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1АМ92	Пищанской Маргарите Игоревне

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЭИ</b>
Уровень образования	магистратура	Направление	11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Прибор представляет собой стрелочный манометр с электрическим интерфейсом. Прибор необходим для измерения избыточного давления неагрессивных сред и преобразования данных о давлении в электрический выходной сигнал.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Природа воздействия</li> <li>- Действие на организм человека</li> <li>- Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)</li> <li>- СИЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Термические источники опасности</li> <li>- Электробезопасность</li> <li>- Пожаробезопасности</li> </ul>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостаточная освещенность;</li> <li>- Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> <li>- Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</li> <li>- Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</li> <li>- Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</li> </ul>
2. Экологическая безопасность:	Наличие промышленных отходов (бумага – черновики, вторцвет – и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника, обрезки монтажных проводов) и способы их утилизации;
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Рассмотрены 2 ситуации ЧС:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро – , тепло – коммуникациях, водоканале, транспорте);</li> <li>2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа),</li> </ul>

	представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно – технической документации.	– ГОСТы, СанПиНы, СНИПы

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ92	Пищанская М.И.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 134 страницы, 25 рисунков, 25 таблиц, 44 источника, 4 приложения.

Ключевые слова: манометр с энкодерным преобразователем, калибровка стрелочного манометра, энкодерный модуль манометра, электрический манометр, encoder pressure gauge, calibration pressure gauge, gauge with Bourdon tube, electric pressure gauge.

Цель работы – проектирование, сборка и испытание печатного узла пружинного манометра, изучение статических характеристик чувствительного элемента с помощью печатного узла, калибровка цифровых значений по 2 точкам.

Пояснительная записка ВКР была выполнена в редакторах Microsoft Word, Exel 2010, электрическая схема принципиальная выполнена с помощью САПР Altium Designer 13.3.4, программное обеспечение создано в среде разработки Atmel Studio 7, чертежи в Компас-3D V15 x86.

В результате исследования были разработаны электрическая схема принципиальная, программное обеспечение и макет печатного узла энкодерного манометра, которые позволяют получить статическую характеристику манометра, отображать измеренное давление на цифровой индикатор, выводить в соответствии с измеренным давлением электрический токовый сигнал, коммутировать 2 цепи внешних нагрузок, калибровать принимаемые ЭП данные.

Степень внедрения: в данный момент собран работающий макет печатного узла.

В дальнейшем планируется дополнение печатного узла цифровыми выходами для передачи информации, доработка программного обеспечения для калибровки давления по 3 и более точкам, программная калибровка выходного токового сигнала.

## **Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2405 – 88. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напорометры, тягомеры и тягонапорометры. Общие технические условия.

ГОСТ 24844 – 81. Циферблаты и шкалы манометров, вакуумметров, мановакуумметров, напорометров, тягомеров и тягонапорометров показывающих и самопишущих. Технические требования. Маркировка.

В настоящей работе применены следующие сокращения:

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

ВПИ – верхний предел измерений;

ГА – генетический заглотим,

ГР – габаритные размеры;

КТ – класс точности;

МК – микроконтроллер;

МНК – метод наименьших квадратов,

ОУ – операционный усилитель;

ПО – программное обеспечение;

ПП – печатная плата;

СИ – стрелочный индикатор;

ТЗ – техническое задание;

ЦАП – цифроаналоговый преобразователь;

ЦИ – цифровой индикатор;

ЧЭ – чувствительный элемент;

ЭМ – энкодерный манометр,

ЭМР – электромагнитное реле;

ЭП – энкодерный преобразователь;

AC – accuracy class;  
APCS – Automated Process Control System;  
DD – digital display;  
DE – detector element;  
EC – encoder converter;  
EMR – electromagnetic relay;  
EPG – encoder pressure gauge;  
FSV – full – scale value  
GA – Genetic Algorithm  
GTH – graduation thesis;  
LSM – Least Square Method;  
OD – overall dimensions;  
PCB – printed circuit board;  
TR – technical requirement;  
VAC – voltage alternating current;  
VDC – voltage direct current.

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Энкодерный преобразователь: микросхема бесконтактного, программируемого, магнитного, поворотный энкодера.

Чувствительный элемент: запаянная с одного конца изогнутая металлическая трубка эллиптического сечения (так называемая трубка или пружина Бурдона) содержащаяся в пружинных манометрах.

Гистерезис: явление вызываемое внутренним трением материала и проявляется в неоднозначности величины хода ЧЭ для одних и тех же приращений давления при его увеличении и уменьшении.

КТ манометра: обобщенная характеристика манометра, как правило, отражающая уровень точности и выраженная точностными характеристиками средств измерений, определяется как допустимый процент погрешности

(отклонения, несоответствия) стрелки на шкале по отношению к реальной величине измеряемого параметра.

Вариация: разность между значениями выходного сигнала, соответствующую одному и тому же значению измеряемой величины, полученную при многократном и двухстороннем подходе к этому значению, т.е. при прямом и обратном ходе указателя.

Абсолютная разрешающая способность: отношение напряжения полной шкалы, соответствующее опорному напряжению ЦАП к максимальному числу уровней квантования.

## Содержание

Введение.....	18
1 Обзор предметной области.....	20
1.1 Обзор литературы на тему электронной, механической и функциональной части стрелочных электрических манометров и способов их калибровки .....	20
1.2 Обзор методов повышения точности.....	25
2 Объект и методы исследования .....	29
2.1 Механическая конструкция манометра .....	29
2.2 Электрическая конструкция манометра. Структурная схема .....	31
2.3 Методы исследования.....	32
3 Расчеты и аналитика .....	36
3.1 Подбор компонентов .....	36
3.1.1 Функция 1. Отображение измеренного давления на ЦИ.....	36
3.1.2 Функция 2. Передача данных по аналоговому интерфейсу .....	37
3.1.2.1 Выбор ОУ .....	39
3.1.2.2 Выбор ЦАП.....	40
3.1.3 Функция 3. Измерение угла поворота стрелочного индикатора .....	42
3.1.4 Функция 4. Прием, обработка и передача данных .....	43
3.1.5 Функция 5. Коммутация внешних цепей .....	44
3.1.6 Компоненты схемы питания.....	46
3.2 Разработка схемы электрической принципиальной .....	49
3.2.1 Расчет импульсного преобразователя напряжения.....	49
3.2.2 Расчет источника опорного напряжения .....	49
3.2.3 Расчет цепи управления ЭМР.....	50

3.2.4	Расчет схемы передатчика токового сигнала.....	51
3.3	Создание макета печатного узла .....	55
3.4	Разработка ПО .....	57
3.4.1	Алгоритм работы ПО устройства.....	57
3.4.2	Алгоритм работы функции ЦИ .....	59
3.4.3	Алгоритм работы ЦАП.....	60
3.4.4	Алгоритм работы функции ЭМР.....	61
4	Результаты проведенного исследования .....	63
4.1	Исследование №1. Калибровка по 2 точкам .....	63
4.2	Создание индивидуальной шкалы циферблата .....	65
4.3	Исследование №2. Работа схемы .....	67
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	72
5.1	Предпроектный анализ .....	72
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	72
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	73
5.1.3	SWOT – анализ.....	74
5.2	Планирование научно – исследовательских работ.....	76
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	76
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	77
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	78
5.3	Бюджет научно – технического исследования.....	80
5.3.1	Расчет материальных затрат исследования.....	81
5.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	83
5.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	83
5.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	85



5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	85
5.3.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки .....	86
5.3.7 Накладные расходы .....	86
5.3.8 Формирование бюджета затрат .....	87
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	87
6 Социальная ответственность .....	91
6.1 Производственная безопасность .....	91
6.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	91
6.1.2 Превышение уровней шума .....	93
6.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	94
6.1.4 Поражение электрическим током .....	95
6.1.5 Освещенность.....	97
6.2 Пожарная опасность .....	101
6.3 Экологическая безопасность.....	103
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	105
6.4.1 ЧС природного характера .....	105
6.4.2 ЧС техногенного характера .....	106
Заключение .....	107
Список использованных источников .....	108
Приложение А. Раздел на иностранном языке.....	113
Приложение Б. Сравнительные таблицы для выбора компонентов.....	122
Приложение В. Схема электрическая принципиальная со спецификацией .....	128
Приложение Г. Результаты исследования №2 .....	133

## **Введение**

В настоящее время, становится всё более актуальна задача интеграции манометров в АСУ ТП. Манометры должны представлять собой универсальные малогабаритные устройства, заменяющие собой несколько разных устройств, например, устройств коммутации внешних цепей, передатчиков цифровых и аналоговых сигналов, ПИД-регулятор и т.д. Должны быть оснащены аналоговым или цифровым интерфейсами, блоками коммутации внешних цепей. Также потребитель по-прежнему предпочитает манометры со СИ, поскольку такой индикатор характеризуется быстроедействием, простотой восприятия измерений и эргономичностью. Помимо СИ существует запрос на системы ввода вывода информации, расположенные на корпусе, что позволяет на месте осуществлять калибровку и степень усреднения измеряемых значений, уровни выходных аналоговых сигналов, задавать и перезадавать определенные уставки не отходя от манометра с целью экономии времени.

Также, по-прежнему, существует запрос на манометры высокой точности. Высокая корректность показаний важна для промышленных предприятий для контроля отопления, водоснабжения, насосов различного оборудования, а также для центров метрологии и сертификации и др. [1]. Неточная работа манометра может привести к снижению качества продукта в связи с нарушением достоверности данных и последующим чрезмерным повышением или снижением давления в системе. В случае неисправности манометра, возможен выброс технологической среды из системы, а значит, травмы сотрудников, повреждения системы, потеря выходного продукта и прибыли [2].

Таким образом, основной целью работы является разработка манометрического датчика давления с интерфейсом для взаимодействия с оператором и возможностью внедрения в АСУ ТП.

Задачи, поставленные для достижения данной цели:

1. Спроектировать, собрать и испытать печатный узел пружинного манометра с использованием ЭП.
2. Изучить статических характеристики ЧЭ с помощью печатного узла.
3. Осуществить калибровку цифровых значений прибора.

## **1 Обзор предметной области**

Раздел переведен на иностранный язык, приведен в Приложении А.

### **1.1 Обзор литературы на тему электронной, механической и функциональной части стрелочных электрических манометров и способов их калибровки**

В соответствии с полученным ТЗ проведен поиск существующих аналогов стрелочных манометров с электрическими интерфейсами с использованием ЭП среди производителей манометрической продукции, а также был проведен патентный поиск аналогичных решений. Изучение проводилось в соответствии с требуемыми функциями к устройству. Рассматривались электронная, механическая и функциональная часть стрелочных электрических манометров. Также был проведен поиск методов калибровки измеренных значений давления и их реализации.

Среди представленных на рынке устройств было найдено 2 манометра с использованием энкодерного преобразователя. Манометр модели PGT23.100 производства WIKA [3], согласно документации КТ=1 %, в данной модели используется восьмибитный ЭП, электрический выходной аналоговый интерфейс передачи данных в виде унифицированного токового сигнала (4–20) мА, (0–20) мА в расширенном диапазоне согласно Namur NE-43 [4], напряжение питания (12–30) В постоянного тока. Температура эксплуатации от минус 40 до плюс 60 °С. Доступна калибровка нулевого положения стрелочного индикатора. Механическая калибровка осуществляется с помощью регулировочных винтов, электрическая калибровка осуществляется после закорачивания специальных выводов доступных в выходном разъеме в течении 30 секунд. Аналогичные данной модели другие устройства не отличаются дополнительными функциями.

