

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Измерение магнитного поля постоянных магнитов

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Березина Алена Алексеевна		

УДК621.317.4:621.318.2.013

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Спиридонова Анна Сергеевна	к. т. н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Жиронкин Сергей Александрович	д. э. н, профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д. м. н, профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	д. т. н, профессор		

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты освоения направления

27.04.01 «Стандартизация и метрология»

Код компетенции	Наименование компетенции
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)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, самостоятельно изучать научно-техническую документацию своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен определить математическую и техническую сущность задач и провести их качественно-количественный анализ
ОПК(У)-3	Способен на основании статистических методов участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий, направленных на улучшение качества, интерпретировать и представлять результаты
ОПК(У)-4	Способен анализировать полученные результаты измерений на основе их физической природы и принимать обоснованные решения в области профессиональной деятельности
ПК(У)-1	способен к разработке и практической реализации систем стандартизации, сертификации и обеспечения единства измерений
ПК(У)-2	готов обеспечить необходимую эффективность систем обеспечения достоверности измерений при неблагоприятных внешних воздействиях и планирование постоянного улучшения этих систем
ПК(У)-3	способен анализировать состояние и динамику метрологического и нормативного обеспечения производства, стандартизации и сертификации на основе использования прогрессивных методов и средств
ПК(У)-4	способен обеспечить выполнение заданий по разработке новых, пересмотру и гармонизации действующих технических регламентов, стандартов и других документов по техническому регулированию, стандартизации, сертификации, метрологическому обеспечению и управлению качеством
ПК(У)-5	способен разрабатывать процедуры по реализации процесса подтверждения соответствия
ПК(У)-6	готов обеспечить эффективность измерений при управлении технологическими процессами
ПК(У)-7	готов обеспечить надежность и безопасность на всех этапах жизненного цикла продукции
ПК(У)-8	способен к автоматизации процессов измерений, контроля и испытаний в производстве и при научных исследованиях
ПК(У)-29	готов участвовать в научной и педагогической деятельности в области метрологии, технического регулирования и управления качеством

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДЕНО:
 Руководитель ООП
 _____ Муравьев С.В.
 (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
8ГМ01	Березиной Алене Алексеевне

Тема работы:

Измерение магнитного поля постоянных магнитов	
Утверждена приказом и.о. директора (дата, номер)	№ 47-12/с от 16.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.05.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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 т. д.).</i>	Объектами исследования являются методы измерения магнитного поля постоянных магнитов, разработка алгоритма измерений и обработки полученных данных с помощью программной среды LabVIEW.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	- введение; - постоянные магниты;

<p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - изучение измерительного комплекса; - изучение и анализ научных исследований магнитного состояния электромеханических преобразователей; - выявление источников неопределенности измерения магнитного поля; - обработка результатов измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля; - финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; - социальная ответственность.
---	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация выполнена в программе <i>MicrosoftPowerPoint</i></p>
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жиронкин Сергей Александрович
Социальная ответственность	Федоренко Ольга Юрьевна
Раздел, выполненный на английском языке	Маркова Наталия Александровна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Постоянные магниты

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.02.2022 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Спиридонова Анна Сергеевна	к.т.н		

Задание принял к исполнению:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Березина Алена Алексеевна		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – (осенний/весенний семестр 2021/2022 учебного года)
 Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН Выполнение выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы	03.06.2022 г.
---	---------------

Дата контроля	Наименование раздела (модуля)/вид работы(исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.05.2021	Глава 1. Постоянные магниты	10
14.09.2021	Глава 2. Исследование ЭД и характеристик СИ и ВО	15
25.10.2021	Глава 3. Изучение и анализ научных исследований магнитного состояния электромеханических преобразователей	15
17.01.2022	Глава 3. Выявление источников неопределенности измерения магнитного поля	20
28.03.2022	Глава 5. Обработка результатов измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля	20
16.02.2022	Глава 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
16.02.2022	Глава 7. Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Спиридонова Анна Сергеевна	к.т.н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	д.т.н, профессор		

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

Студенту:

Группа		ФИО	
8ГМ01		Березиной Алене Алексеевне	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

Измерение магнитного поля постоянных магнитов	
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>1 Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
<i>2 Нормы нормативы расхода ресурсов</i>	-
<i>3 Используемая система налогообложения, Ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
<i>2. Разработка устава научно-технического проекта</i>	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации
<i>3. Планирование процесса управления НИИ: Структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
<i>4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта
Перечень графического материала (сточным указанием чертежей)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НИИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Диаграмма FAST 	

- 5. Матрица SWOT
- 6. График проведения и бюджет НИИ - выполнить
- 7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ –выполнить
- 8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

16.02.2022 г.

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Жиронкин Сергей Александрович	д.э.н, профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Березина Алена Алексеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ГМ01		ФИО Березина Алена Алексеевна	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

Измерение магнитного поля постоянных магнитов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования: комплекс средств измерений (СИ) и вспомогательного оборудования (ВО) для измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля (МИ ПМП).</i></p> <p><i>Область применения: машиностроение.</i></p> <p><i>Рабочая зона: лаборатория.</i></p> <p><i>Размеры помещения: 24*12 м.</i></p> <p><i>Вид системы отопления: водяное.</i></p> <p><i>Способ вентиляции: принудительный (вентиляция с фильтрацией воздуха).</i></p> <p><i>Освещение: направленный свет.</i></p> <p><i>Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером в аудитории корпуса №10.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021); - ГОСТ 12.03.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов; - СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания; - ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности; - СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы; - СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение; - Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда; - МР 2.2.9.2311 – 07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности; - ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность; - ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность; - ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих

	<p>местах и требования к проведению контроля.</p> <p>- ОСТ 17.4.3.04-85 ССОП Охрана природы. Почвы</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов - Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Электробезопасность (поражение электрическим током; короткое замыкание; статическое электричество).</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>2. отклонение показателей микроклимата;</p> <p>3. повышенный уровень шума;</p> <p>4. психофизические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность работы).</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует.</p> <p>Воздействие на атмосферу: отсутствует.</p> <p>Воздействие на гидросферу: отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу происходит при утилизации:</p> <p>1. компьютера и периферийных устройств;</p> <p>2. люминесцентных ламп;</p> <p>3. макулатуры.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Геологические воздействия (землетрясение, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.)</p> <p>Техногенные аварии (пожар)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
<p>16.02.2022 г.</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н, профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Березина Алена Алексеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 116 с., 16 рис., 20 табл., 26 источников и 2 приложения.

Ключевые слова: постоянные магниты, выявление источников неопределенности, измерительный комплекс, бесконтактное диагностирование, магнитное поле.

Объектами исследования являются методы измерения магнитного поля постоянных магнитов.

Цель работы: исследование магнитного поля постоянных магнитов и выявление источников неопределенностей измерений магнитной индукции.

Изучены публикации по проблематике экономической эффективности использования электромеханических преобразователей энергии. В процессе исследования проведены измерения магнитного поля постоянных магнитов измерительным комплексом, выявлены неопределенности измерения и проведена обработка полученных результатов с помощью программного обеспечения, разработанного с использованием программной среды LabVIEW.

Результаты исследования планируется применять при оценках магнитного состояния преобразователей энергии.

Исследования в дальнейшем будут применяться для физических испытания моделей, макетных и опытных образцов новых электромагнитных устройств, производимых с целью проверки и уточнения характеристик, полученных расчетным путем при проектировании нового устройства.

Содержание

	С.
Обозначения и сокращения	14
Введение	15
1 Постоянные магниты	18
1.1 Достоинства и недостатки постоянных магнитов	19
1.2 Принцип действия постоянных магнитов	20
1.3 Область применения постоянных магнитов	22
1.4 Материал, применяемый для эксперимента	25
1.5 Магниты, применяющиеся в магнитоэлектрических машинах	27
1.5.1 Магнитотвердые ферриты стронция, бария, кобальта	27
1.5.2 Магнитное поле исследуемого магнита	28
2 Изучение измерительного комплекса и эксплуатационной документации средств измерений и вспомогательного оборудования	30
2.1 Тесламетр-веберметр универсальный ТПУ-2В	30
2.2 Катушки Гельмгольца КГ-ЗЭТ-1 и КГ-ЗЭТ-2	32
2.3 Промышленный робот	34
2.4 Основа измерительного комплекса	36
3 Изучение и анализ научных исследований магнитного состояния электромеханических преобразователей	38
3.1 Эффективность постоянного магнита и асинхронного двигателя	38
3.2 Диагностика электромеханических преобразователей по внешнему магнитному полю	39
4 Выявление источников неопределенности измерения магнитного поля	42
4.1 Погрешность метода измерения магнитной индукции постоянного магнита	42
4.2 Инструментальная погрешность	42
4.2.1 Относительная погрешность определения постоянной катушек Гельмгольца	42
4.2.2 Относительная погрешность измерений магнитной индукции тесламетром-веберметром универсальным ТВУ-2В	43
4.3 Погрешность калибровки робота промышленного	43
4.4 Погрешность прецизионности	48
4.5 Погрешность позиционирования постоянного магнита	49
4.6 Погрешность геометрических параметров	50
5 Обработка результатов измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля	52
5.1 Автоматизация расчета относительной погрешности измерения	

магнитной индукции на каждую точку	52
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	56
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	57
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	57
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений	58
6.1.3 SWOT-анализ	60
6.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	63
6.2 Инициация научно-исследовательского проекта	64
6.2.1 Цели и результат проекта	64
6.2.2 Организационная структура проекта	66
6.2.3 Ограничения и допущения проекта	66
6.3 Планирование научно-исследовательских работ	67
6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	67
6.3.2 Определение трудоемкости выполненных работ	68
6.3.3 Разработка графика научного исследования	69
6.4 Определение бюджета научно-технического исследования	70
6.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	70
6.4.2 Расчет заработной платы	72
6.4.3 Расчет затрат на социальный налог	73
6.4.4 Расчет затрат на электроэнергию	73
6.4.5 Расчёт амортизации расходов	74
6.4.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)	75
6.4.7 Расчет прочих расходов	75
6.4.8 Расчет общей себестоимости разработки	75
6.4.9 Расчет НДС	76
6.4.10 Цена разработки ОКР (НИР)	76
6.5 Оценка экономической эффективности проекта	76
7 Социальная ответственность	77
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	78
7.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	78
7.3 Производственная безопасность	80
7.3.1 Анализ вредных и опасных факторов	80
7.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в учебной аудитории при проведении исследований	81
7.3.3 Анализ вредных факторов	81
7.3.3.1 Микроклимат	81
7.3.3.2 Шум	83

7.3.3.3	Освещение	83
7.3.3.4	Психофизические факторы	86
7.3.3.5	Повышенный уровень электромагнитных излучений	87
7.3.4	Анализ опасных факторов	89
7.3.4.1	Электробезопасность	89
7.4	Экологическая безопасность	90
7.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	90
7.6	Выводы по разделу «Социальная ответственность»	93
	Заключение	95
	Список используемых источников	96
	Приложение А (справочное) Permanent magnets	99
	Приложение Б (обязательное) Инструкция измерения магнитного поля постоянных магнитов	109

Обозначения, сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

МИ – магнитная индукция;

ПДУ – предельно-допустимый уровень;

БД – бесконтактное диагностирование;

НД – нормативные документы;

ПМП – постоянное магнитное поле;

ЭД – эксплуатационная документация;

р.у. – рабочие условия;

СИ – средство измерений;

ВО – вспомогательное оборудование;

ФИФОЕИ – Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Введение

Согласно энергетической стратегии РФ на период до 2035 года основными задачами развития научно-технической и инновационной деятельности в отраслях топливно-энергетического комплекса и схожих с ними отраслях промышленности являются:

- развитие научно-технического потенциала;
- повышение инновационной активности организации топливно-энергетического комплекса;
- модернизация и повышение конкурентоспособности отраслей топливно-энергетического комплекса преимущественно на базе технологий, оборудования и материалов отечественного производства.

А также согласно государственной программе «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2030 года» одними из основных задач энергетической отрасли РФ являются задачи повышения надежности и обеспечения высокой энергоэффективности электрооборудования.

Одним из важнейших факторов повышения надежности и экономической эффективности использования электромеханических преобразователей энергии является внедрение средств их диагностики и учет всех неопределенностей измерения магнитного поля на старте разработки имитационной модели детали. Назначение диагностики и выявление неопределенности позволит предупредить отказ и неисправность, поддержать эксплуатационные показатели в установленных пределах, прогнозировать состояния в целях полного использования ресурса.

В связи с вышесказанным, стоит отметить, что двигатели с постоянными магнитами явно превосходят другие двигатели. Поскольку магниты намагничены постоянно, ротор может работать синхронно с переменным током переключения. Проскальзывание, необходимое для асинхронных двигателей, устранено, что повышает тепловую эффективность.

Конструкция двигателей с постоянными магнитами обеспечивает удельную мощность (крутящий момент) в 2–3 раза выше, чем у, например, асинхронных двигателей, с меньшими потерями в сердечнике примерно на 50 %. Независимо от того, как вы изгибаете или формируете асинхронный двигатель, хорошо спроектированный синхронный двигатель с постоянными магнитами обеспечит увеличенный диапазон, лучшую производительность и так далее.

В настоящий момент ситуация с популярностью электрических машин с постоянными магнитами кардинально меняется в сторону развития, после появления так называемых супермагнитов или неомагнитов системы Nd-Fe-B с высокими значениями запасенной энергии. Разброс только по величине мощности составляет от нескольких Ватт до десятков МегаВатт. Разнообразие конструктивных решений и исполнений также очень велико. Наиболее востребованными с точки зрения высоких удельных характеристик являются модели, где ротор имеет сегментированную или сборную/закрытую конструкцию. Все эти факторы и порождают необходимость диагностики и выявления всех неопределенностей измерения магнитного поля постоянных магнитов.

Цель моего исследования заключается в изучении измерительного комплекса, выявлении источников неопределенностей измерений магнитного поля постоянных магнитов и разработке проекта инструкции измерений на основе полученных экспериментальных данных. Стоит отметить, что проект инструкции измерений, будет в дальнейшем подлежать корректировкам, в связи с усовершенствованием, как измерительного комплекса, так и метода исследования постоянных магнитов.

Для достижения поставленной цели в данной работе был сформулирован ряд задач:

- изучение постоянных магнитов, их достоинства и недостатки, принцип действия, область применения и материал, применяющийся в

магнитоэлектрических машинах;

- изучение эксплуатационной документации и характеристик средств измерений и вспомогательного оборудования, входящих в состав измерительного комплекса;

- изучение и анализ публикаций в области магнитного состояния электромеханических преобразователей;

- выявление источников неопределенности измерения магнитного поля, в ходе проведения эксперимента;

- автоматизировать обработку результатов измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля.

1 Постоянные магниты

Ферромагнитные материалы, которые могут сберечь большую намагниченность, если исключить внешнее магнитное поле, называется постоянным магнитом.

Постоянные магниты производятся из разнообразных металлов, таких как кобальт, железо, никель, сплавы редкоземельных металлов (для неодимовых магнитов), а еще естественных минералов, как магнетиты.

Внешний вид постоянных магнитов может быть разной формы, несколько вариантов представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид постоянных магнитов

Постоянный магнит – это часть магнитных систем электротехнических материалов. Работа оборудования с постоянными магнитами основана на преобразовании:

- механической энергии в электромагнитную энергию;
- электромагнитной энергии в механическую энергию;
- механической энергии во внутреннюю энергию.

К постоянным магнитам существуют некие требования:

- высокая удельная магнитная энергия;

- минимальные габаритные размеры при заданной намагниченности поля;
- сохранение работоспособности в большом радиусе температур;
- устойчивость к влиянию внешних магнитных полей;
- технологичность;
- низкая себестоимость начального сырья;
- устойчивость магнитных параметров.

Для проведения эксперимента был использован постоянный магнит из высококоэрцитивного сплава типа NdFeB[1] с параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики магнита

Остаточная индукция, Тл	Коэрцитивная сила по индукции, кА/м	Коэрцитивная сила по намагниченности, кА/м	Рабочая температура, °С
1,31	925	1300	150

1.1 Достоинства и недостатки постоянных магнитов

Так как электрический ток и его свойства – это следствие движения электрических зарядов (крайние движутся относительно других неподвижных зарядов), то возникают разные электрические взаимосвязи. Что желательно понимать под «настоящим» электрическим током?

Настоящий ток можно рассматривать, когда есть заряды, далекие от других, которые состоят из равного числа отрицательных и положительных заряженных частиц, некоторые из которых двигаются в сравнении с другими в преобладающем направлении. Это движение зарядов разного знака относительно друг друга является нейтральным током. Другие варианты движения заряда, например, с преобладанием зарядов того же знака, будут по-своему выведены из тока нейтралитета и, соответственно, начнут обладать некоторыми особенностями электрических взаимодействий.

В некоторых ситуациях мы далеки от того, чтобы иметь дело с нейтральными токами, потому что существует разное распределение зарядов по площади проводников с током, а также увеличение напряжения электрического поля на границах некоторых проводов (наличие возбуждающего тока ЭДС и т.д.). Следовательно, для освоения свойств нейтрального тока следует использовать либо кольцевой суперпроводник с током, либо постоянные магниты, которые в данном случае можно рассматривать как систему с кольцевым нейтральным током.

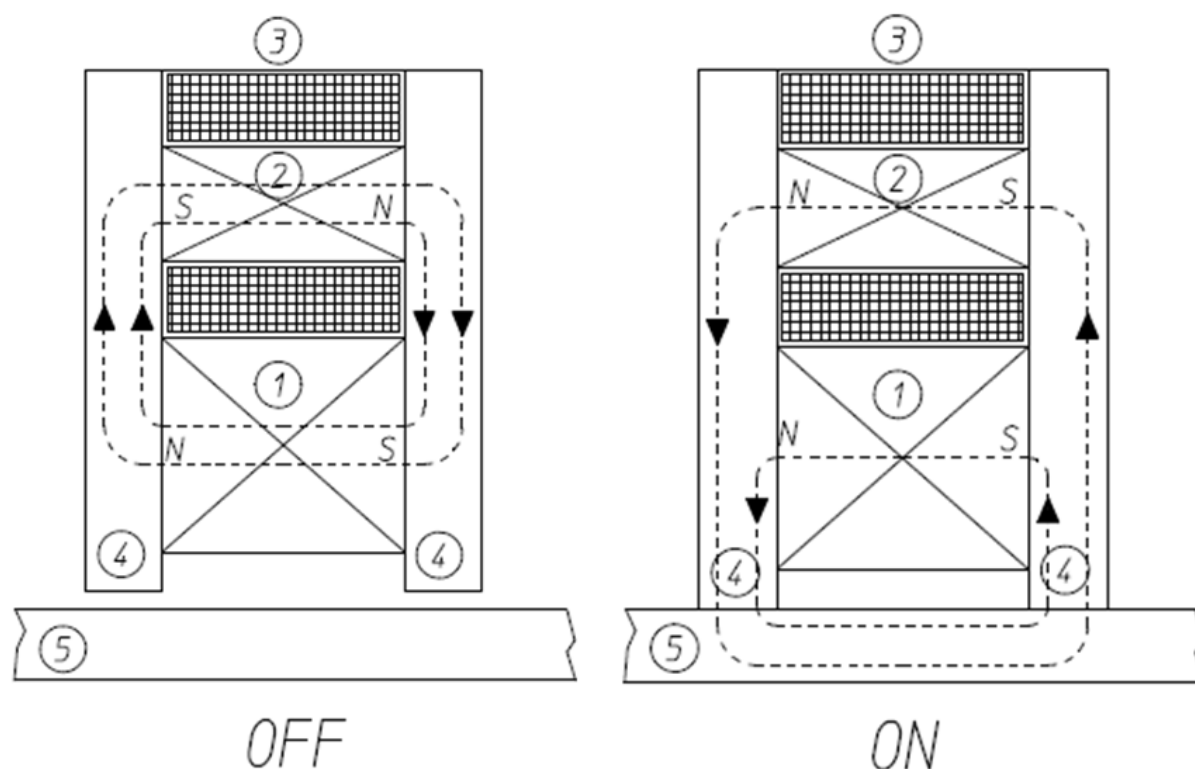
1.2 Принцип действия постоянных магнитов

Первый патент на электромагнит был выдан более полувека назад во Франции в 1958 году. Это был подъемный магнит, состоящий из двух одинаковых постоянных магнитов, один из которых был окружен катушкой. Электрический импульс позволил изменить намагниченность половины магнитов и, следовательно, закрыть и открыть магнитное поле.

Другими словами, после этого не было необходимости в перемещении частей внутри магнитного захвата, и сама конструкция стала проще, надежнее и долговечнее. При этом была увеличена грузоподъемность.

Далее, как они говорят. Используя магнитные характеристики материалов, которые стали доступны благодаря исследованиям и технологиям в этой области, индустрия промышленного оборудования продвинулась гораздо дальше, в результате чего появились несколько магнитных групп с различными характеристиками.

Электропостоянный магнит – простая магнитная схема, представленная на рисунке 2, которая позволяет легко понять работу постоянного магнита. Группа (1), связана с группой (2). Вокруг находится катушка (3). Две эти группы помогают подаче обязательной энергии, а вторая выполняет функцию управления исследуемой магнитной цепью.