Также был найден манометр стрелочный модели АДМ-100.3 [5], который согласно документации имеет минимальный КТ=1,5 %, поддерживает аналоговый интерфейс передачи данных с (4–20) мА. Температура эксплуатации данного прибора от минус 10 до плюс 55 °С, напряжение питания (12–24) В постоянного тока. Прибор производится со встроенным ПО, которое не может быть модифицировано или считано, содержащим расчетную формулу и коэффициенты, с помощью которых осуществляется преобразование давления среды в выходной сигнал. Аналогичные данной модели другие устройства производителя имеют такие дополнительные функции как 2 дискретных выходных сигнала, цифровой выход RS-485, Ethernet, ПИД-регулятор, необходимых для внешней цепи контроля, защиты и сигнализации. Особенностью конструкции манометра расположение магнита и чувствительного элемента на стрелке над аналоговой шкалой.

Техническое решение PGT23.100 по сравнению с АДМ-100.3 имеет лучший КТ, диапазон температуры эксплуатации, расширенный диапазон питания и выходного токового сигнала, возможность осуществления калибровки пользователем. Недостатком PGT23.100 по сравнению с АДМ-100.3 является отсутствие иных совмещенных функций, таких как цифровой интерфейс передачи данных или управление внешними цепями, что не позволяет встраивать манометр в систему автоматизации и заменить одним манометром несколько более габаритных устройств.

Также был выполнен поиск патентов на русском и английском языках в базах Espacenet и ФИПС. Было найдено 4 подходящих патента.

Патент «Электронно-механический измерительный прибор» [6], содержит в корпусе измерительный модуль, индикаторный модуль и модуль преобразования сигнала. Индикаторный модуль представляет собой циферблат со шкалой и стрелочным указателем, измерительный модуль снабжен чувствительным узлом, содержащим магниточувствительный элемент, взаимодействующий с магнитным полем, создаваемым постоянным магнитом, который установлен на стрелочном указателе по его оси.

Магниточувствительный элемент содержит, по меньшей мере, два датчика Холла, установлен над постоянным магнитом на консоли кронштейна, который прикреплен к циферблату со шкалой. Магниточувствительный элемент соединен с модулем преобразования сигнала, который включает в себя аналогово-цифровой преобразователь, вычислитель угла, формирователь выходного сигнала. Данные о калибровке шкалы циферблата отсутствуют. Согласно данным о патентообладателе было устройство АДМ-100.3 предположительно выполнено на основе данного патента.

Патент [7] «Устройство для преобразования давления воздуха с использованием технологии магнитного электрического кодера в манометре». Конструкция предлагаемого решения аналогична найденным ранее, однако, присутствует такая схемотехническая особенность как «сухой» герконовый переключатель, который подключен к цепи управления печатного узла, цепь управления активируется сразу после того, как манометр начинает работать.

Наиболее близким по технической сути является «Сигнальный манометр» [8]. Конструкция аналогична предыдущим решениям, соответствует типовой конструкции пружинных манометров. Необходимо отметить, согласно описанию, устройство имеет два режима работы: первый режим работы – «калибровка», при которой осуществляется совмещением стрелочного индикатора с оцифрованными отметками шкалы прибора с формированием и запоминанием процессором закона аппроксимации показаний, второй режим работы – «измерение», также присутствует возможность коммутации внешних цепей.

Недостатками предлагаемых патентных решений являются:

1. Относительно низкий КТ, что сужает круг потенциальных потребителей.
2. Отсутствие цифровой индикации на месте, что уменьшает удобство пользования прибором.
3. Отсутствие электрических выходов, что необходимо для встраивания в АСУ ТП.

4. Недостаточно информации о калибровке шкалы циферблата, необходимой для минимизации погрешности результата измерения.

Для калибровки шкалы циферблата может быть использована разработка [9] на основе оптических измерений. Главное преимущество данной разработки заключается в отсутствии необходимости наличия печатного узла. Авторы патента используют считывающее устройство, которое имеет связь с поверяемыми манометрами по оптическому принципу. Данный метод имеет недостаток заключающийся в технологической сложности соблюдения правила о том, что все приборы устанавливаются на одном уровне и на одной высоте с цифровым измерителем давления для исключения дополнительной погрешности показаний приборов из-за разности уровней используемой в установке среды (воздух, масла и др.).

В статье [10] приведен метод калибровки аналогового выходного токового сигнала с помощью данных с ЭП, с целью устранения нелинейности функции изменения давления пружинного манометра. КТ по результатам калибровки достигает  $KT=0,037$  %. Таким образом, описанный метод калибровки может быть применен для создания индивидуальной шкалы циферблата, а также для передачи откалиброванных значений по цифровому интерфейсу.

В статье [11] исследуется эффективность двух методов калибровки значений измеренного давления: метод наименьших квадратов (МНК) и метод основанный на «Генетическом алгоритме» (ГА) трубки Бурдона с использованием энкодерного преобразователя. В качестве примера рассматривается калибровка манометра дифференциального давления с использованием стандартных устройств установки давления. Результаты калибровки, полученные с использованием предложенного ГА, сравниваются с результатами, полученными с помощью МНК. Согласно результатам экспериментов МНК наиболее эффективен в диапазоне (0-6,7) бар, а ГА в диапазоне (6,7-9,0) бар.

Таким образом, согласно найденным недостаткам разрабатываемое устройство имеет ряд преимуществ по сравнению с аналогами: коммутация внешних цепей, цифровой индикатор для взаимодействия с оператором на месте, калибровка по 2 точкам. Также, согласно выводам из [11], для манометра с ВПИ  $P=16 \text{ кгс/см}^2$  было принято решение для калибровки использовать ЭП, снимая статическую характеристику ЧЭ и калибруя принятые цифровые значения.



## 1.2 Обзор методов повышения точности

Главная характеристика точности манометра это КТ, который определяется как приведенная погрешность  $\sigma$  к ВПИ (1),

$$КТ = \sigma = \frac{\Delta}{ВПИ} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $\Delta$  - абсолютная погрешность, т.е. разность между показанием манометра и известным опорным (действительным) значением.

Приведенная погрешность манометра характерна как для показаний на циферблате, так и для показаний, передающихся по аналоговому или цифровому интерфейсу в систему АСУ ТП.

Основным источником погрешности механической системы манометра является характер зависимости перемещения  $\delta$  рабочей точки от действующего давления  $P$ . Эта характеристика  $\delta = f(P)$  (рисунок 1), называемая статической, может быть линейной (1) или нелинейной (2).

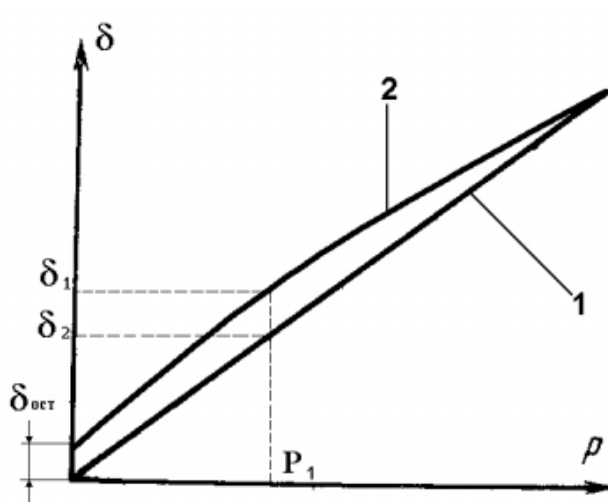


Рисунок 1 – Статическая характеристика ЧЭ

Ход статической характеристики в пределах упругой деформации неоднозначен и образует петлю гистерезиса. Кроме отмеченного недостатка деформационным ЧЭ присуще свойство упругого последействия, суть которого

состоит в том, что после прекращения изменения давления деформация продолжает уменьшаться, асимптотически приближаясь к предельному значению. Наряду с упругим последствием при эксплуатации ЧЭ, имеет место остаточная деформация, заключающаяся в том, что после снятия давления ЧЭ не возвращается в исходное положение. При многократных измерениях остаточная деформация накапливается, что приводит к значительным погрешностям [12].

Для количественной оценки погрешности гистерезиса рассчитывается вариация ( $V$ ). Значение  $VP$  для измеренного давления будет являться разностью между измеренным давлением при прямом  $R_{пр}$  и обратном ходе  $R_{обр}$  ЧЭ по формуле 2.

$$VP = R_{пр} - R_{обр}. \quad (2)$$

Основную погрешность и вариацию показаний манометров определяют при  $n$  значениях измеряемой величины ( $n$  - число поверяемых точек в диапазоне измерений), равномерно распределенных в диапазоне измерений. При поверке давление плавно повышается и проводится отсчет показаний на заданных отметках. На верхнем пределе измерений манометр выдерживают под давлением в течение 2-х минут, после чего давление плавно понижают и проводят отсчет показаний при тех же значениях давления, что и при повышении [13].

В соответствии с принципом работы пружинного манометра существует несколько способов повышения точности показаний:

1. Механическая регулировка: использование регулировочных винтов для варьирования длины тяги, соединяющей ЧЭ с сектором, и длины рычага зацепления этой тяги на зубчатом секторе. Основной целью механической регулировки прибора является установление близкой к линейной зависимости хода зубчатого сектора от трибки к которой прилеплен СИ от измеряемого давления, а также соответствия начального и конечного значений шкалы задаваемому диапазону измерения давления отражаемому на шкале циферблата

[14]. Механическая калибровка производится для каждого пружинного манометра после завершения сборки механического узла.

2. Изменение шкалы манометра: использование типовой или индивидуальной шкалы. Типовая шкала используется для всех манометров одного типа, индивидуальная шкала создается для каждого манометра отдельно. Градуировка шкалы наносится на циферблат в соответствии с КТ манометра, исполнением, диаметром корпуса и предельными значениями давления. Изготовление шкалы с индивидуальной градуировкой является самым распространенным способом уменьшения абсолютной погрешности показывающего значения на циферблате манометра. Данный способ применим в тех случаях, когда статическая характеристика прибора нелинейна или близка к линейной, но характер изменения систематической погрешности в диапазоне измерения случайным образом меняется от прибора к прибору данного типа (например, вследствие разброса нелинейности характеристик ЧЭ) так, что механическая регулировка с помощью регулировочных винтов не позволяет уменьшить погрешность до пределов ее допускаемых значений.

Существует несколько способов получения данных для индивидуальной шкалы пружинного манометра:

1. Оптическая калибровка: использование данных, полученных оборудованием на основе оптики, бесконтактно фиксирующим положение стрелочного индикатора при разных давлениях;

2. Электронная калибровка: использование данных преобразователей угла поворота стрелочного индикатора, индуктивных датчиков перемещения конца пружины, пьезодатчиков с последующим преобразованием в электрический сигнал с передачей данных по цифровому или аналоговому интерфейсу на ПК, оборудование для печати циферблатов и др.

Изменение и регистрация положения стрелочного индикатора может осуществляться несколькими способами, описанными в [15]:

1. Задание эталонных давлений с определенным шагом с регистрацией положения СИ.

1.1. Регистрация устоявшегося положения СИ 1 раз.

1.2. Регистрация устоявшегося положения СИ больше 1 раза с последующим усреднением.

2. Изменение положения СИ с определенным шагом с регистрацией необходимого для изменения положения давления.

3. Задание давления от нулевого до номинального положения и обратно до нулевого положения.

При наличии печатного угла активно применяется электронная калибровка. Электронные датчики как правило имеют относительно высокую чувствительность, поэтому осуществляется измерение при прямом и обратном ходе и усредняется каждое значение.