1 – Группа необратимых магнитов NdFeB / SmCo; 2 – Группа обратимых магнитов AlNiCo V; 3 – Катушка; 4 – Наконечники полюса; 5 – Нагрузка

Рисунок 2 – Принцип действия электропостоянных магнитов

Система запускается кратким импульсом тока соответствующего знака. Ток намагничивает обратимую группу в том же направлении, что и намагничивание необратимой группы, и оба работают параллельно. Сумма всего потока проходит через наконечники полюса (4), закрываясь при нагрузке (5), которая притягивается.

Для отключения на катушку подается импульс тока с разным направлением к предыдущему и две группы идут последовательно друг за другом: магнитный поток одной группы, проходя через расширения (4), замыкается на другой группе, находящейся внутри подъемника, в результате чего нагрузка освобождается.

Так как импульс тока продолжается совсем короткий промежуток времени, то он сообщает оборудованию два достоинства это:

- экономия электроэнергии;
- снижение перегрева.

Так как подобные магниты не зависимы от внешних влияний энергии, они не способны освободить нагрузку, если нет напряжения или электрический кабель неисправен, и поэтому создают опасность в случае возникновения неожиданных ситуаций.

1.3 Область применения постоянных магнитов

Одной из особенностей двигателей с активным использованием постоянных магнитов является возможность использования электрического резонанса. Поскольку управляющий электромагнит периодически меняет свою полярность, т.е. питается переменным током, частота которого зависит от скорости (в случае роторного двигателя), электромагниты могут быть включены в колебательный контур с емкостью. Соединение электромагнитов может быть последовательным, параллельным или комбинированным, а емкость выбирается резонансом на рабочей частоте двигателя, при этом среднее значение тока, проходящего через электромагниты, будет большим, а внешний источник тока будет компенсировать в основном активные потери.

Этот режим будет наиболее привлекательным с точки зрения экономии, а двигатель, в котором он используется, будет называться *magneticresonancestepping*. Частота вращения двигателя в этом случае практически не зависит от нагрузки и определяется частотой электрического резонанса, деленной на количество полюсов, несмотря на увеличение потребляемого тока с увеличением нагрузки. Для увеличения числа оборотов можно использовать многофазные силовые цепи для электромагнитов двигателя. Среднее ожидаемое снижение энергопотребления по данным магнитно-резонансных шаговых двигателей может достигать 60-75 % по сравнению с обычными электродвигателями. Такие двигатели характеризуются высоким крутящим моментом, довольно жесткими нагрузочными характеристиками, стабильной скоростью вращения, высокой

надежностью (якорь не имеет токовых элементов), отсутствием подвижных контактов и искр и так далее. Таким образом, сфера их применения будет иметь свои особенности.

Несмотря на это, в некоторых отношениях они могут превзойти как трехфазные асинхронные и синхронные машины, так и коллекторные двигатели постоянного тока. Одним из главных преимуществ является низкое энергопотребление.

Использование постоянных магнитов эффективно, например, при проектировании электрогенератора с неподвижным ротором. Преимуществом таких генераторов является отсутствие движущихся частей, высокая надежность, экономичность, простота конструкции. Использование магнитных материалов с особыми свойствами даст еще более экономичный результат. Среднее снижение для генераторов этого типа может достигать 50 % и более.

Их конструкция основана на принципе модуляции суммарного магнитного поля трех постоянных магнитов. Использование постоянных магнитов позволяет снизить энергозатраты на выработку электроэнергии.

Магнитная система этого генератора в целом представляет собой «крест в кольце», где одна из поперечин представляет собой постоянный магнит, а другая – управляющий электромагнит, катушку которого можно разделить на две части или использовать как одну катушку. Кольцо выполнено в виде магнитопровода с малыми потерями на вихревые токи, на котором расположены 4 рабочие обмотки (выходные обмотки), соединенные попарно. Выходное напряжение имеет двойную частоту по отношению к частоте тока, питающего управляющий электромагнит.

Если во время работы обычного генератора (с вращающимся ротором) постоянный магнитный поток ротора (постоянных магнитов или электромагнитов), вращающийся от внешнего приводного двигателя,

периодически изменяет магнитный поток в обмотках статора, увеличивается механическая стоимость приводного двигателя.

В случае неподвижного ротора отсутствуют потери на трение и отсутствует противодействующий крутящий момент приводного двигателя. По сути, это особый тип трансформаторного преобразователя с дополнительной зарядкой от магнитного поля постоянных магнитов. В процессе преобразования входного переменного тока выходная частота тока удваивается.

Поскольку магнитное поле постоянных магнитов не меняет своего направления – происходит лишь периодическое перераспределение его по секторам кольца, оно активно работает, внося свой "вклад" в генерацию ЭДС.

Магнитный поток регулятора или первичной обмотки электромагнита меняет знак, т.е. происходит процесс, аналогичный процессу простого трансформатора. Эффективность преобразования трансформатора довольно высока. Другими словами, мы получаем удвоенную частоту трансформатора с повышенным КПД.

Что это в конечном итоге дает вам? Получается, что входная мощность, по крайней мере, меньше выходной. Превышение выходной мощности над входной происходит за счет энергии постоянных магнитов, которые, в отличие от обычной схемы генерации, являются стационарными.

Дополнительные характеристики этого генератора могут быть получены путем нанесения магнитных материалов со специальными свойствами на кольцевой сердечник статора.

Недостатками устройства являются: удвоение частоты выходного напряжения, некоторая сложность в изготовлении магнитопроводов и обмоток, необходимость компенсации обмоток для указания требуемых характеристик несущей. Максимальная мощность определяется в основном энергией используемых постоянных магнитов, от которой зависят все остальные параметры.

Для создания трехфазного тока можно использовать либо 3 аналогичных преобразователя (питание управляющих обмоток синхронизировано), либо аналогичную конструкцию, выполненную в трехфазном исполнении.

1.4 Материал, применяемый для эксперимента

Первым искусственным магнитным материалом была углеродистая сталь, содержащая примерно (1,2 - 1,5) % углерода.

Магнитные свойства стали подвержены механическим и температурным воздействиям. В результате использования постоянных магнитов на основе углеродистой стали его магнитными свойствами, как сообщается, является «старение».

Доктор Хонд из Университета Тохока создал новый тип стали – KS с высокой намагничиваемостью и значительной силой принуждения, с хромом и вольфрамом, легирующим до 3 %, и кобальтом с хромом до 6 %.

Высокая остаточная индукция в постоянных магнитах из KS стали была достигнута за счет уменьшения размагничивающего фактора. Для этого были изготовлены постоянные магниты в удлиненной, подковообразной форме.

В 1932 году доктор Т.Мискима создал новый тип стали МК путем легирования стали KS никеля, меди и алюминия. Это качественный скачок в развитии постоянных магнитов, которые позже стали известны как Alnico(ЮНДК (по российским стандартам) [2].

Японские ученые Такэси Такэй и Йооро Като из Токийского технологического института, которые создали постоянные ферритовые магниты, сделали значительный шаг в этой области за эти годы. Ферриты, изготовленные по керамической технологии, обладают принудительной силой (48 – 72) кА/м (600-900 Э).

В U.S. AirForceMaterialResearch было обнаружено интерметаллическое соединение самария и кобальта (SmCo_5). Это значительный технологический прорыв в производстве постоянных магнитов.

Постоянный магнит, изготовленный из сплава SmCo_5 , достиг (НВ) max равный (16-24) MGcE, а при соединении $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ – 32 MGcE, сила сопротивления была увеличена до (560-1000) кА/м.

Постоянные магниты из сплава Самария-Кобальт производятся промышленностью с 1980-х годов. Примерно в то же время неодимовые магниты были обнаружены в США и Японии из материалов Neodymium-Iron-Bor (Nd-Fe-B).

В Японии неодимовые магниты производились по аналогии с магнитами SmCo : производство порошкового литого сплава, дальнейшее сжатие магнитного поля и спекание.

В США неодимовые магниты производятся по следующей технологии: сначала создается аморфный сплав, затем он измельчается и изготавливается композитный материал.

Магнитный порошок смешивается с резиной, винилом, нейлоном или другими пластмассами в композитную массу, из которой после прессования изготавливаются различные продукты.

Магниты из композитного материала имеют более низкие магнитные свойства, чем спеченные материалы, легко обрабатываются и не требуют гальванических покрытий.

Магниты $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ были представлены на рынке постоянных магнитов в 1990-х годах, и очень быстро достигли 400 кДж/м^3 энергии на спеченных образцах. Неодимовые магниты имеют широкий спектр применения:

Магнит имеет очень большую прижимную (съемную) силу, NeodymeIronBor (NdFeB) широко используется в промышленности, а также решает ряд задач в бытовой (домашней) сфере.

Неодимовые магниты оказались более востребованными на рынке по сравнению с другими видами постоянных магнитов, особенно в микроэлектронике.

1.5 Магниты, применяющиеся в магнитоэлектрических машинах

Наиболее часто используемые энергетические материалы ТЗР ТЧ представляют собой интерметаллические соединения на основе редкоземельных материалов. К ним относятся соединения кобальта (Co) с самарией (S), а также относительно недавно обнаруженный бор (B), неодим (Nd) и железо (Fe).

Главным преимуществом ТЧ является высокая удельная энергия магнитов. Также высоким значением силы сопротивления, высоким коэффициентом формы кривой размагничивания является наклонная линия, низкотемпературный коэффициент нестабильности характеристик. В дополнение к названным свойствам, эти материалы имеют хорошие технологические характеристики, свариваемые в конструкциях машин, например, вакуумная диффузия и склеивание [3].

1.5.1 Магнитотвердые ферриты стронция, бария, кобальта

Магнитотвердые ферриты (оксидные магниты) – это ферромагнетики с большой кристаллографической анизотропией.

Ферриты и ферромагниты – это прессованные, керамические, ферритобариевые и ферритостронциевые магниты.

С точки зрения электрических свойств ферриты являются полупроводниками, проводимость которых возрастает с температурой.

Имеют очень высокое электрическое сопротивление (следовательно, феррит бария используется в цепях, подверженных воздействию высокочастотных полей).

Достоинства:

- возможность осуществлять многополюсное намагничивание на цельном компактном изделии;
- низкая электропроводность;
- низкая цена;
- высокая коррозионная стойкость;
- возможность применения при высоких частотах.

Недостатки:

- существенная зависимость коэрцитивной силы от температуры, которая ограничивает использование таких магнитов при отрицательных температурах (ниже -20 C°);
- низкая механическая прочность, высокая хрупкость и твердость.

1.5.2 Магнитное поле исследуемого магнита

Эксперимент проводился с применением в качестве источника магнитного поля постоянного магнита из высококоэрцитивного сплава типа NeFeB. Измерения выполнялись в плоскости перпендикулярной намагничиванию с учетом сетки, представленной на рисунке 3.

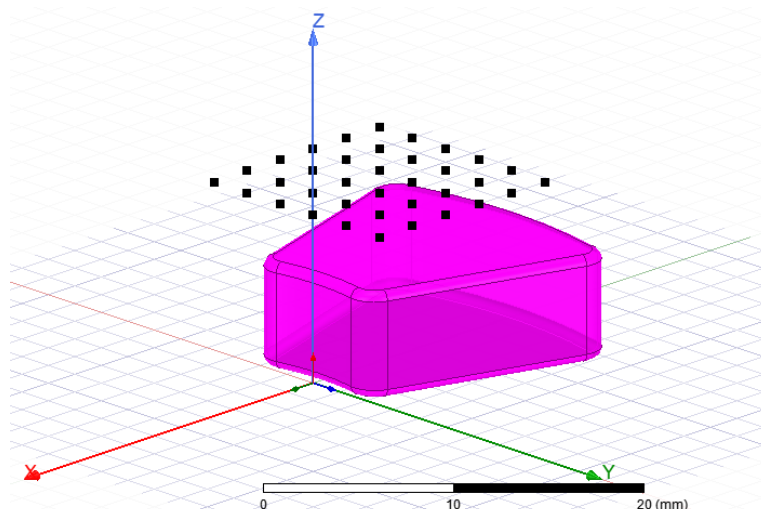


Рисунок 3 – Сетка исследуемого объекта

Распределение магнитного поля имитационной модели с учетом геометрических параметров представлено на рисунке 4.

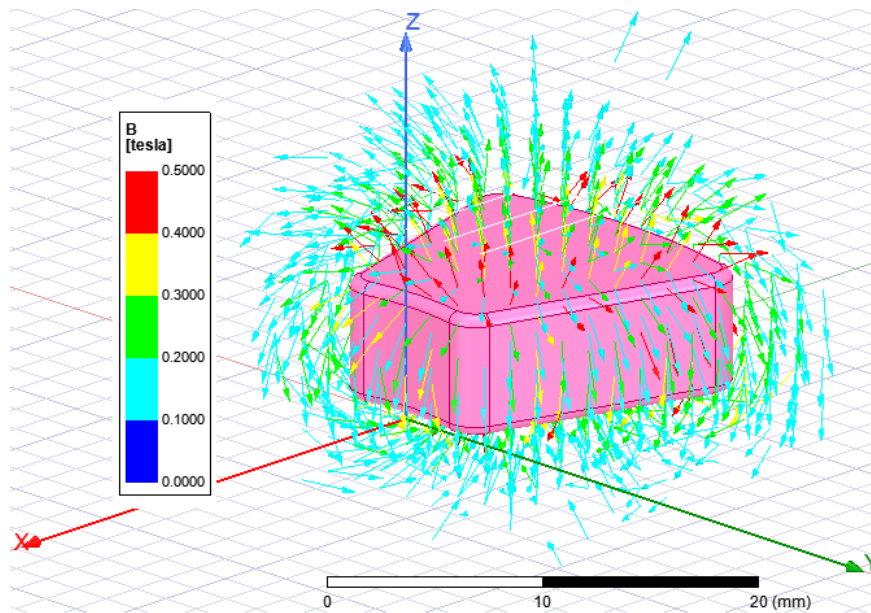


Рисунок 4 –Распределение магнитного поля исследуемого магнита

2 Изучение измерительного комплекса и эксплуатационной документации средств измерений и вспомогательного оборудования

2.1 Тесламетр-веберметр универсальный ТПУ-2В

В соответствии с руководством по эксплуатации Тесламетр-веберметр универсальный ТПУ-2В (далее – ТВУ) применяется для измерений магнитной индукции постоянных магнитных полей, максимальных значений магнитной индукции переменных и импульсных магнитных полей, потокосцепления с подключенной к прибору измерительной катушкой.

ТВУ может применяться при точных исследованиях магнитных полей, создаваемых магнитными системами и электрическими аппаратами различного назначения, и при измерениях магнитных характеристик магнитных материалов в замкнутой и разомкнутой цепи.

ТВУ изготавливается в соответствии с требованиями ТУ 4222-001-86487402-2014 [3] и включает в себя блок измерительный, блок усилителя, измерительные зонды «М», «С», «И». В комплекте с ТВУ поставляются: кабель усилителя; кабель связи с ПЭВМ, интерфейс USB; сетевой кабель электропитания; компакт-диск с программным обеспечением «Флюкс-У»

Внешний вид ТВУ представлен на рисунке 5.

ТВУ обеспечивает измерения магнитной индукции постоянных магнитных полей, максимальных значений магнитной индукции переменных и импульсных магнитных полей.



Рисунок 5 – Внешний вид ТВУ

Основные технические характеристики ТВУ:

Диапазон измерений:	от 0,01 до 2000 мТл;
- на пределах измерений	1; 10; 100 мТл; 1; 10; 100 Тл;
Диапазон показаний:	от 1 мкТл до 100 Тл;
Нормальная область частот магнитной индукции переменного магнитного поля:	от 5 до 2000 Гц;
Длительность импульсов импульсного магнитного поля	от 100 мкс до 2 с;
при этом длительность фронта импульсов:	от 10 мкс до 1с;
Рабочая область частот магнитной индукции переменного магнитного поля:	от 2 до 5 кГц;
Частотный диапазон показаний магнитной индукции переменного магнитного поля:	от 5 до 35 кГц;

Диапазон измерений максимальных значений магнитной индукции переменного магнитного поля, приведенный к частоте 50 Гц:

- от 10 мкТл до 1 Тл;
- на пределах измерений 1; 10; 100 мТл; 1; 10; 100 Тл;
- в диапазоне частот от 10 до 10000 Гц;

Диапазон измерений потокосцепления: от 1 мкВ·с до 10 В·с;

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений δ , %, не более значений, рассчитанных по формуле:

$$\delta = \pm [0,5 + 0,1 \cdot (B_n/B_i - 1)], \quad (1)$$

где B_n – измеренное значение магнитной индукции, мТл;

B_i – установленный предел измерений, мТл.

2.2 Катушки Гельмгольца КГ-ЗЭТ-1 и КГ-ЗЭТ-2

В соответствии с паспортом Катушки Гельмгольца [4] КГ-ЗЭТ-1 и КГ-ЗЭТ-2 (далее – КГ) предназначены для измерений совместно с веберметром, например, ТВП-2, магнитного момента и намагниченности постоянных магнитов и образцов ферромагнитных материалов в соответствии с рекомендациями стандарта ИЕС 60404-14 «Магнитные материалы. Часть 14. Методы измерения магнитного дипольного момента образца ферромагнитного материала выдергиванием или поворотом» [5], а также МИ 2806-2003 «ГСИ. Потокосцепление магнитного поля постоянного магнита с катушкой Гельмгольца. Методика выполнения измерений» [6], и для воспроизведения магнитной индукции.

Внешний вид КГ представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 - Внешний вид КГ

Постоянные КГ по напряженности магнитного и по магнитной индукции связаны между собой соотношением $K_v = 4\pi \cdot 10^{-4} \cdot K_n$ (т.е., $K_n = 795,8 K_v$).

Фактическое значение постоянной по магнитной индукции K_v конкретного экземпляра катушки Гельмгольца указывается в свидетельстве о приемке катушки.

Относительная погрешность определения постоянной: не более $\pm 3,0 \%$.

Допускаемая сила тока при долговременном включении в режиме воспроизведения магнитной индукции: 0,1 А.

Для размещения испытуемых образцов катушка комплектуется съемным цилиндрическим столиком, на рабочую поверхность которого нанесены две взаимно перпендикулярные линии с делениями через 5 мм. Эта поверхность смещена от центра катушки на 3 мм.

Возможно изготовление катушек Гельмгольца с горизонтальной ориентацией оси.

Технические характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2–Технические характеристики

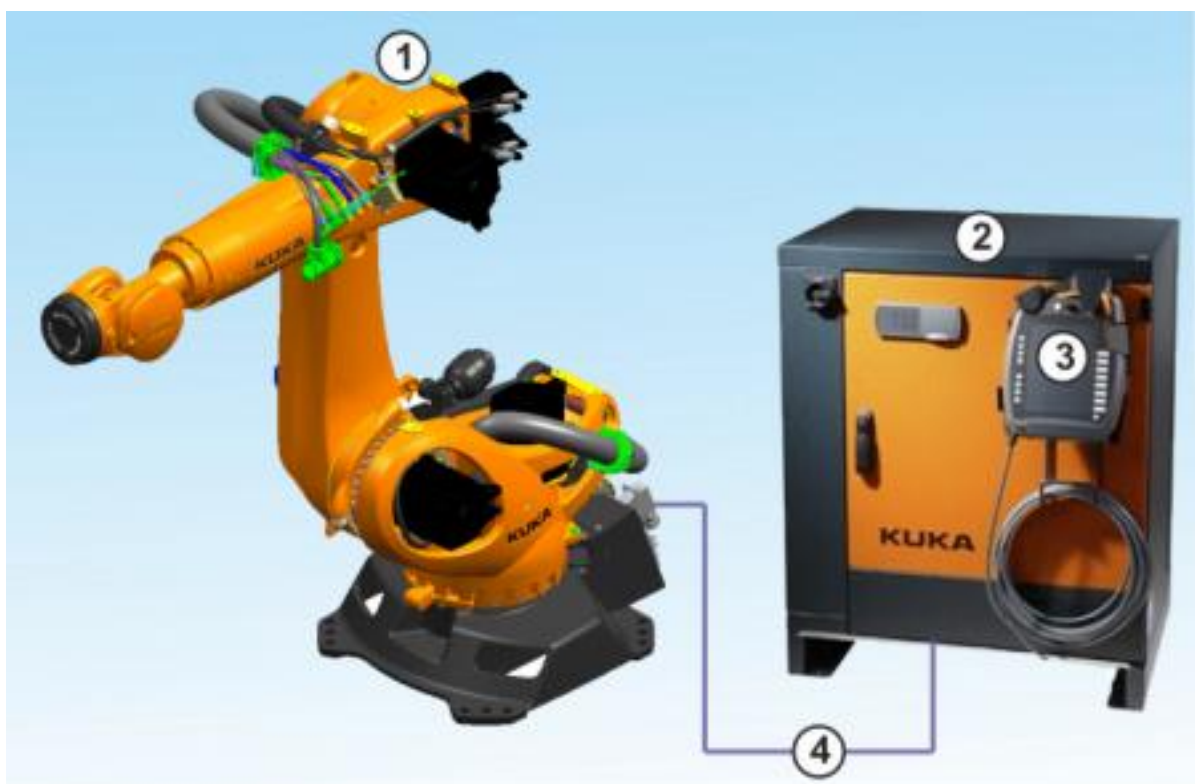
Исполнение	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Сопротивление постоянному току, Ом	Постоянная по магнитной индукции, Кв, мТл/А	Постоянная по напряженности магнитного поля, Кн, м ⁻¹	Высота и диаметр объема, мм
КГ-ЗЭТ-1	180X150X95	1,1	~30	~1,3	1000	~30
КГ-ЗЭТ-2	270X240X130	2,8	~60	~1,5	1200	~40

2.3 Промышленный робот

В соответствии с инструкцией по эксплуатации промышленный робот KUKA (KSS) (далее – робот) состоит из следующих компонентов:

- манипулятор (1);
- система управления роботом (2);
- переносное программирующее устройство (3);
- соединительные кабели (4);
- программное обеспечение (далее – ПО);
- дополнительное оборудование, принадлежности.