Таким образом, было принято решение, использовать электронную калибровку манометра с регистрацией устоявшегося положения СИ 1 раз, направленную на оценку погрешности гистерезиса и определении параметров кривой цифровых значений с учетом данной погрешности.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Механическая конструкция манометра

Используемое в работе устройство относится к пружинным манометрам, механическая конструкция которых берется за основу разрабатываемого устройства. При оснащении пружинного манометра печатным узлом, конструкция манометра представляет собой устройство на рисунке 2. ЧЭ пружинных манометров является пружина 2 – полая латунная трубка эллиптического или овального сечения, согнутая по дуге и запаивая с одного конца, устанавливаемая в корпус 11 манометра. Другой конец трубки соединяется со штуцером 9 манометра, таким образом внутренняя полость трубки сообщается с областью, в которой измеряется давление.

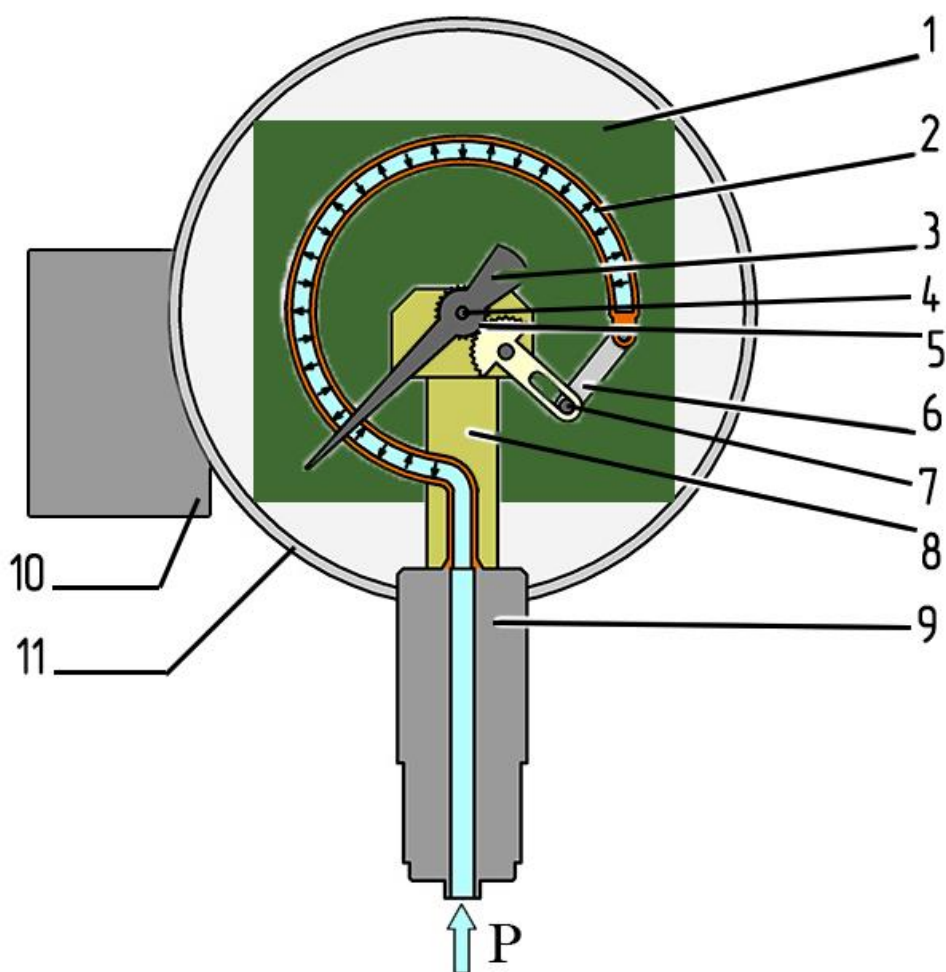


Рисунок 2 – Трубка Бурдона манометра

Давление действует на внутреннюю поверхность трубки Бурдона. Из-за разности площадей, на которые воздействует давление среды, трубка будет стремиться распрямиться. Получается, что при увеличении давления латунная трубка разгибается, а, при уменьшении – сгибается. Это приводит к перемещению запаянного конца трубки, который через тягу 6 соединен с зубчатым сектором 5, воздействующим на шестерню со стрелочным индикатором 3, закрепленным соосно на трибке 4. Положение стрелки с помощью, нанесенной на циферблат прибора шкалы, интерпретируется в величину показаний избыточного давления [16]. Калибровка механической системы манометра осуществляется с помощью регулировочных винтов 7. Механическая калибровка системы необходима для настройки нулевого положения стрелочного индикатора в допустимый диапазон угла поворота на шкале циферблата, закрепленного соосно трибке 4.

Также для подключения устройства к линиям сети питания, коммутации внешних цепей, цифровым и аналоговым интерфейсам необходимы специальные разъемы 10, крепящиеся сбоку к цилиндрической части корпуса МПЗА – Кс манометра.

Расположение штуцера 9 в модели корпуса МПЗА – Кс – радиальное. Такое расположение штуцера 9 позволяет закрепить на нем печатный узел 1, необходимый для реализации электрической системы манометра.

Главная особенность конструкции заключается в том, что получение информации об изменении давления заключается в бесконтактном измерении угла поворота стрелочного индикатора при воздействии избыточного давления на трубку Бурдона. С целью уменьшения погрешности измерений необходимо минимизировать действие каких-либо моментов сил на трибку 4, кроме силы трения зубчатого зацепления в месте закрепления трибки, силы тяжести стрелочного индикатора и воздействия момента кручения при изменении положения стрелки.

Для измерения угла поворота стрелки было принято решение использовать ЭП на основе датчиков Холла серии AS50XX. Для работы данных

микросхем требуется диаметрально намагниченный магнит, соосно установленный напротив микросхемы датчика AS50XX на определенном расстоянии. Датчик AS50XX входит в состав печатного узла 1. Магнит согласно конструкции корпуса МПЗА – Кс устанавливается соосно с продольной осью трибки 4 с противоположного конца от стрелочного индикатора.

## 2.2 Электрическая конструкция манометра. Структурная схема

На основании ТЗ была составлена структурная схема – рисунок 3.

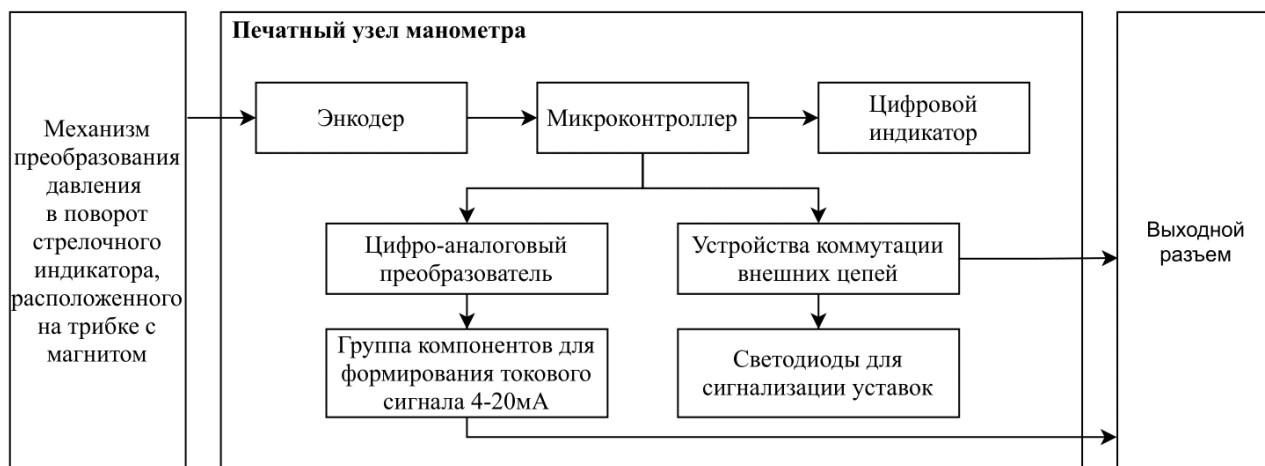


Рисунок 3 – Структурная схема ЭМ

Принцип работы согласно структурной схеме: печатный узел манометра содержит датчик угла поворота – ЭП, который фиксирует положение стрелочного индикатора и передает эти данные на МК;

МК обрабатывает полученные данные и отправляет результат на ЦИ для представления значения измеренного давления в числовом виде;

МК в зависимости от полученных данных подает сигнал на устройства коммутации внешних цепей, провода которых выводятся через разъем для подключения коммутируемых устройств в системе автоматизации

производства, при этом светодиоды включены в цепь управления устройствами коммутации и включаются при включении реле.

Через разъем выводится сигнал, содержащий информацию о значении измеряемого давления в виде токового сигнала в диапазоне (4–20) мА. Токковый сигнал формируется из напряжения в диапазоне (0–5) В, устанавливаемого МК на ЦАП преобразователе.

### 2.3 Методы исследования

Согласно проведенному обзору методов повышения точности манометра с ВПИ  $P=16 \text{ кгс/см}^2$  наиболее эффективным для решения поставленных задач будет использовать метод калибровки с ЭП.

ЭП позволяет изучить характер изменения углового положения СИ в зависимости от изменения давления, благодаря чему можно создать индивидуальную шкалу циферблата, а также откалибровать кривую цифровых значений, чем уменьшить приведенную погрешность циферблата и цифровых данных. Погрешность цифровых значений может быть вызвана нелинейностями ЭП, нестабильным уровнем опорного напряжения для определенных микросхем, индуктивными помехами и т.д. Погрешность вносимая первичным преобразователем – ЧЭ (например, гистерезис) также будет влиять на цифровые значения.

С помощью ЭП можно оценить характер изменения статической характеристики манометра и уменьшить значение случайной составляющей погрешности измерения. Характер измерения статической характеристики определяется по изменению угла поворота оси магнита  $a$ , установленного на трибке СИ относительно вертикальной оси ЭП при подачи эталонных давлений. Начальное и конечное значения  $a$  используются для калибровки по 2 точкам.



При использовании калибровки по 2 точкам, предполагается, что статическая характеристика манометра может быть выражена полиномом 1 степени (3).

$$P = k_1 a + k_2, \quad (3)$$

где  $P$  – значение давления, отображаемого на ЦИ,

$k_1$  – коэффициент, определяющий угол наклона статической характеристики,

$a$  – значения угла поворота СИ,

$k_2$  – смещение начального значения  $P$  в первой опорной точке.

Для калибровки по 2 точкам необходимо знать  $a_1 = a_{min}$  (рис.5) в начальном положении СИ, т.е. в опорной точке  $n=1$  при  $P_{э1}=0$  кгс/см<sup>2</sup> и  $a_9$  в конечном положении СИ  $a_9 = a_{max}$ , т.е. в опорной точке  $n=9$  при  $P_{э9}=16$  кгс/см<sup>2</sup>. Тогда формула для расчета давления отображаемого на ЦИ (4):

$$P_{пр} = \frac{(\alpha_{пр} - \alpha_{min}) \cdot P_{max}}{\alpha_{max} - \alpha_{min}}, \quad (4)$$

где  $\alpha_{пр}$  – измеренный угол поворота оси магнита относительно вертикальной оси ЭП,

$P_{max}$  – максимальное значение давления, задаваемое программно в соответствии с максимальным значением шкалы циферблата,

$\alpha_{max}^\circ$ , – максимальный измеряемый угол поворота оси магнита при максимальном заданном давлении  $P_{э9}$ ,

$\alpha_{min}^\circ$ , – минимальный угол поворота оси магнита при  $P_{э1}$ .

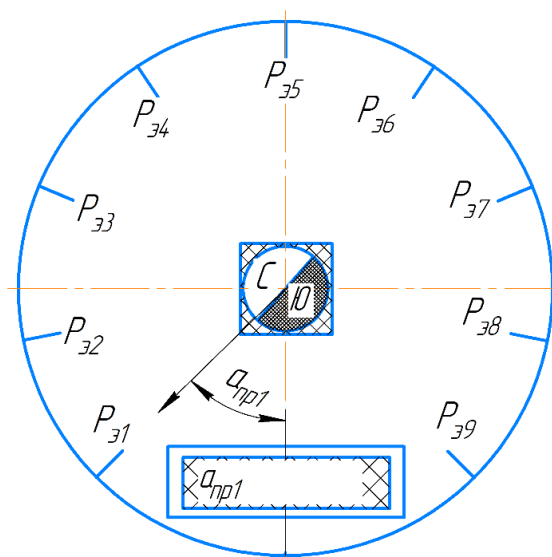


Рисунок 4 – Чертеж циферблата для экспериментов

Для отображения информации на ЦИ необходимо программно устанавливать значения угла в первой опорной точке  $a_1, a_9, P_{max}$ .

Для получения значений  $\alpha$  необходимо произвести ряд измерений угла поворота  $\alpha$  оси магнита относительно вертикальной оси микросхемы ЭП с помощью ЦИ в каждой опорной точке  $n$  при прямом и обратном ходе подачи давления (рис.Г) и рассчитать выборочную среднюю  $\bar{a}_B$  для значений  $a_1, a_9$  по формуле 5 [17].

$$\bar{a}_B = \frac{\sum_1^n a_n}{n}, \quad (5)$$

Полученные значения выборочных средних необходимо внести в программный код микроконтроллера, после чего измерение избыточного давления может отображаться на ЦИ, передаваться по цифровому и аналоговому каналам передачи данных.

Также после получения статической характеристики ЧЭ и диапазон изменения угла поворота СИ необходимо применить эти данные для получения чертежа индивидуальной шкалы циферблата.

В соответствии с данными эксперимента можно создать индивидуальную шкалу манометра, совпадающую с цифровой шкалой. Для

этого необходимо рассчитать угол поворота стрелочного индикатора при крайних положениях по формулам 6, 7.

$$\alpha_{min} = \frac{360 - (\bar{a}_{B9} - \bar{a}_{B1})}{2}, \quad (6)$$

$$\alpha_{max} = 360 - \alpha_{min}. \quad (7)$$

Согласно рассчитанным данные, индивидуальная шкала для манометра строится по 2 точкам как на рисунке 5.

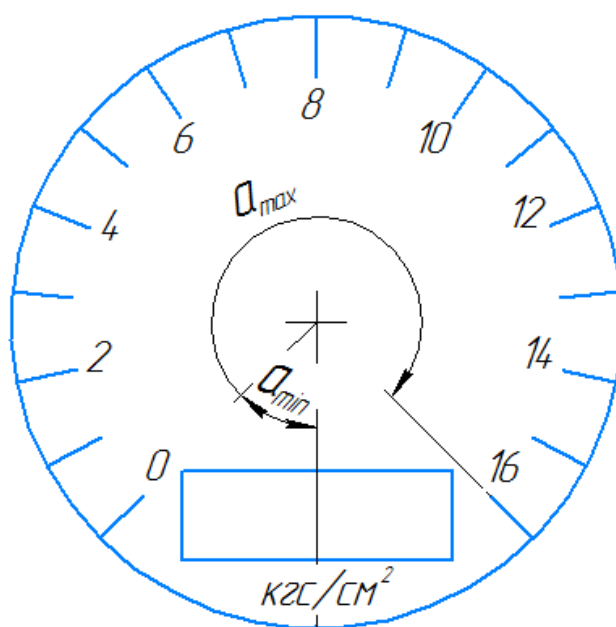


Рисунок 5 – Индивидуальная шкала циферблата калибруемого манометра

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

В данной работе представлена разработка и исследование электронной, измерительной и программной части, которая представляет собой модернизацию стрелочного механического манометра МПЗА–Кс производства ОАО «Манотомь». Прибор необходим для измерения избыточного давления неагрессивных сред и преобразования данных в электрический выходной сигнал.

### **5.1 Предпроектный анализ**

#### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Данная работа нацелена на модернизацию конструкции манометра МПЗА–Кс и исследование метрологических характеристик устройства.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Потенциальными потребителями НИР в основном являются юридические лица. Карта сегментирования рынка по области применения и доли рынка сбыта продукции приведена на таблице 8.

Таблица 8 – Карта сегментирования рынка по области применения разработки

Область рынка сбыта	Доля рынка, %
Гражданская промышленность	40
Военная промышленность	40
Службы водоснабжения и газоснабжения	10
Потребительские товары	5
Центры стандартизации и сертификации	5

Из приведенной карты сегментирования можно сделать вывод, что основной областью применения разработки является промышленность, там же наблюдается самая высокая конкуренция. Потенциальными потребителями выбрана гражданская промышленность.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

В таблице 9 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений. В таблице  $B_{\phi}$  обозначено разрабатываемое решение,  $B_{K1}$ ,  $B_{K2}$  – конкурентные технические решения (аналоги).

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес крит.	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_{\phi}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
2. Безопасность	0,05	3	2	5	0,2	0,1	0,25
3. Функциональность интерфейса	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
4. Уровень встраивания в системы автоматизации	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
5. Точность вычисления результата	0,05	5	2	3	0,3	0,1	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
3. Цена	0,1	3	5	3	0,3	0,5	0,3
4. Конкурентоспособность	0,2	3	2	3	0,6	0,4	0,6
5. Срок эксплуатации	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
Итого	1	36	28	33	4	3,1	3,5

В качестве 1 конкурентного технического решения были рассмотрен АДМ – 100.2.2 – стрелочный манометр с токовым и цифровым выходами производителя КБ «АГАВА» [5]. Недостатками конкурентного решения являются относительно малый класс точности измерения – 1,5, что может быть

недостаточно для некоторых производственных циклов, и необходимость установки дополнительного блока для коммутации внешних цепей, что увеличивает габаритные размеры, уменьшает удобство в эксплуатации, небезопасность корпуса прибора, что может привести к нанесению вреда оператору от разрушения стекла циферблата. Преимуществом конкурентного решения является цифровой выход Ethernet, позволяющий встраиваться в системы автоматизации, относительно низкая цена.

В качестве 2 конкурентного решения выбран PGT23.100 был выбран манометр с трубкой Бурдона и аналоговым выходным сигналом [3]. Недостатком данного технического решение является отсутствие цифрового интерфейса связи и устройств коммутации внешних цепей. Преимуществом данного решения является возможность использования 3 различных аналоговых интерфейсов связи, что делает решение удобным и универсальным, безопасностью, обеспеченная многослойным стеклом.

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка имеет высокий уровень конкурентоспособности.

### **5.1.3 SWOT – анализ**

Для исследования внешней и внутренней среды проекта был проведен SWOT – анализ в таблице 10, который отражает сильные и слабые стороны разрабатываемого проекта, а также составлена интерактивная матрица проекта, где указана степень влияния факторов друг на друга (табл. 11).

Таблица 10 – SWOT – анализ

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	С1. Выполнен на основе существующих решений с доступной КД и специалистами	Сл1. Потеря метрологических характеристик механической части
	С2. Функциональные особенности (встраивание в системы автоматизации)	Сл2. Значительные временные и интеллектуальные затраты на ПО
	С3. Повышенная точность измерений	Сл3. Временные и финансовые затраты на сертификацию
Возможности:		
В1. Использование более качественных механических материалов	Привлечение специалистов с производства (механиков) для создания механической части манометра из более качественных материалов, что повысит конкурентоспособность и срок эксплуатации. Возможно появление дополнительного спроса на новый продукт благодаря использованию доступных технических средств разработки.	Использование знаний и опыта предыдущих сертификаций продуктов производства. Привлечение специалистов для улучшения ПО в соответствии с запросами и жалобами потребителя.
В2. Модернизация продукта по желанию потребителя		
В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт		
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок по отношению к разрабатываемому проекту		
В5. Появление спроса на зарубежных рынках		
Угрозы:		
У1. Отсутствие спроса на расширение разработки	Развитая конкуренция разработчиков может привести к снижению конкурентоспособности продукта. Отказ от технической поддержки может повлиять на мотивацию привлечения сотрудников в проект.	Отсутствие спроса на закупку разработки может понизить стоимость оплаты научного труда и принести убытки производителю.
У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения		
У3. Нехватка финансирования		
У4. Развитая конкуренция разработчиков датчиков давления		

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта			Слабые стороны проекта		
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	В1	+	+	+	+	+	0
	В2	0	0	–	0	+	–
	В3	+	+	+	–	–	–
	В4	–	+	+	+	+	–
	В5	+	+	+	+	+	+
Угрозы проекта	У1	–	0	+	+	+	–
	У2	+	+	+	0	–	–
	У3	–	+	–	+	+	+
	У4	+	+	+	+	+	–

## 5.2 Планирование научно – исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 12.



Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор материалов	Магистрант
	3	Изучение материалов	Магистрант
	4	Выбор направления	Руководитель, магистрант
	5	Разработка календарного плана	Магистрант
Проектирование структуры и разработка устройства	6	Проектирование структуры устройства	Магистрант
	7	Схемотехническая и программная разработка	Магистрант
	8	Тестирование	Магистрант
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, магистрант
Оформление отчета (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Магистрант

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула 38:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (38)$$

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

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$

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.

Для выполнения перечисленных в таблице 6 работ требуются специалисты: магистрант (М), научный руководитель (Р).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$  (формула 39) 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 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (39)$$

где  $T_{p_i}$  – 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, человек.

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой 40:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (40)$$

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 41:

где  $T_{\text{кал}}$  – календарные дни ( $T_{\text{КАЛ}} = 365$ );

$T_{\text{вых}}$  – выходные дни ( $T_{\text{ВД}} = 78$ );

$T_{\text{пр}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{ПД}} = 14$ ).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}. \quad (41)$$

Коэффициент календарности для М и Р будет равен:

$$T_{\text{к}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

Временные показатели проведения исследования в таблице 13.

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работ	Исполнитель	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел.-дн.	
		$t_{\text{min}}$	$t_{\text{max}}$	$t_{\text{ожі}}$	$T_{\text{Pi}}$	$T_{\text{Ki}}$
1	Р	4	6	4,8	4,8	6
2	М	8	12	9,6	9,6	12
3	М	14	20	16,4	16,4	20
4	Р, М	7	12	9	4,5	6
5	М	4	10	6,4	6,4	8
6	М	23	25	23,8	23,8	29
7	М	18	20	18,8	18,8	23
8	М	1	2	1,4	1,4	2
9	Р, М	3	5	3,8	1,9	2
10	М	17	23	19,4	19,4	24
Итого:		99	135	113,4	107	132

На основании таблицы 3 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского. План-график приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Календарный план-график

№ работ	Вид работ	Исп-ли	Т <sub>ки</sub> , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ						
				март		апрель		Май		
				1	2	1	2	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Р	6	■						
2	Подбор материалов	М	12	■						
3	Изучение материалов	М	20		■	■				
4	Выбор направления Разработка календарного плана	Р, М	6			■				
5	Проектирование структуры устройства	М	8			■				
6	Схемотехническая и программная разработка	М	29			■	■			
7	Тестирование	М	23				■	■		
8	Оценка эффективности полученных результатов	М	2					■		
9	Составление пояснительной записки (эксплуатационно – технической документации)	Р, М	2					■	■	
10	Подбор материалов	М	24							■

где ■ – руководитель (Р), ■ – магистрант (М).

### 5.3 Бюджет научно – технического исследования

При планировании бюджета НИИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В

процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

11. Материальные затраты НТИ.

12. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.