На рисунке 7 представлен внешний вид робота.



1 – Манипулятор; 2 – Система управления роботом; 3 - Переносное программирующее устройство; 4 – Соединительные кабели

Рисунок 7 – Внешний вид робота

Системное программное обеспечение робота KUKA (KSS) выполняет все основные функции для эксплуатации:

- проектирование траектории;
- диспетчерские функции ввода-вывода;
- управление данными и файлами.

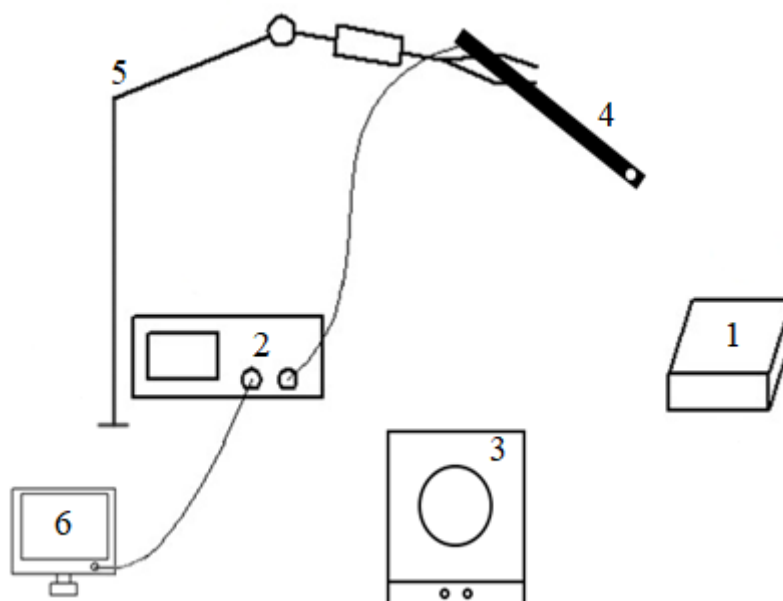
Промышленный робот изготовлен в соответствии с уровнем развития оборудования и общими правилами безопасности. Однако при неправильном использовании, которое не соответствует его цели, существует опасность для жизни и здоровья, а также риск повреждения промышленного робота и материального ущерба.

Эксплуатация промышленного робота допускается только в безупречном техническом состоянии, а также в соответствии с назначением и с учетом рекомендаций по технике безопасности и существующих рисков. Эксплуатация осуществляется в соответствии с инструкцией по

эксплуатации [7] и декларацией производителя, включенной в комплект поставки промышленного робота. Любые дефекты, которые могут негативно повлиять на безопасность, необходимо устранять немедленно.

2.4 Основа измерительного комплекса

Основу измерительного комплекса, представленного на рисунке 8, составляет робот-манипулятор (1) с шестью степенями свободы. На фланце робота закрепляется щуп с чувствительным элементом (2) для измерения напряженности магнитного поля или вектора магнитной индукции объекта, испускающего магнитное поле (4). Сигналы первичного преобразователя считываются и преобразуются цифровым устройством ТВУ (3). Запуск преобразования, конфигурирование ТВУ и обработка результатов измерений осуществляется персональным компьютером (5), подключенного к измерителю (6) с помощью цифрового интерфейса. Для синхронизации процесса позиционирования и процесса измерения.



1 – Постоянный магнит; 2 – Тесламетр-веберметр универсальный ТВУ-2В; 3 – Катушка Гельмгольца; 4 – Чувствительный элемент; 5 – Робот-манипулятор; 6 – Персональный компьютер. 5 – Персональный компьютер; 6 – Измеритель цифрового интерфейса

Рисунок 8 – Схематическое изображение измерительного комплекса

Сенсорный элемент датчика основан на эффекте Холла и может измерять только поперечную часть магнитного поля. Как следствие, для получения объемного изображения необходимо произвести три измерения в одной точке с взаимно ортогональной ориентацией измерительного зонда. Очевидно, что робот должен прибыть к целевой точке до начала процесса измерения и оставаться там до тех пор, пока он не будет завершен. Для этого в системе должен быть предусмотрен сигнал синхронизации. Современные промышленные манипуляторы оснащены сетевыми интерфейсами Ethernet, с помощью которых можно общаться с сторонними устройствами через протокол TCP, который открывает возможность организации сигнала синхронизации на основе этого интерфейса.

Предположим, что процесс измерения роботом происходит в статической изолированной среде, что предопределяет положение в рабочем пространстве объекта, магнитное поле которого должно быть измерено, и его геометрическую форму. Также заданы положения и формы всех твердых объектов в рабочей зоне робота, которые так или иначе влияют на работу робота (например, выступают в качестве препятствий). Тогда задача расчета траектории робота может быть решена до его начала и не измениться во время работы.

3 Изучение и анализ научных исследований магнитного состояния электромеханических преобразователей

3.1 Эффективность постоянного магнита и асинхронного двигателя

Существует сильный аргумент, что двигатель с постоянным магнитом превосходит асинхронный двигатель. Неотъемлемые преимущества порошковой металлургии – потенциал для повышения производительности двигателя и снижения общей стоимости – могут быть эффективным инструментом в производстве этих приводных систем [8].

Постоянные магниты используются в двигателе постоянного магнита на роторе. Подаваемый на статор переменный ток вращает ротор. Так как магниты постоянно намагничены, ротор может синхронизироваться с переменным током переключения. Были устранены проскальзывания, необходимые для асинхронных двигателей, что привело к повышению тепловой эффективности.

Характеристики двигателя с постоянным магнитом выше, чем у асинхронного двигателя. Оба двигателя имеют трехфазную конструкцию благодаря полностью оптимизированной производительности. Однако, асинхронные двигатели были разработаны для работы в основном на 60 Гц. По мере увеличения частоты в высокочастотных асинхронных двигателях потери на вихревых токах будут значительно выше, чем в хорошо изготовленных двигателях постоянного магнита.

Конструкция бесщеточных двигателей постоянного магнита обеспечивает удельную мощность (крутящий момент) в 2-3 раза выше, чем у асинхронных двигателей, с меньшими потерями ядра примерно на 50 %. Независимо от того, как вы деформируете или сформируете асинхронный двигатель, хорошо спроектированный синхронный двигатель с постоянными

магнитами обеспечит увеличенный диапазон, лучшую производительность и так далее.

Никола Тесла разработал асинхронный двигатель в 1883 году. По сути, это тот же базовый статор, что и постоянный двигатель, но без постоянных магнитов.

Его основной принцип заключается в том, что магнитное поле, созданное в статоре, создает противоположный ток в стержнях ротора. Затем индуцированный ток ротора генерирует магнитное поле в пластинах ротора. Это поле противодействия заставляет ротор вращаться – при переключении тока статора, ротор всегда отстает и заставляет ротор вращаться.

Преимущества этого индуцированного магнитного поля заключаются в том, что конструкция ротора асинхронного двигателя больше не требует щеток и обмоток ротора. Управление переменной скоростью и асинхронным крутящим моментом легче во время ускорения, так как напряжение может быть уменьшено на высокой скорости.

Несмотря на то, что асинхронный двигатель переменного тока был впервые разработан более 100 лет назад, он по-прежнему актуален из-за повышения эффективности и производительности в XX и XXI веках. Двигатель постоянного магнита является относительно начинающим, но обещает более высокую производительность и, возможно, меньший вес.

Основным камнем преткновения при использовании двигателей с постоянным магнитом является потенциально высокая стоимость магнитов. К счастью, на горизонте намечаются многообещающие события, которые могли бы устранить этот недостаток.

3.2 Диагностика электромеханических преобразователей по внешнему магнитному полю

Электрические машины применяются в приводах во всех областях производства технологического оборудования. Их внезапные остановки или

незапланированные отказы сопровождаются серьезными экономическими потерями. Особенно высокие потери крупных электростанций и объектов, поэтому техническая диагностика и обнаружение всех неопределенностей в этой области развиты и необходимы для предотвращения аварий и своевременного ремонта. Для тщательного исследования измерительного комплекса и магнитного поля постоянных магнитов был проведен эксперимент, описанный в п.2.

В ходе эксперимента применен и предложен метод бесконтактной диагностики, исходя из вышеизложенного, целью измерительного комплекса является возможность анализа магнитных полей электромагнитных устройств, на основе данных о параметрах магнитного поля, полученные на основе прямых измерений и математического моделирования распределенного магнитного поля.

Согласно проекту статьи предлагаемый метод заключается в изучении магнитного поля электромагнитных устройств. Объектом исследования могут быть физические модели устройств, образующих магнитные поля, аналогичные полям отдельных элементов или всего устройства; прототипы, экспериментальные или серийные копии электромагнитных устройств. Основой для разработки исследовательской программы является проектная документация для испытуемого электромагнитного устройства, выполненного в одной из систем САПР автоматизированного проектирования. Данные САПР передаются в программный модуль программно-аппаратного комплекса, который позволяет пользователю с автоматизированного рабочего места, применяя встроенные инструменты интерфейса программного модуля, устанавливать поле исследования магнитного поля. Для этого используется объемная геометрическая модель электромагнитного устройства, реализованная в системе САПР. В этом случае область исследования может быть определена как ограниченная площадь объема или отдельные секции, охватывающие как внутреннее

пространство испытываемого устройства, так и пространство в непосредственной близости от него. Выбор области исследования осуществляется пользователем в зависимости от решаемых задач. При выборе области исследования пользователь учитывает необходимость использования как можно большего количества прямых измерений параметров магнитного поля в пределах данного исследовательского района. При этом целесообразно предусмотреть прямые измерения параметров поля в пограничных точках исследуемого района, вблизи поверхностей исследуемого устройства и в точках внутри исследуемого района. Этап измерения определяется пользователем. Очевидно, что область исследования будет также охватывать внутреннее пространство испытываемого устройства, которое не может использоваться для прямых измерений магнитного поля. Геометрическая модель испытываемого устройства и поле магнитных исследований отражаются на мониторе автоматизированного рабочего места пользователя.

4 Выявление источников неопределенности измерения магнитного поля

4.1 Методическая погрешность

Методическая погрешность определяется несовершенствами метода измерений или методикой измерения МИ ПМП или упрощениями, которые допущены при измерениях. Таким образом, она возникает в связи с использованием приближенных формул при подсчете результата. Погрешность метода измерений присуща всем методам, которые основаны на данных экспериментов или опытов, не имеющих строгого теоретического обоснования.

Также причиной методической погрешности может быть не учитываемое взаимное влияние объекта измерений и СИ или недостаточная точность этого учета.

Проект инструкции измерений, разработанный на основании проведенного эксперимента представлен в приложении Б.

4.2 Инструментальная погрешность

4.2.1 Относительная погрешность определения постоянной катушек Гельмгольца

Катушки Гельмгольца КГ-ЗЭТ-1, КГ-ЗЭТ-2 предназначены для измерений совместно с веберметром магнитного момента и намагниченности постоянных магнитов и образцов ферромагнитных материалов выдергиванием или поворотом, а также для воспроизведения магнитной индукции. Именно при проведении нашего опыта был использован постоянный магнит, но при использовании иного объекта, которому нужно задать магнитную индукцию, можно использовать Катушки Гельмгольца.

В соответствии с описанием типа на катушки Гельмгольца относительная погрешность определения постоянной равна, не более $\pm 3,0 \%$; допустимая сила тока при долговременном включении в режиме воспроизведения магнитной индукции равна $0,1 \text{ А}$.

4.2.2 Относительная погрешность измерений магнитной индукции тесламетром-веберметром универсальным ТВУ-2В

ТВУ обеспечивает измерения максимальных значений магнитной индукции переменных и импульсных магнитных полей.

Пределы допустимой относительной погрешности измерений вычисляются по формуле (1).

Работа ТВУ в режиме измерений МИ «Тесламетр» основана на преобразовании составляющей вектора магнитной индукции, перпендикулярной плоскости первичного измерительного преобразователя Холла, в ЭДС Холла. Работа ТВУ в режиме измерений «Веберметр» с измерительными катушками основана на цифровом интегрировании за заданный отрезок времени ЭДС самоиндукции, которая наводится в измерительной катушке при изменении потока магнитной индукции, перпендикулярного плоскости катушки, за указанный отрезок времени.

Зонд «М» с плоской рабочей частью предназначен для измерения составляющей вектора магнитной индукции, которая перпендикулярна плоскости рабочей части зонда. Пластина преобразователя Холла расположена в плоскости рабочей части зонда, центр пластины находится на расстоянии $(4,0 \pm 0,5)$ мм от торца рабочей части и на расстоянии $(3,0 \pm 0,5)$ мм от ее боковой грани.

4.3 Погрешность калибровки робота промышленного

Измеренные значения магнитного поля в пространстве должны быть представлены в координатах модели объекта. Для этого необходимо знать

положение локальной системы координат, связанной с объектом измерения в рабочем пространстве робота. Зная положение локальной системы координат с помощью однородных матриц преобразования, следует выполнить координатный переход от системы координат робота к системе координат объекта.

Для калибровки системы координат предлагается воспользоваться электроконтактным способом. Суть способа заключается в следующем:

- постамент, на котором располагается измеряемый объект, снабжается контактными проводящими пластинами, на которые подается напряжение;
- к фланцу робота манипулятора крепится щуп с токопроводящим стержнем внутри. Стержень снабжается пружиной, для того чтобы избежать деформации при контакте щупа с пластинами;
- токопроводящий стержень подключается к модулям дискретного ввода/вывода контроллера робота;
- осуществляется калибровка щупа с целью определения его рабочей точки;
- осуществляется измерение положения в пространстве токопроводящих пластин с помощью щупа;
- на основании геометрии постамента и пластин вычисляется положение локальной системы координат измеряемого объекта.

Постамент, на котором находится измеряемый объект (в данной работе – постоянный магнит) приведен на рисунке 9. На поверхности постамента расположены медные пластины, к которым подводится напряжение 24 вольта. Пластины на постаменте ортогонально ориентированы и принадлежат плоскостям OXY , OYZ , OXZ локальной системы координат постамента.

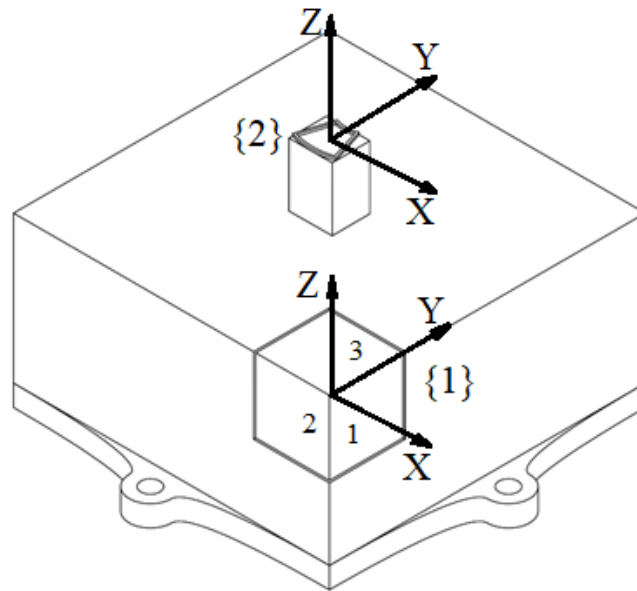


Рисунок 9 – Постамент с контактными пластинами

Измерительный щуп с токоведущим стержнем представлен на рисунке 10.

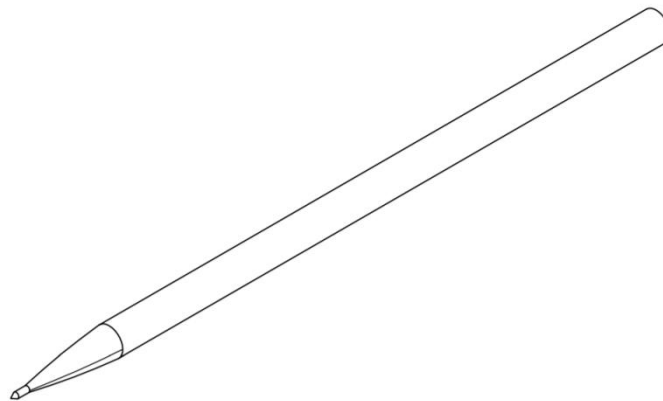


Рисунок 10 – Щуп с токоведущим стержнем

При калибровке зонда необходимо определить координаты его рабочей точки – точки соприкосновения зонда с пластинами. Процедура калибровки состоит в том, что рабочая точка зонда приводится в действие в той же точке в пространстве с различными ориентациями, где измеряется положение фланца робота. Поскольку зонд жестко закреплен на фланце робота, и его рабочая точка находится во всех положениях в одном месте, фланец робота всегда находится на поверхности сферы. Таким образом, зная координаты

фланца робота во всех измерениях, можно определить центр и радиус этой сферы методом наименьших квадратов.

Затем необходимо измерить положение контактных плит в пространстве с помощью калиброванного зонда. Для каждой пластины последовательно проводится серия измерений в различных точках. Для этого на минимальной скорости зонд заносится на пластину до тех пор, пока не будет достигнут контакт. Когда электрическая цепь замкнута на дискретном входе манипулятора, подается сигнал логического блока. По прибытии фронта сигнала запускается прерывание, в процессоре которого на компьютер отправляется текущее положение рабочей точки зонда (точки контакта с пластиной). Все точки накапливаются в памяти компьютера и далее обрабатываются.

Таким образом для того, чтобы осуществить калибровку начала координат необходимо провести минимум два измерения с помощью сенсоров робота. И система уравнений совместна только тогда, когда измерения проводились с различной ориентацией фланца робота. Для уменьшения погрешности измерения может быть целесообразным увеличение количества измерения и составления матрицы \tilde{A} вида:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{bmatrix}, \quad \tilde{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

где матрицы A_i и b_i получены приведенным выше способом из каждой пары экспериментов.

Решение системы $\tilde{A}x = \tilde{b}$ ищется методом наименьших квадратов.

Следующим этапом является калибровка ориентации системы координат. Производителем в технической документации регламентируется направление поперечной оси измерительного щупа. При этом сам датчик монтируется на длинной узкой пластине (рисунок 11). Примем ориентацию привязанной системы координат таким образом, чтобы ось Z совпала с

поперечной осью датчика, а ось X проходила параллельно длинной грани крепежной пластины (а).

В ходе изготовления щупа возможно искривление крепежной пластины, при этом возможны два варианта (рисунок 12):

- пластина остается прямой, однако смещенной на некоторый угол φ ;
- пластина изгибается.

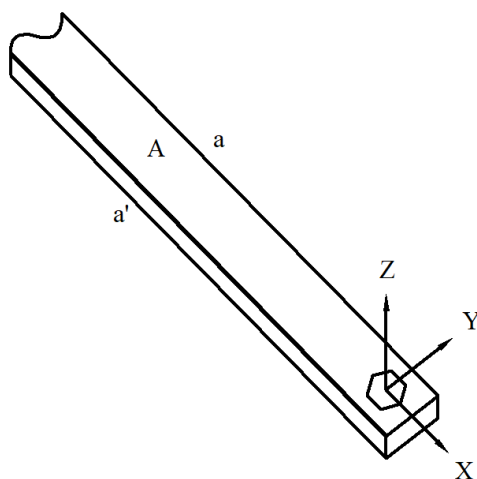


Рисунок 11 – Внешний вид пластины с датчиком

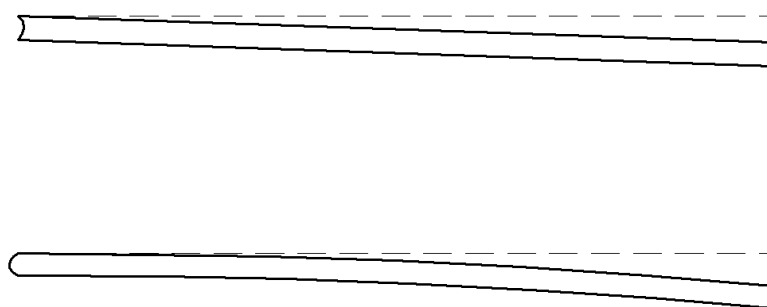


Рисунок 12 – Возможные варианты искривления крепежной пластины

В первом случае направление оси X пластины может быть рассчитано, исходя из измерения координат двух точек вдоль грани a пластины. Ось Z должна составлять перпендикуляр к плоскости XOY . За плоскость XOY предлагается принять поверхность A , на которой установлен датчик. Уравнение данной плоскости может быть получено решением задачи двумерной линейной регрессии. Для этого необходимо дополнить измерения

для точки, лежащей на противоположном ребре a' . После нахождения канонического уравнения плоскости, направления вектора Z определяется из вектора нормали. Вектор Y дополняет до правой тройки.

Во втором случае, предлагается провести ряд измерений точек, лежащих на грани a , при этом одна из точек должна находиться в точке начала системы координат. Полученные данные затем интерполируются с помощью сплайна, направление производной сплайна в точке начала координат будет соответствовать направлению оси X . Через точки измерения также можно провести плоскость (так как они не лежат на одной прямой). Перпендикуляр к оси X , лежащий в данной плоскости будет определять направление Z .