13. Основная заработная плата исполнителей темы.

14. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.

15. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

16. Затраты научные и производственные командировки.

17. Накладные расходы.

### **5.3.1 Расчет материальных затрат исследования**

Произведем расчет материалов, используемых при разработке проекта:

1. Приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно – технической продукции.

2. Покупные материалы, используемые в процессе создания научно – технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов.

3. Покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке.

4. Сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий.

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле 42:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (42)$$

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

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

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

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. Материальные затраты представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Комплектация изделия			
Печатный узел, шт.	1	511	511
Офисные принадлежности			
Бумага для принтера А4, уп.	1	150	150
Картридж для Принтера, шт.	1	500	500
Папка со скоросшивателем, шт.	1	50	50
Итого		1211	1211

Таким образом, расходы на материалы составили 1211 рублей.

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

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, сводятся в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Компьютер	1	17000	19550
Монитор	1	7000	8050
Принтер	1	5000	5750
Итого		33350	33350

### 5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Рассчитаем основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату по формуле 43:

$$Z_{зп} = Z_{осн.} + Z_{доп.}, \quad (43)$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн.}$ ) руководителя (ассистента) рассчитывается по следующей формуле 44:

$$Z_{осн.} = Z_{дн.} \cdot T_p, \quad (44)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 45:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (45)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 56 раб. дня  $M = 10,3$  месяца, 6 – дневная неделя; при отпуске в 28 раб. дня  $M = 11,15$  месяца, 6 – дневная неделя.

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн. (табл. 17).

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	1	1
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	274

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле 46:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot k_p, \quad (46)$$

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

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 18.



Таблица 18 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	З <sub>гс</sub> , руб.	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р. раб. дн.</sub>	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	Ассистент	21760	1,3	28288	1165,47	11	13053,27
Магистрант	1	26300	1,3	34190	1391,30	102	142190,86
Итого							155244,12

### 5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (47):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{осн}}, \quad (47)$$

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

Примем коэффициент равный 0,12. Тогда расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	к <sub>доп</sub>	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	13053,26	0,12	1566,39
Инженер	142190,86		17062,90
Итого		18629,29	18996,60

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (48):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (48)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды

(пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	13053,26	13053,26
Магистрант	142190,86	142190,86
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого	46883,72	

### 5.3.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

На данном этапе в научных и производственных командировках нет необходимости.

### 5.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле (49):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (49)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = 255318,13 \cdot 0,16 = 40850,90 \text{ руб.}$$

### 5.3.8 Формирование бюджета затрат

Определение бюджета затрат на научно – исследовательский проект по приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	1211,00
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	33350,00
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	155244,12
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18629,29
5. Отчисления во внебюджетные фонды	46883,72
6. Затраты на научные и производственные командировки	–
7. Накладные расходы	40850,90
Итого: бюджет затрат НТИ	296169,03

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух (или более) вариантов исполнения (в т.ч. аналогов) научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (50):

$$I_{\text{финр}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (50)$$

где  $I_{\text{финр}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$  варианта разработки или аналога;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость разработки или аналога научно – исследовательского проекта.

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

Поскольку максимальная стоимость разработки аналога неизвестна, возьмем этот параметр равным расчетной стоимости разработки  $\Phi_{\text{max}}^{\text{a1}} = \Phi_{\text{max}}^{\text{a1}} = \Phi_{\text{max}}^{\text{p}}$ . Максимальная стоимость составляет 498989,70 рублей для разработки, следовательно, в соответствии с формулой (50):

$$I_{\text{финр}}^{\text{p}} = I_{\text{финр}}^{\text{a1}} = I_{\text{финр}}^{\text{a1}} = 1,$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом по формуле (51) (табл. 22):

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (51)$$

где  $I_{pi}$  интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$  варианта разработки или аналога;

$b_i^{\text{a}}, b_i^{\text{p}}$  – бальная оценка  $i$  варианта разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
Критерии				
1. Удобство в эксплуатации	0,25	5	3	5
2. Безопасность	0,2	3	2	5
3. Функциональность интерфейса для оператора	0,15	4	3	5
4. Уровень встраивания в системы автоматизации	0,2	5	3	3
5. Точность вычисления результата	0,2	5	2	3
Итого $I_{pi}$		4,25	2,5	4,4

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам (52), (53), (54):

$$I_p = \frac{I_{pp}}{I_{финр}^p} = \frac{4,25}{1} = 4,25, \quad (52)$$

$$I_{a1} = \frac{I_{pa1}}{I_{финр}^{a1}} = \frac{2,5}{1} = 2,5, \quad (53)$$

$$I_{a2} = \frac{I_{pa2}}{I_{финр}^{a2}} = \frac{4,4}{1} = 4,4. \quad (54)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность разработки и аналогов ( $\mathcal{E}_{cp}$ ) находится по формулам (55), (56):

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_p}{I_{a1}} = \frac{3,82}{4,4} = 1,7, \quad (55)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{I_p}{I_{a2}} = 4,4 \cdot 3,82 = 0,96. \quad (56)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности аналогов и разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель	1	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,25	2,5	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,25	2,5	4,4
4	Сравнительная эффективность вариантов	1	1,7	0,96

Общий вывод по разделу: в результате работы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» выявили и сравнили разработку и два аналога научно – исследовательской работы. Бюджет затрат разработки равен 498989,70 рубля. Произвели сравнительную оценку эффективности разработки и исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом решения поставленной в работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является сама разработка, поскольку отрабатываются основные недостатки аналогов.

## **6 Социальная ответственность**

Социальная ответственность – ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

В данной работе рассматривается разработка энкодерного манометра с программной и схемотехнической стороны. Устройство выполнялось в Инжиниринговом центре ОАО «Манотомь». Раздел включает оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

### **6.1 Производственная безопасность**

#### **6.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 24 и 25.

Таблица 24 – Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19 – 23	40 – 60	0,1
Теплый	23 – 25		0,1

Таблица 25 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20 – 80	<0,5
Теплый	22	28	20 – 80	<0,5

Общая площадь рабочего помещения составляет  $42 \text{ м}^2$ , объем составляет  $147 \text{ м}^3$ . По [32] санитарные нормы составляют  $6,5 \text{ м}^2$  и  $20 \text{ м}^3$  объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной недостаток – приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам [32] объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более  $40 \text{ м}^3$  [33]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет  $42 \text{ м}^3$ , из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет



систем водяного отопления с нагревом воды до 100 °С, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно [33]. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [35].

### **6.1.2 Превышение уровней шума**

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы. Уровень шума варьируется в диапазоне (35-42) дБА. Согласно [32], при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА [36].

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1. Устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования.
2. Изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов).
3. Применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Средства индивидуальной защиты:

1. Применение спецодежды.
2. Защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

### 6.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно [32] напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне (5–2) кГц, 2,5 В/м в диапазоне (2–400) кГц [33]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне (5–2) кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне (2–400) кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [33]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7 – 791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В [37].

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения [35]:

1. До 10 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы (8 часов).
2. (10–100) мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 2 часов.
3. (100–1000) мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками.
4. Для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения можно осуществляется с помощью СКЗ и СИЗ.

СКЗ:

1. Защита временем.
2. Защита расстоянием.
3. Снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения.
4. Экранирование источника заземленным металлическим корпусом.
5. Защита рабочего места от излучения.

СИЗ:

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.
2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ).

#### **6.1.4 Поражение электрическим током**

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования.

Инжиниринговый центр, где происходила разработка, относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются:  $I < 0,1$  А;  $U < (2-36)$  В;  $R_{\text{зазем}} < 4$  Ом. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения

электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего от напряжения он не дышит, или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

1. Обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот).
2. Очистить дыхательные пути.
3. Приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание).
4. В случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

1. Возникновения угрозы жизни или здоровью человека.
2. Появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластмассы.
3. Появления дыма или огня.
4. Появления искрения.
5. Обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

К СКЗ от поражения электрическим током относятся:

1. Оградительные устройства,
2. Устройства автоматического контроля и сигнализации,
3. Изолирующие устройства и покрытия,
4. Устройства защитного заземления и зануления,
5. Устройства автоматического отключения,
6. Устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения,
7. Устройства дистанционного управления,
8. Предохранительные устройства,
9. Молниеотводы и разрядники,
10. Знаки безопасности.

К средствам СИЗ:

1. Диэлектрические перчатки,
2. Изолирующие штанги,
3. Изолирующие и электроизмерительные клещи,
4. Слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками,
5. Указатели напряжений.

### **6.1.5 Освещенность**

Согласно [38] в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей, в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 7$  м, ширина  $B = 6$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м. Согласно [38] необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

1. Площадь помещения (57)

$$S = A \cdot B = 7 \cdot 6 = 42 \text{ м}^2, \quad (57)$$

где  $A$  – длина, м,

$B$  – ширина, м.

2.  $S$  это коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_C=50$  %, свежепобеленного потолка  $\rho_{II}=70$  %. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_3=1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z=1,1$ .

3. Выбираем лампу дневного света ЛД–40, световой поток которой равен ФЛД = 2600 лм.

4. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР–2–40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

5. Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной

решёткой лежит в диапазоне (1,1–1,3). Принимаем  $\lambda=1,1$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,3$  м.

6. Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:  $h_n = 3,5$  м.

7. Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле 58:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м}, \quad (58)$$

где  $h_c$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

18. Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле 59:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ м}. \quad (59)$$

8. Число рядов светильников в помещении по формуле 60:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,2} = 2,72 \approx 3. \quad (60)$$

9. Число светильников в ряду по формуле 61:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{7}{2,2} = 3,2 \approx 3. \quad (61)$$

10. Общее число светильников по формуле 62:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 3 = 9. \quad (62)$$

11. Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле 63:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}. \quad (63)$$

12. Размещаем светильники в три ряда. На рисунке 24 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

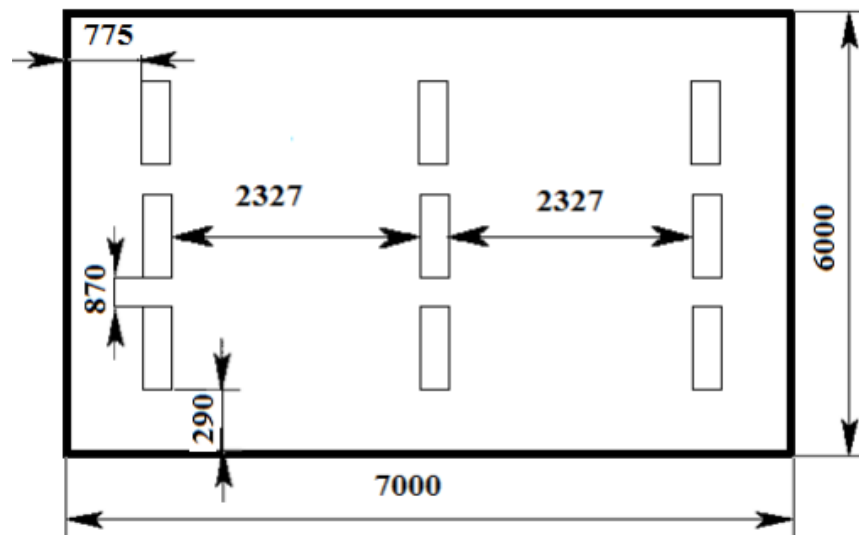


Рисунок 24 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

13. Индекс помещения определяется по формуле 64:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{7 \cdot 6}{2,0 \cdot (7 + 6)} = 1,6. \quad (64)$$

14. Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 70 \%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 50 \%$  и индексе помещения  $i = 1,6$  равен  $\eta = 0,47$ .

15. Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле 65:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot K_{\text{з}} \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{(300 \cdot 42 \cdot 1,5 \cdot 1,1)}{18 \cdot 0,47} = 2457,44 \text{ лм.} \quad (65)$$

16. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%,$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{2600 - 2457,44}{2600} \cdot 100\% = 5,5\%.$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:  $P = 18 \cdot 40 = 720 \text{ Вт}$ .



## 6.2 Пожарная опасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 – В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Согласно [39] Инжиниринговый центр относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1 степени огнестойкости по [41] (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водопенные (ОХВП – 10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ – 2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Для тушения токоведущих частей и

электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП – 5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

1. Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

2. Специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточновытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении – соответствии с [42] и [43].

3. Специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования,

4. Первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители [44], пенные огнетушители ТУ 22 – 4720 – 80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно),

5. Автоматические сигнализаторы (типа СВК – 3 М 1 ) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений до взрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Инжиниринговый центр полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного на рисунке 25, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.



Рисунок 25 – План эвакуации

### 6.3 Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

1. Свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему).
2. Ртуть (поражает мозг и нервную систему).
3. Никель и цинк (могут вызывать дерматит).
4. Щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

1. Отделение металлических частей от неметаллических.
2. Металлические части классифицируют (сталь, медь, алюминий), минимизируют по объему, упаковывают, хранят на складе до накопления 1

транспортной единицы и потом направляют на соответствующий металлургический передел.

3. Неметаллические части компьютера (пластик) измельчают, накапливают объем до 1 транспортной единицы и направляют в дорожно-строительную фирму в качестве пластифицирующей добавки дорожно-строительной смеси.

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

1. Побеспокоится заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой.

2. Узнать, насколько новая техника соответствует современным эко – стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по нескольким причинам. Во – первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета, организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ). Во – вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку».

Стадия утилизации, утилизируя технику мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые металлы сдаются в Госфонд, а не оседают на свалках. Утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

1. Использовать услуги профессиональной компании по рециклингу, которая может приехать и забрать все приборы, которые планируется сдать в переработку.

2. Обратиться в местный муниципалитет по вопросу переработки электроники.

## **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **6.4.1 ЧС природного характера**

Природная чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске, расположенном на востоке Западной Сибири с континентально – циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Для данной территории в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения.

При подготовке к зиме необходимо обеспечить производство следующим оборудованием и материалами:

1. Бензин – или дизельной электростанцией (авария на ЛЭП).

2. Газобаллонные с катализаторами калориферы (авария на ЛЭП и тепломагистралах).

3. Трехсуточный запас питьевой и технической воды (авария на водоканале).

4. Теплый транспорт (авария на муниципальном транспорте).

5. Запасные обогреватели, количества и мощности которых должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась (переморозка труб).

#### **6.4.2 ЧС техногенного характера**

В Инжиниринговом центре ОАО «Манотомь» существует вероятность ЧС техногенного характера.

ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, транспортных магистралях и продуктопроводах; пожаров, взрывов на объектах.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать:

1. Системой видеонаблюдения,
2. Круглосуточной охраной,
3. Пропускной системой,
4. Надежной системой связи.

Также необходимо исключить распространение информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностным лицам раз в полгода требуется проводить тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

## **Заключение**

В ходе выполнения ВКР был произведен патентный обзор и обзор производителей на наличие манометров с использованием ЭП и способов реализации калибровки измеренного давления. Была разработана схема электрическая принципиальная печатного узла, внесены конструктивные изменения в механизм манометра, написано ПО МК для осуществления приема, передачи и обработки информации, полученной от ЭП. Проведено 2 исследования с целью получения данных о статической характеристике манометра с помощью ЭП, вычислении начальной и конечной точек для калибровки цифровых значений, а также проверена работоспособность печатного узла с использованием калибровки по 2 точкам.

Разработанная схема не является законченным функциональным решением, поскольку не решены задачи внедрения манометра в системы АСУ ТП с помощью цифрового канала передачи данных по промышленному протоколу, а также создания более точной калибровочной кривой по 3 и более точкам при прямом и обратном ходе.

Внедрение процесса калибровки манометра и создания индивидуальной шкалы с помощью АСУ ТП, позволит улучшить качество изготавливаемых манометров и сократить время изготовления прибора.

Глава финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение отражает экономическую составляющую данной работы, а именно материальные и нематериальные затраты, заработные платы магистранта и руководителя и общие затраты на изготовление готового образца печатного узла манометра. В главе социальная ответственность описаны основные нормы и акты безопасности жизнедеятельности вовремя работе над ВКР.

## Список использованных источников

1. Дэйв Росс, Как понять, что манометр поврежден или может отказать? [Электронный ресурс]/URL: <https://osensorax.ru/davleniye/klass – tochnosti – manometra>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

2. Что такое класс точности манометра [Электронный ресурс]/. URL: <https://www.swagelok.com/ru/blog/gauge – failure – modes>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

3. PGT23.100 [Электронный ресурс]/URL: [https://www.wika.ru/pgt23\\_100\\_pgt23\\_160\\_ru\\_ru.WIKA](https://www.wika.ru/pgt23_100_pgt23_160_ru_ru.WIKA), свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 07.05.2021.

4. Namur NE43 [Электронный ресурс]/URL: <https://www.divize.com/techinfo/namur – ne43.html>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

5. АДМ – 100.3 – преобразователь давления с токовым выходом [Электронный ресурс]/URL: [https://www.kb – agava.ru/kontrolno\\_izmeritelnye\\_pribory/adm/preobrazovatel\\_davleniya\\_s\\_tokovym\\_vykhodom\\_adm\\_100\\_3](https://www.kb – agava.ru/kontrolno_izmeritelnye_pribory/adm/preobrazovatel_davleniya_s_tokovym_vykhodom_adm_100_3), свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

6. Эрман Г.З., Лабетский С.М., Антонов Д.Л. Электронно – механический измерительный прибор // Патент РФ №2013149078/28 от 27.02.2014 Бюл. № 6.

7. Pang Jingchen, Yang Wei, Equipment utilizing magnetoelectric encoder technology to realize gas pressure value conversion in pressure gauge // Патент КНР № CN106338359 (A) от 18.01.2017.

8. Свинолулов Ю.Г., Гетц А.Ю., Тимошенко Н.А., Коношенкин А.В. Сигнальный манометр // Патент РФ № 2012157838 от 10.07.2014 Бюл. № 19.

9. Гетц А.Ю., Мачкинис В.И., Везнер С.М., Метальников А.Ю. Способ индивидуальной градуировки шкал манометров и устройство для его осуществления // Патент РФ № 2009145224/28 от 10.03.2010 Бюл. № 7.



10. Ю. Г. Свинолулов. Применение энкодеров в стрелочных манометрах – перспективное направление в манометрии / Свинолулов Ю.Г., Тимошенко Н.А., Коношенкин А.В., Кулешов В.К. // Приборы научно – технический, производственный и справочный журнал: – 2014. — № 5. — С. 7 – 12. — ISSN 2071 – 7865.

11. Hacizade U. Calibration of the Pressure Gage via GA and LSM Based Combined Calibration Method //IFAC – PapersOnLine. – 2018. – Т. 51. – №. 30. – С. 774 – 779.

12. Методические рекомендации к проведению лабораторно – практической работы: Деформационные манометры [Электронный ресурс]/Стукалов Ю.В. URL: <https://nsportal.ru/sites/default/files/2017/09/07/manometry.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

13. ЭКО – ИНТЕХ, Манометр дифференциальный цифровой ДМЦ – 01М [Электронный ресурс] // Руководство по эксплуатации 5.910.000 РЭ / URL: <http://www.ekoet.ru/files/eco – intech/dmc – 01m.pdf>. Дата обращения: 07.05.2021.

14. МИ 2145 – 91 ГСИ. Манометры и вакуумметры деформационные образцовые с условными шкалами. Методика поверки.

15. Парамонов А.М. Способ приведения в соответствие показаний шкалы циферблата манометра и значений измеряемого им давления среды // Патент РФ № 2004117207/28 от 20.11.2005 Бюл. №32.

16. Устройство и принцип работы манометра [Электронный ресурс]/ URL: <http://www.hydro – pnevmo.ru/topic.php?ID=237>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

17. Математическая обработка результатов измерения: учебное пособие/ Г.В. Вавилова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд – во Томского политехнического университета, 2013. – 167 с.

18. МПЗА – Кс, ВПЗА – Кс, МВПЗА – Кс (безопасный корпус) [Электронный ресурс]/ URL: <https://www.manotom – tmz.ru/catalog/mekh/>

manometry – korrozionnostoykie – v – bezopasnom – korpuse% D0% B5/el/mp3a – ks – vp3a – ks – mvp3a – ks – bezopasnyu – korpus/, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

19. СИМВОЛОВ x 2 ЛИНИИ LCD ДИСПЛЕЙ [Электронный ресурс]/ URL: <https://www.winstar.com.tw/ru/products/character – lcd – display – module/wh0802a – yugk – jt.html>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

20. Сети ЭВМ и телекоммуникации. Учебное пособие. Часть 1. Общие принципы построения сетей. Локальные сети. /Брейман А.Д. – М.:МГАПИ, 2001. – 75с.:ил.

21. Токовая петля 20 мА. Вопросы и ответы [Электронный ресурс] // URL: <https://tomsk.terraelectronica.ru/news/5602>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

22. Как работает токовая петля 4 – 20 мА [Электронный ресурс]/ Повный Андрей// URL: <http://electricalschool.info/automation /2248 – как – rabotaet – tokovaya – petlya – 4 – 20 – ma.html>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. рус. Дата обращения: 07.05.2021.

23. Datasheet LTC2057 [Электронный ресурс]/ Linear Technology//URL: <https://www.analog.com/media/en/technical – documentation/data – sheets/2057f.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

24. Datasheet MCP4725A1T – E/CH [Электронный ресурс]/ Microchip Technology //URL: <https://ru.mouser.com/datasheet/2/268/22039d – 9676.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

25. Datasheet AS5045 [Электронный ресурс]/ Austriamicrosystems //URL: [https://ams.com/documents/20143/36005/AS5045\\_DS000101\\_2 – 00.pdf](https://ams.com/documents/20143/36005/AS5045_DS000101_2 – 00.pdf), свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

26. Datasheet ATmega328P – AU [Электронный ресурс]/ Atmel //URL: <http://www.farnell.com/datasheets/2047852.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

27. Datasheet IM06GR [Электронный ресурс]/ TE Connectivity //URL: <https://static.chipdip.ru/lib/245/DOC000245354.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

28. Datasheet TPS5420DR [Электронный ресурс]/ Texas Instruments //URL: <https://static.chipdip.ru/lib/820/DOC000820462.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

29. Datasheet TL431BQDBZRQ1 [Электронный ресурс]/ Texas Instruments //URL: <https://static.chipdip.ru/lib/992/DOC003992975.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

30. Datasheet L4931ABD120TR [Электронный ресурс]/ ST Microelectronics //URL: <https://static.chipdip.ru/lib/825/DOC004825538.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

31. Datasheet L78L05ABUTR [Электронный ресурс]/ ST Microelectronics //URL: <http://www.farnell.com/datasheets/1897877.pdf>, свободный. Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 07.05.2021.

32. СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340 – 03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

33. ГОСТ 54 30013 – 83. Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности.

34. ГОСТ 12.4.154 – 85. ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты.

35. ГН 2.2.5.1313 – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

36. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055 – 96. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ).

37. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

38. СНиП 23 – 05 – 95. Естественное и искусственное освещение.