4.4 Погрешность прецизионности

Термины «правильность» и «прецизионность» в документах по метрологии до настоящего времени не использовались. При этом «правильность» – это степень близости измерения к истинному или условно верному (действительному) измеренному значению или, в отсутствие отсчета измеренного значения, степень близости среднего значения, полученного в результате серии измерений (или результатов испытаний), к принятому исходному значению. Показателем правильности обычно является значение систематической погрешности в соответствии с ГОСТ Р ИСО 5726-1 [9].

В свою очередь «прецизионность» – степень близости друг к другу независимых результатов измерений, полученных в конкретных установленных условиях. Эта характеристика зависит только от случайных факторов и не связана с истинным или условно истинным значением измеряемой величины. Мера прецизионности обычно вычисляется как стандартное (среднеквадратическое) отклонение результатов измерений, выполненных в определенных условиях. Количественные значения мер прецизионности существенно зависят от заданных условий.

4.5 Погрешность позиционирования постоянного магнита

Под погрешностью позиционирования ПМ понимается отклонение действительного положения детали от запрограммированного в системе положения. Положение магнита при проведении эксперимента представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 - Положение магнита

В ходе проведения эксперимента было выявлено, что средняя точка относительно сетки на поверхности стола отклоняется в зависимости от намагничивания детали или ПМ, установленных для измерения магнитного поля.

Таким образом правильное положение можно определить после измерения всей поверхности детали или ПМ, так как выявить центр

намагниченности всей поверхности визуально или по ЭД модели невозможно.

В ходе контроля точности позиционирования применяется статистический метод оценки точности по результатам многократных повторных испытаний. При этом определяются их статистические характеристики.

4.6 Погрешность геометрических параметров

Точность геометрических параметров определяется сложной концепцией, которая включает:

- точность размеров элементов;
- точность геометрических форм поверхностей элементов деталей;
- шероховатость поверхностей деталей;
- волнистость поверхностей.

Погрешности геометрических параметров обрабатываемых деталей, возникающие под действием указанных факторов, разделяют по характеру причинно-следственных связей их проявления на систематические, случайные и грубые.

Образование погрешностей геометрических параметров вызывается действием множества конструктивно-технологических факторов, проявляемых в процессе изготовления изделий, например:

- погрешности изготовления оборудования и технологической оснастки и их износ в процессе эксплуатации;
- погрешности и износ рабочих и измерительных инструментов;
- упругие деформации и вибрации;
- тепловые деформации рабочих инструментов и обрабатываемых деталей;
- погрешности базирования и установки деталей на станках;

- погрешности настройки оборудования;
- нестабильность физико-механических характеристик материала обрабатываемых деталей;
- неодинаковость припусков на обработку;
- характер напряженного состояния заготовок;
- форма, размеры и масса обрабатываемых деталей;
- квалификация рабочих-исполнителей.

Погрешности в геометрии деталей, вызванные этими факторами, делятся по характеру их причинно-следственных связей на систематические, случайные и грубые проявления.

Случайные ошибки определяются случайными факторами; они имеют разные значения; каждая часть может меняться в пределах обработанной поверхности, численное значение которых не может быть определено заранее.

Называются грубые ошибки, которые явно искажают результаты наблюдений.

5 Обработка результатов измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля

Интенсивное внедрение инновационных технологий во все сферы деятельности человека потребовало рассмотрение ПО в свете новых постоянно совершенствующихся ресурсов, учитывая увеличение информационных потоков в получении, передаче и обработке измерительных процессов.

Особенностью применения ПО в настоящее время является возрастание ресурсов компьютерной техники и широкое применение сетевых технологий.

Вместо долгого времени, затраченного на отладку кода или разработку пользовательского интерфейса, можно воспользоваться графическим подходом LabVIEW к программированию и сконцентрироваться на разработке, без дополнительного давления необходимости изучить среду разработки.

5.1 Автоматизация расчета относительной погрешности измерения магнитной индукции на каждую точку

Расчет допустимой относительной погрешности тесламетра-веберметра универсального ТПУ-2В в каждой точке проводится по формуле (1).

В связи с большим количеством измерений, для наглядности представлены максимальное и минимальное значения, а также среднее арифметическое значение допустимой относительной погрешности.

LabVIEW содержит мощные многофункциональные инструменты для проведения любых типов измерений и разработки любых приложений. Данные, полученные от физического объекта, могут быть как данные режима

реального времени, так и данные в виде файлов. Являясь универсальной системой программирования, LabVIEW обладает обширными библиотеками для работы с внешними устройствами (портами), обработки, анализа и представления данных.

Реализации программ LabVIEW называются виртуальными приборами или виртуальными приборами, поскольку их внешнее графическое представление и режим работы могут имитировать работу реальных физических устройств и результаты измерений характеристик.

Программа LabVIEW будет автоматически обрабатывать результаты измерения магнитного поля.

После выбора создания нового прибора раскрываются два окна: интерфейсная панель (FrontPanel) и окно редактирования диаграмм (BlockDiagram), которое по своей сути является программой в графическом виде.

Интерфейсная панель – это интерфейс пользователя. Вы устанавливаете на интерфейсную панель графические элементы управления и всевозможные индикаторные приборы, которые являются соответственно элементами ввода и вывода.

Установленные на переднюю панель элементы управления и индикаторы, отображаются соответствующими иконками (терминалами) во втором окне – окне редактирования диаграмм. Т.е. каждому установленному элементу на интерфейсной панели соответствует иконка в окне редактирования.

Иконки или терминалы показывают тип данных элементов управления или индикаторов. Терминалы осуществляют связь между интерфейсной панелью и диаграммой.

Функции – это объекты окна редактирования диаграмм, которые могут иметь один и/или несколько входов и/или выходов. Функции LabVIEW аналогичны выражениям, операторам, процедурам и функциям текстовых

языков программирования.

Связи – это соединительные линии между иконками (терминалами). Они являются аналогом переменных в обычных языках программирования. Причем данные могут передаваться только в одном направлении – от терминала-источника к одному или нескольким терминалам-приемникам. Различный вид и цвет соединений соответствует различным типам передаваемых данных.

Неправильная связь терминалов или незаконченное соединение изображается штриховой линией.

Структуры – это графическое представление циклов и операторов выбора в тексториентированных языках программирования.

Терминалы, функции, связи и структуры – это весь синтаксис языка программирования LabVIEW. Линейка инструментов. Оба окна, как интерфейсное, так и окно редактирования диаграмм имеют линейки инструментов, которые содержат служебные кнопки и индикаторы состояния, предназначенные для контроля Виртуальных Инструментов. Одна из линеек инструментов всегда доступна, и ее вид зависит от того, в каком окне Вы находитесь.

За основу выполнения задания были взяты реальные значения магнитного поля постоянного магнита.

ТВУ записывает показания в таблицу на ПК, далее программа LabVIEW считывает все значения и проводит обработку измерений.

Основные элементы программы для вычисления допустимой относительной погрешности ТВУ:

- ReadFromSpreadsheetFile (элемент, считывающий значения с файла Excel или др.);
- IndexArrayFunction (элемент, преобразующий данные в массив);
- Fract/ExpStringToNumberFunction (элемент, преобразующий строковое значение в числовое);

- ForLoop (элемент, создающий цикл, в котором будет производиться обработка измерений по формуле);
- CaseStructure (элемент, создающий условия для выполнения измерений);
- ArrayMax&MinFunction (элемент, извлекающий минимальное и максимальное значение из массива);

Также использовались стандартные элементы для расчетов: минус, плюс, деление, умножение и т.д.

На рисунке 14 показана обработка результатов измерений, представленная на лицевой панели.

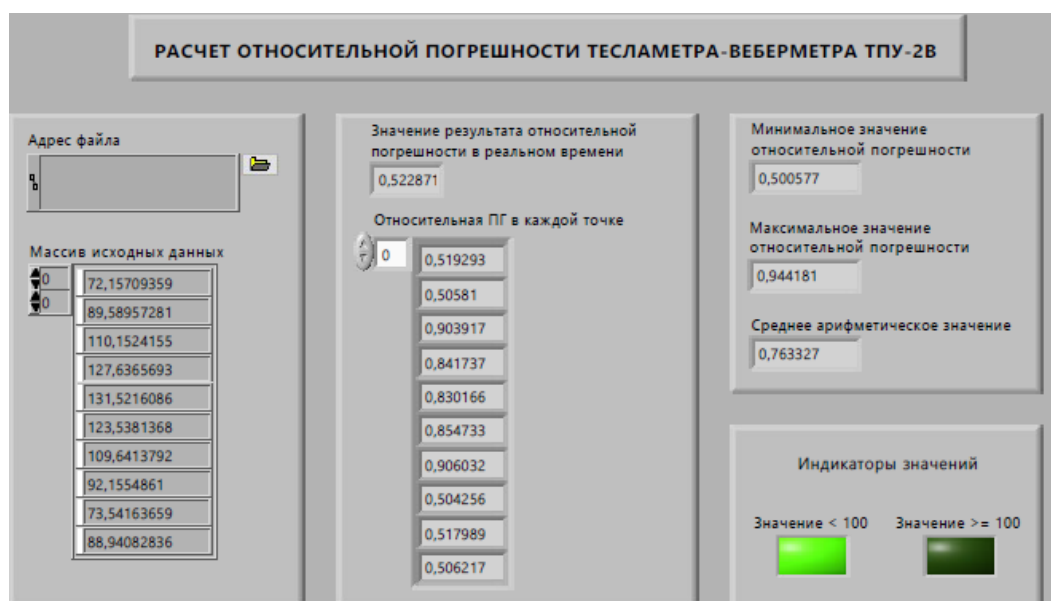


Рисунок 14 – Расчет относительной погрешности тесламетра-веберметра ТПУ-2В

На рисунке 14 показана обработка результатов измерений, представленная в виде блок-схемы.

В результате проделанной работы удалось с помощью программы LabVIEW обработать измерение магнитной индукции постоянного магнита и вывести массив погрешностей.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе магистерской диссертации предпринята попытка дать оценку экономическому эффекту от модернизации измерительного комплекса в состав которого входит:

- робот-манипулятор с шестью степенями свободы;
- тесламетр-веберметр универсальный ТПУ-2В;
- щуп с чувствительным элементом;
- катушки Гельмгольца КГ-ЗЭТ-1 и КГ-ЗЭТ-2;
- электронно-вычислительная машина;

Цель представленной магистерской диссертации – выявление неопределенностей измерения магнитного поля постоянных магнитов с помощью измерительного комплекса.