39. НПБ 105 – 03. Нормы пожарной безопасности.

40. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

41. СНиП 2.01.02 – 85. Противопожарные нормы.

42. ГОСТ 12.4.021 – 75. Система стандартов безопасности труда системы вентиляционные.

43. СНиП 2.04.05 – 86. Отопление, вентиляция и кондиционирование.

44. ГОСТ 9230 – 77. Огнетушители СО(2) (углекислотные) передвижные.

## Приложение А

(обязательное)

### Pressure gauge with encoder converter

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1АМ92	Пищанская М.И.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИЯ	Сидоренко Т.В.	к.п.н.		

## **1.1 Technical overview of the literature on the topic of electronic, mechanical and electrical function of the switches gauges and methods of calibration**

A search was carried out for existing analogs of dial gauges with electrical interfaces using EC among manufacturers of gauge products. Also, a patent search for similar solutions was carried out. The electronic, mechanical and functional parts of electric dial gauges were considered. Also, a search was made for methods for calibrating the measured pressure values, for implementing these methods.

There were found 2 pressure gauges using EP among the devices on the market. The pressure gauge model PGT23.100 manufactured by WIKA [3] has a AC = 1%, contains an eight – bit electronic board, an electrical output analog data interface in the form of a unified current signal (4 – 20) mA, (0 – 20) mA in an extended range according to Namur NE – 43 [4] , supply voltage (12 – 30) VDC, operating temperature from minus 40 to plus 60°C. The model has the function of electrical "calibration" for the zero position of the measuring instrument, mechanical "calibration" with the help of adjusting screws. Electrical “calibration” is accomplished by shorting the dedicated pins in the output connector for 30 seconds. Other devices similar to this model do not have additional functions.

We also found an ADM – 100.3 dial gauge [5]. The pressure gauge has a minimum AC = 1.5%, supports an analog data interface with (4 – 20) mA, has an operating temperature from minus 10 to plus 55°C, and a supply voltage of (12 – 24) VDC. The device includes firmware that cannot be modified or read. The software contains a calculation formula and coefficients for converting pressure to an output signal. Other devices of the manufacturer have such additional functions as 2 discrete output signals, digital output RS – 485, Ethernet, PID controller. These functions provide power circuit supervision, protection and signaling. The magnet and the sensing element are located on the arrow head above the analogue scale.

The technical solution PGT23.100 in comparison with ADM – 100.3 has a better AC, operating temperature range, extended range of power supply and output current signal, the ability to calibrate by the user. The disadvantage of PGT23.100 in comparison with ADM – 100.3 is the absence of other combined functions, for example, a digital interface for data transmission or control of external circuits, which does not allow integrating a pressure gauge into an automation system and replacing several larger devices with one pressure gauge.

Therefore, the device under development has a number of advantages over its analogues: operating temperature range minus 40 to plus 60°C, software calibration of the error, switching of external circuits, a digital indicator for interaction with the user on site.

A search for patents in Russian and English was carried out in the Espacenet and FIPS databases.

Patent "Electronic - mechanical measuring device" [6], containing a measuring module, an indicator module and a signal conversion module, an indicator module located in the case. The indicator module is a dial with a scale and a pointer. The measuring module has a sensing unit that contains a magnetically sensitive element. The magnetically sensitive element interacts with the magnetic field from a permanent magnet, which is mounted on the pointer along the axis. The magnetically sensitive element contains at least two Hall sensors, mounted above the permanent magnet on the bracket console. The bracket is attached to the dial with a scale. The magnetically sensitive element is connected to the signal conversion module. The signal conversion module has a series – connected analog – to – digital converter, an angle calculator, and an output signal shaper. Dial scale calibration data not available.

The pressure gauge from the patent [7] "Equipment utilizing magnetoelectric encoder technology to realize gas pressure value conversion in pressure gauge" has a following design (figure 1): the body 2 of the manometer contains a dial 1 with pointer 5, while it contains another pointer 8 behind the dial, the second pointer is needed to turn on the reed switch 7 using the magnet 6. A reed switch that is connected to the PCB control circuit. The control circuit is activated immediately

after the start of the gauge operation. Pointer 5 and 7 are connected by means of a shaft 4. It also contains a printed circuit board 3 with a magnetic encoder 10 and a magnet 9. The magnetic encoder 10 is located on the board 11.

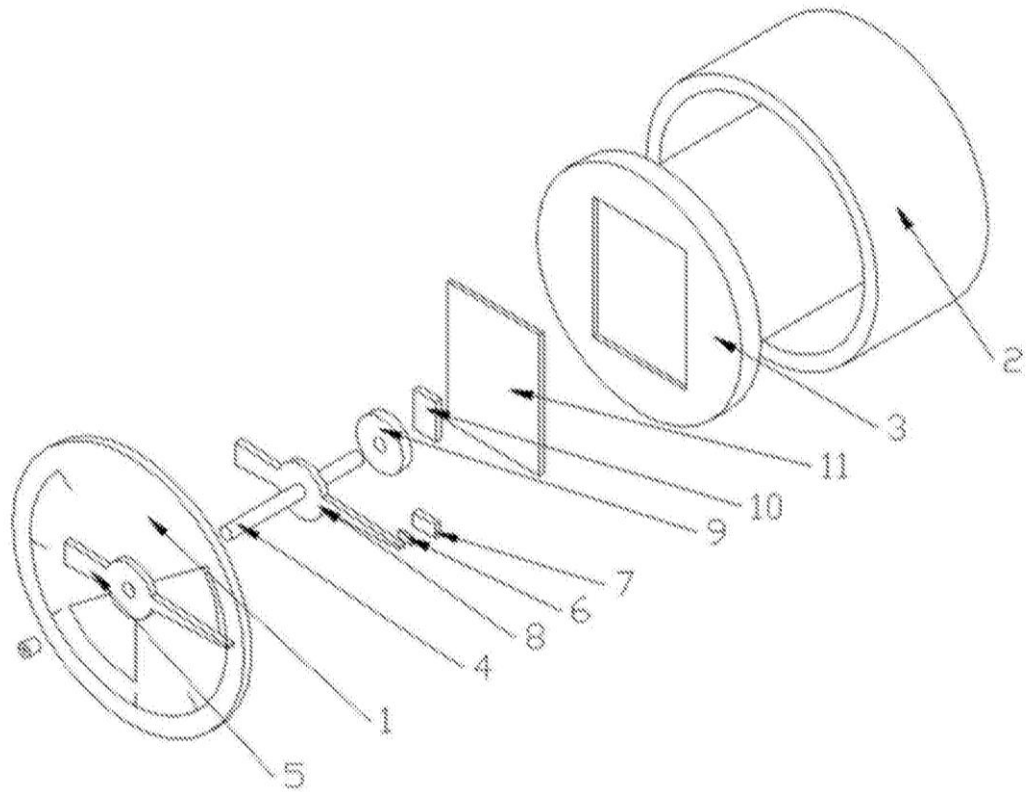


Figure 1 – Assembling from the patent [7]

However, the pressure gauge has a circuit design feature – a "dry" reed switch, which is connected to the control circuit of the printed circuit assembly. The control circuit is activated immediately after the start of the gauge operation.

3. The closest in technical essence is the "Signal pressure gauge" [8]. The pressure gauge has a similar design as the previous ones. The pressure gauge has two modes of operation: the first mode of operation is "calibration", which realizes the alignment of the SI with the digitized marks of the instrument scale. The pressure gauge processor generates and stores the law of approximation of indications. The second mode of operation is "measurement". Also, the pressure gauge has the ability to switch external circuits.

The disadvantages of the proposed patent solutions are:



- relatively small AC scan, this narrows the circle of potential consumers,
- lack of digital indication in place, this reduces the convenience of using the device,
- the lack of electrical outputs, this does not allow the pressure gauge to be built into the APCS,
- there is little information about the calibration of the dial scale, this does not provide information about the correctness of methods that reduce the error of the measurement result.

Stand [9] can be used for calibration. The setup is based on optical measurements. The main advantage of the stand is the absence of a printed circuit board. The authors of the patent use a reading device that has an optical connection with the manometers under verification. This method has a disadvantage. The disadvantage is the technological complexity of observing the rule: all devices should be installed at the same level and at the same height with a digital pressure meter. This rule is necessary to exclude additional error in instrument readings, which appears due to the difference in the levels of the medium used in the installation (air, oil, etc.).

The authors of the article [10] use the method of calibrating the analog output current signal using the data from the EC to eliminate the nonlinearity of the pressure change function of the spring pressure gauge. The minimum AC is 0.037 % as calibrated. Therefore, this calibration method can be applied to create an individual dial scale, as well as to transmit calibrated values via a digital interface.

The authors of the article [11] investigate the effectiveness of two methods for calibrating the measured pressure values: the LMS and the method based on the "Genetic Algorithm" (GA) of the Bourdon tube using EC. The authors review the calibration of a differential pressure gauge. The results of the GA calibration are compared with the results using the LMS. Experimental results show that LMS is most effective in the (0 – 6,7) bar range and GA is most effective in the (6,7 – 9,0) bar range.

## 1.2 Overview of methods to improve accuracy

AC of a manometer is a generalized characteristic of a manometer. This characteristic reflects the level of accuracy. AC is the permissible percentage of error (deviation, discrepancy) of the pointer on the scale in relation to the real value of the measured parameter.

AC of the manometer is defined as the reduced error to the FSV (1),

$$AC = \sigma = \frac{\Delta}{FSV} \cdot 100\% \quad (1)$$

where  $\Delta$  – the absolute error, that is, the difference between the pressure gauge reading and the known reference (actual) value.

The reduced error of the manometer is for the readings on the dial, readings of the analog and digital interface.

The main source of the systematic error of the mechanical system of the manometer is the nature of the dependence of the displacement  $\delta$  of the operating point on the effective pressure  $P$ . This characteristic  $\delta = f(P)$  (figure 2) is called "static". The static characteristic can be linear 1 or non – linear 2.

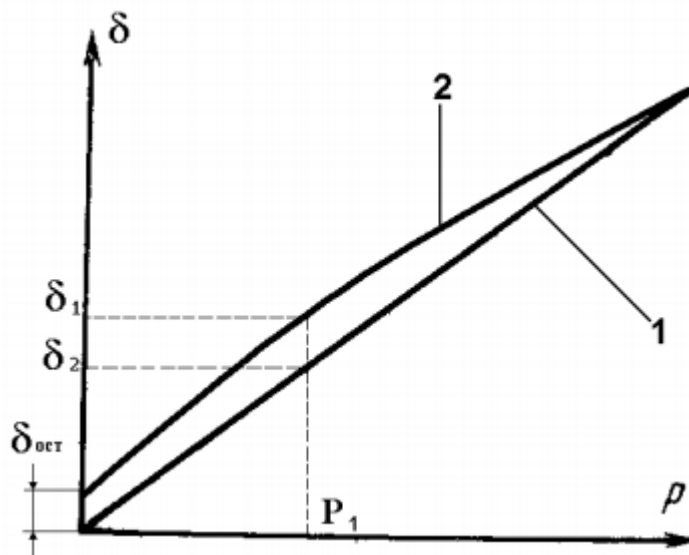


Figure 2 – Static characteristic of DE

The course of the static characteristic has an ambiguous character within the limits of elastic deformation. This characteristic form a hysteresis loop. Hysteresis is a phenomenon that is caused by the internal friction of a material. Hysteresis manifests itself in the ambiguity of the DE stroke for the same pressure increments with increasing and decreasing. In addition to the noted disadvantage, DE has the property of elastic aftereffect. The elastic consequence is that the deformation continues to decrease after the cessation of the pressure change, the deformation asymptotically approaches the limiting value. There is still residual deformation when the DE does not return to its original position after the pressure is released. Residual deformation accumulates after repeated measurements, this leads to significant errors [12].

To quantify the hysteresis error, the concept of variation (V) is used. Variation is the difference between the values of the output signal corresponding to the same value of the measured quantity, obtained with a multiple and two – sided approach to this value, i.e. during forward and backward movement of the pointer.

Therefore, the value of the pressure variation VP is the difference between the measured pressure during the forward Pf and the reverse strokes Rb DE for the measured pressure will be calculated by formula 2.

$$VP = Pf - Pb \quad (2)$$

The basic error and variation of the manometer readings are determined at n values of the measured value (n is the number of points to be verified in the measurement range). The points must be evenly distributed over the measuring range. The pressure must be gradually increased, the readings must be counted at the given points, it must also be held for 2 minutes at the FSV, then the pressure must be gradually reduced and the readings must be read at the same pressure values as when increasing [13].

There are several ways to improve the accuracy of pressure gauges:

1. Mechanical adjustment. It is necessary to use adjusting screws to vary the length of the adjustable link connecting the DE with the sector, and the length of the lever of engagement of this adjustable link on the toothed sector. The main purpose

of mechanical adjustment is to establish the dependence of the stroke of the toothed sector, pinion and pointer on the measured pressure close to linear, as well as to establish the correspondence of the initial and final values of the scale to the set pressure measurement range reflected on the dial scale [14]. Mechanical adjustments must be made for each pressure gauge after completion of the mechanical assembly;

2. Changing the scale of the manometer. A typical or custom dial scale must be used. A typical scale is used for all gauges of the same type, an individual scale is created for each gauge separately. The graduation of the scale is applied to the dial in accordance with the AC of the manometer, version, case diameter and limiting pressure values. Manufacturing scales with individual graduations is the most common method. This method of application is used when a static device has a nonlinear nature or is close to linear, but a characteristic scheme for measuring the error in the measuring range of the device to a device of this type (for example, an amplifier of the nonlinearity spread of a characteristic element) in a random way, while mechanical adjustment does not allow reducing the basic error to the limits of its permissible values using the adjusting screws.

There are several ways to obtain data for an individual pressure gauge scale:

1. Optical calibration. The data must be obtained using equipment based on optics, which non – contact fixes the position of the pointer at different pressures;

2. Electronic calibration. It is necessary to use data from transducers of the SI rotation angle, inductive sensors for displacement of the end of the spring, piezoelectric sensors. The sensor data is converted into an electrical signal and transmitted via a digital or analog interface to a personal computer, equipment for printing dials, etc.

Measurement and registration of the position of the dial indicator can be carried out in several ways, described in [15]:

1. Setting reference pressures with a certain step with registration of the position of the pointer;

1.1. Registration of the established position of the pointer 1 time;

1.2. Registration of the established position of the pointer more than 1 time with subsequent averaging;

2. Changing the position of the pointer with a certain step with the registration of the pressure required to change the position;

3. Pressure setting from zero to nominal position and back to zero position.

Electronic calibration is actively used in the presence of a printed circuit board. Electronic sensors have a relatively high sensitivity; therefore, a forward and reverse measurement is carried out and each value is averaged.

Thus, it was decided to use the electronic calibration of the manometer with the registration of the steady position of the pointer 1 time, aimed at assessing the hysteresis error and the parameters of the digital value curve, taking into account this error.

## Приложение Б

(обязательное)

Таблица Б.1. Сравнительная таблица индикаторов

Характеристика	Индикаторы					
	Winstar	Blaze	Winstar	Raustar optronics	Electronic assembly	Китай
Производитель	Winstar	Blaze	Winstar	Raustar optronics	Electronic assembly	Китай
Название	WH0802A – YGK – JT	BCB0802 – 02 – BL	WEN000802A	REX006432A WPP3N0	W064048 – XALG	Дисплей 0.96' 128×64
Рыночная стоимость, руб.	460	360	940	670	2300	643
Тип	LCD	LCD	OLED	OLED	OLED	OLED
Тип выводимой информации	Символьный	Символьный	Символьный	Графический	Графический	Графический
Габаритные размеры печатного узла, ш·в·г, мм	58·32·13,2	58·32·13,5	58·32·10	14,5·11,6·1,26	18,46·18,10·1,3	27·27·4,1
Габаритные размеры корпуса экрана, ш·в·г, мм	43,2·26,2·8,6	44,2·27·9,4	43,2·21,3·4,5	12,58·6,58	13,42·10,06	21,8·10,9·1,5
Интерфейс передачи данных	Parallel 6800	Parallel 6800	Parallel 6800	I2C	Parallel 6800, I2C, SPI	I2C
Напряжение питания, В	5	5	5	(3,3–5)	(3–7,25)	(3–5)
Ток потребления, мА	24	15	28,5	20	13	–
T <sub>экс.мин.</sub> , °С	– 20	– 20	– 40	– 40	– 40	– 40
T <sub>экс.макс.</sub> , °С	+70	+70	+80	+85	+80	+80

Таблица Б.2. Сравнительная таблица ОУ

Характеристики	КР140УД708	К140УД1701А	OP07CSZ	LTC2057	OPA627BP
Производитель	Россия, Микро – М	Россия, Микро – М	США, Analog Devices	США, Linear Technology	США, Texas Instruments
Рыночная стоимость, руб.	58	230	120	763	2300
$U_{пит}, В$	$\pm 15$	$\pm 15$	$\pm 18$	$\pm(4,75-36)$	$\pm(2-18)$
$I_{см}, нА$	400	$\pm 4$	$\pm 8$	0,36	0,005
$I_{сд}, нА$	200	$\pm 3,8$	$\pm 9$	0,48	0,005
$I_{см}, пА/°С$	Нет инф.	Нет инф.	50	$I_{см}$	1
$I_{сд}, пА/ °С$	Нет инф.	Нет инф.	50	$I_{сд}$	1
$U_{см}, мкВ$	$\pm 6000$	$\pm 75$	$\pm 250$	$\pm 4$	$\pm 250$
$U_{см}, мкВ$ (без регулировки)	Нет инф.	Нет инф.	1,8	0,015	2
$I_{п}, мА$	3,5	4	Нет инф.	5,6	7,5
Корпус	DIP – 8	3101.8 – 1	SOIC8	MSOP – 8	DIP – 8
$T_{эксп.мин}, °С$	– 60	– 60	– 40	– 40	– 40
$T_{эксп.макс}, °С$	+85	+125	+125	+105	+85

Таблица Б.3. Сравнительная таблица внешних ЦАП

Характеристики	KP572ПА2А	AD5621B	MCP4725A1T E/CH	MAX5215	AD5692B
Страна, производитель	Латвия, AS "ALFA RPAR"	США, Analog Devices	США, Microchip Technology	США, Maxim Integrated	США, Analog Devices
Рыночная стоимость, руб.	254	218	74,91	479	638
Разрядность, бит	12	12	12	14	14
МЗР, В/бит при $U_{оп}=5В$	~0,0012	~0,0012	~0,0012	~0,00031	~0,00031
INL при $\Delta T_{эксп}$ , МЗР	±20	±1	±14,5	±1	±4
DNL, МЗР	±18	± 0,5	±0,75	±1	±1
$U_{см0}$ , мВ при FSR=5В	Нет инф.	±10	±3,75	±1,25	±1,5
$U_{тсм0}$ , мкВ/°С	Нет инф.	±2	±2	±1,6	±0,11
Интерфейс	Parallel	SPI, DSP	I2C	I2C	Serial, I2C
$U_{оп}$ , В	±22,5	(2,7 – 5,5)	(2,7 – 5,5)	(2,7 – 5,5)	(2,7–5,5)
$I_{п}$ , мкА	3000	100	400	80	100
Корпус	4134.48 – 2	SC – 70 – 6	SOT – 23 – 6	SSOP16	LFCSP/SC70
$T_{эксп.мин.}$ , °С	– 60	– 40	– 40	– 40	– 40
$T_{эксп.макс.}$ , °С	+85	+125	+125	+105	+105



Таблица Б.4. Сравнительная таблица датчиков серии AS504x

Характеристики	AS5030	AS5040	AS5043	AS5045	AS5048
Рыночная стоимость, руб.	796	1710	1610	1906	1204
Разрядность, бит	8	10	10	12	14
Разрешение °/бит	~1,406	~0,352	~0,352	~0,088	~0,022
INL, °	±0,5	±0,5	±0,5	±0,5	±1,0
DNL, °	± 0,176	± 0,176	± 0,176	±0,044	±0,044
INL <sub>temp</sub> при ΔT <sub>эсп.</sub> , °	±0,9	±0,9	±0,9	±0,9	±0,2
E <sub>i</sub> , °	±1,811	±1,696	±1,636	±1,504	±1,304
Цифровой интерфейс	x (SSI)	x(SSl)	x(SSl)	x(SSl)	SPI / PC
ШИМ кодирование	x	x		x	x
Аналоговый выход			x		
Программирование «0» позиции	x	x	x	x	x
Режим диагностики	x	x	x	x	x
Центрирование магнита	x	x	x	x	x
Напряжение питания, В	5	3,3, 5	3,3, 5	3,3, 5	3,3, 5
Ток потребления максимальный, мА	22	21	21	21	15
Корпус	TSSOP16	SSOP16	SSOP16	SSOP16	TSSOP14
T <sub>эсп.мин.</sub> , °C	- 40				
ΔT <sub>эсп.макс.</sub> , °C	+125				

Таблица Б.5. Сравнительная таблица ЭМР

Производитель	NCR	Xiamen Hongfa Electroacoustic Co.Ltd	NCR	TE Connectivity
Название	NRP – 03K – C – 12D – H	HF41F/12 – Z	IM06GR	RT314012
Контактная группа	1 пер.	1 пер.	2 пер.	1 пер.
Управляющее напряжение, В	12	12	12	12
Сопротивление обмотки, Ом	720	720	720	360
Коммутируемое напряжение, В	120VAC/60VDC	AC250B/DC30 В	AC250B/DC30 В	16DC/220AC
Коммутируемый ток, А	2	1	3	4
T <sub>эсп.мин.</sub> , °C	– 30	– 40	– 40	– 40
T <sub>эсп.макс.</sub> , °C	+70	+85	+85	+85
Рыночная цена, руб.	120	310	172	240

Таблица Б.6. Сравнительная таблица МК AVR

Характеристики	ATmega328 – AU	ATmega48PA – AU	ATMEGA328PB – AU	ATxmega128A4U – AU
Количество входов/выходов	23	23	27	34
Объем памяти программ flash, кбайт	32 (16k x 16)	4 (2k x 16)	32 (16k x 16)	128 (64k x 16)
Объем EEPROM	1k x 8	256 x 8	1k x 8	2k x 8
Тактовая частота, МГц	20	20	20	32
Встроенные интерфейсы	i2c, spi, uart	i2c, spi, uart	i2c, spi, uart	i2c, irda, spi, uart, usb
Наличие ЦАП/АЦП	– /ацп 8x10b	– /ацп 8x10b	– /ацп 8x10b	ацп 12x12b/цап 2x12b
Напряжение питания, В	(1,8–5,5)	(1,8–5,5)	(1,8–5,5)	(1,6–3,6)
Ток потребления, мА (8МГц, U <sub>пит</sub> max)	10	10	5	4,5
T <sub>эсп.мин.</sub> , °C	– 40	– 40	– 40	– 40
T <sub>эсп.макс.</sub> , °C	+85	+85	+85	+85
Корпус	TQFP – 32	TQFP – 32	TQFP – 32	TQFP – 44
Рыночная стоимость, руб	240	180	240	620