Поэтому, в данной главе рассмотрена конкурентоспособность и соответствие магистерской диссертации современным требованиям в областях ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой,

бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для определения потребителей результатов исследования следует рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем данная разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определёнными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определённый товар (услуга). Целевым рынком проекта модифицированного измерительного комплекса являются люди, заинтересованные в работе, связанной с магнитными полями и их свойствами, а также в компьютерном моделировании метрологических характеристик, и организации, осуществляющие изготовления составных частей измерительного комплекса, с целью создания более качественных частей с улучшенными метрологическими характеристиками.

Сегментом рынка выступает электротехника, а критериями сегментирования будут служить:

- размер компании-заказчика;
- Выпускаемая продукция с использованием ПО для автоматизированной обработки результатов измерения магнитного поля.

Карта сегментирования рынка приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Карта сегментирования рынка

		Выпускаемая продукция					
		Электродвигатели и генераторы	Индукционный счетчик электроэнергии	Магнитный подшипник	Гальванометр	Микроволновая печь	Жесткий диск
Размер компании	Крупные	+	+	+		+	+
	Средние	+	+	+	+	+	+
	Мелкие	+		+	+		

Как видно из карты сегментирования, компании наиболее задействованы в производстве магнитных подшипников, электродвигателей и генераторов. Разрабатываемое в результате научно-исследовательского проекта программное обеспечение для автоматизированной обработки результатов измерения магнитного поля актуально при производстве электродвигателей и генераторов, поскольку это поможет выявить и исключить неопределенности измерения магнитного поля постоянных магнитов, поэтому основным сегментом рынка послужат компании, занимающиеся производством электродвигателей и генераторов.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Необходимо проводить детальный анализ конкурирующих разработок, так как рынки пребывают в непрекращающемся движении. Подобный анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

В ходе работы над магистерской диссертацией исследования проводились с помощью программного обеспечения для инженерных

вычислений – *LabVIEW*. Аналогичные исследования можно проводить, используя и другое программное обеспечение. Например: *MatLab*.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкуренгоспособность	
		B_i	B_j	K_L	K_M
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,13	4	5	0,52	0,65
Удобство в эксплуатации	0,13	5	4	0,65	0,52
Потребность в ресурсах памяти	0,05	5	4	0,25	0,2
Функциональная мощность	0,09	4	5	0,36	0,45
Качество интеллектуального интерфейса	0,24	4	2	0,96	0,48
Экономические критерии оценки эффективности					
Цена	0,05	4	3	0,2	0,15
Предполагаемый срок службы	0,2	3	3	0,6	0,6
Финансирование научной разработки	0,01	3	3	0,03	0,03
Срок выхода на рынок	0,1	3	4	0,3	0,4
Итого	1	-	-	3,87	3,48
Примечание – B_j – использование <i>LabVIEW</i> ; B_i – использование <i>MatLab</i> .					

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где:

- 1 – наиболее слабая позиция;
- 5 – наиболее сильная позиция.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
 V_i – вес показателя (в долях единицы);
 B_i – балл i -го показателя.

Показатель научно-технического уровня для данного проекта составил:
 $K=0,13 \cdot 4+0,13 \cdot 5+0,05 \cdot 5+0,09 \cdot 4+0,24 \cdot 4+0,05 \cdot 4+0,2 \cdot 3+0,01 \cdot 3+0,1 \cdot 3=3,87$.

Из таблицы 4 видно, что использование *LabVIEW* является более конкурентоспособным решением, чем использование *MatLab*.

6.1.3 SWOT-анализ

Для проведения анализа внутренних и внешних факторов, влияющих на научно-исследовательский проект, был использован SWOT-анализ. Матрица SWOT позволяет определить взаимное влияние факторов и сделать выводы, которые помогут при разработке стратегии проведения научного исследования.

К сильным и слабым сторонам можно отнести внутренние черты научного исследования, а к возможностям и угрозам – характеристики внешней среды. В результате анализа составляется матрица, представленная в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Матрица SWOT-анализа научно-исследовательского проекта

	<p>Strengths (Слабые стороны):</p> <p>C1. Широкий спектр функциональных возможностей, облегчающих работу пользователя.</p> <p>C2. Дружелюбный и интуитивно понятный интерфейс и полная документация.</p> <p>C3. Уменьшение времени расчёта параметров настройки.</p> <p>C4. Востребованность научного исследования.</p> <p>C5. Долгий срок эксплуатации.</p>	<p>Weaknesses (Слабые стороны):</p> <p>Сл1. Неопределенность относительно сроков внедрения результатов исследования.</p> <p>Сл2. Необходимость в большом количестве предварительных исследований.</p> <p>Сл3. Необходимость проверки в условиях реальной эксплуатации.</p> <p>Сл4. Отсутствие финансирования.</p> <p>Сл5. Отсутствие квалифицированного персонала у потенциальных потребителей.</p>
<p>Opportunities (возможности):</p> <p>B1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>B2. Курс на минимизацию времени расчёта параметров настройки.</p>	<p>Внедрение результатов исследовательской работы позволит минимизировать время и повысить конкурентоспособность в сфере электротехники, что является качественным улучшением.</p> <p>Широкий спектр функциональных возможностей,</p>	<p>Внедрение данной технологии требует проводить проверки в реальных условиях, однако существует курс на минимизацию времени поиска неопределенности и внедрение инноваций.</p>

<p>В3. Возможность внедрения результатов проведенного исследования</p> <p>В4. Выход на новые сегменты рынка</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>дружественный интерфейс, документация способствуют распространению системы на рынок. Из-за приемлемых цен мы сможем выйти на новые сегменты рынка.</p>	
<p>Threats (угрозы):</p> <p>У1. Отсутствие возможности внедрения.</p> <p>У2. Непринятие автоматизации пользователями.</p> <p>У3. Неверное выполнение инструкций пользователем.</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</p> <p>У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>	<p>Угрозы проекта связаны с временными трудностями. В данном случае, в долгосрочной перспективе развитие проекта на основе его экономической эффективности и технологического преимущества являются неотъемлемой частью развития ПО для автоматизированной обработки результатов измерения магнитного поля.</p>	<p>Для реализации данной разработки необходимы финансовые и трудовые затраты персонала, что является сдерживающим фактором на пути внедрения разработки. С помощью повышения послепродажного обслуживания попытаться завоевать доверие потребителей, тем самым повысить спрос на новые технологии.</p>

По итогам SWOT-анализа можно сделать следующие выводы:

– исследование имеет значительное количество сильных сторон.

Автоматизация процесса обработки результатов измерения магнитного поля значительно уменьшает значение неопределенности, что позволяет минимизировать возможность ошибки;

– также исследование имеет свои минусы, которые объясняются высокой инертностью отрасли. При внедрении инноваций необходимо понимать целесообразность инвестирования в новое оборудование и технологии, в сравнении с убытками от возможных ошибок.

6.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценка готовности проекта к коммерциализации осуществляется с помощью заполнения специальной формы (таблица 6), содержащей показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциями разработчика научного проекта.

Таблица 6 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3

Продолжение таблицы 6

10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	49	49

Значение $B_{\text{сум}} = 49$ позволяет сделать вывод, что научная разработка и знания разработчика имеет уровень перспективности выше среднего. Многие аспекты вывода продукта на рынок не были учтены, а также проявляется недостаток знаний. Необходимо дальнейшее совершенствование заготовки проекта и более глубокие исследования в области маркетинга.

6.2 Инициация научно-исследовательского проекта

В процессе инициации проекта определяются начальные цели и содержание, а также фиксируются финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

6.2.1 Цели и результат проекта

В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, целях проекта и критериях их достижения. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны	Ожидание сторон
Организация-заказчик, пользователь	Готовая деталь, прошедшая систему мониторинга значений измерения магнитного поля с отслеживанием неопределенности с целью уменьшения ошибок при изготовлении.
Научный руководитель, студент	Готовая магистерская диссертация

В таблице 8 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения данных целей.

Таблица 8 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка ПО для автоматизированной обработки результатов измерения магнитного поля.
Ожидаемые результаты:	ПО для автоматизированной обработки результатов измерения магнитного поля разработано и введено в эксплуатацию.
Критерии приемки результата проекта:	<ul style="list-style-type: none"> – ПО для автоматизированной обработки результатов измерения магнитного поля реализовано и работает без сбоев; – Данные измерения доступны постоянно и обновляются на основе поступающей информации в приложение; – Отображен мониторинг отработки неопределенности на этапе измерений; – Качественно изготовленная деталь, удовлетворяющая потребности организации-заказчика.
Критерии приемки результата проекта:	<p>Выполнены все пункты технического задания;</p> <p>Разработанный функционал полностью соответствует проектным решениям.</p>

6.2.2 Организационная структура проекта

В ходе реализации проекта помимо магистра задействованы еще несколько человек. В данном разделе необходимо определить команду проекта и роль каждого участника в проекте. В таблице 9 представлена информация о рабочей группе проекта.

Таблица 9 – Рабочая группа проекта

№	ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функция
1	Спиридонова Анна Сергеевна, ТПУ, кандидат технических наук	Научный руководитель	1. Составление научных целей и задач 2. Проверка документации
2	Киселев Александр Викторович, ТПК, кандидат технических наук	Эксперт проекта	1. Проведение измерений магнитного поля постоянных магнитов

6.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта. Ограничения проекта представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1.1 Бюджет проекта	100 000 рублей
1.1.1 Источник финансирования	ТПУ
1.2 Сроки проекта:	24.09.2020 – 30.05.2022
1.2.1 Дата утверждения плана управления проектом	24.09.2020
1.2.2 Дата завершения проекта	30.05.2022

В данном разделе были рассмотрены цели и ожидаемый результат, организационная структура, а также ограничения и допущения проекта. К ограничениям относятся бюджет и сроки.

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

В ходе выполнения научных исследований была создана рабочая группа, состоящая из научного руководителя и студента.

В данном подразделе приведен, созданный перечень работ и отдельных этапов в рамках проведения исследования, а также приведены исполнители по каждому виду работ (таблица 11).

Таблица 11 – Перечень работ, этапов и распределений исполнителей

№ этапа	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Постановка целей и задач	Руководитель – 100 %
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель – 100 % инженер – 10 %
3	Подбор и изучение материалов	Руководитель – 20 % инженер – 10 %
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель – 100 % инженер – 100 %
5	Обсуждение литературы	Руководитель – 100 % инженер – 10 %
6	Проведение теоретических расчетов	Инженер – 100 %
7	Проведение эксперимента	Инженер – 100 %
8	Сопоставление результатов	Инженер – 100 %
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель – 30 % инженер – 100 %
10	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер – 100 %
11	Оформление графического материала	Инженер – 100 %
12	Подведение итогов	Руководитель – 60 % инженер – 100 %

6.3.2 Определение трудоемкости выполненных работ

Так как трудовые затраты чаще всего являются основной частью стоимости проведенного исследования, определение трудоемкости выполнения работ для каждого исполнителя является важным моментом.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожі}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;
 $3t_{mini}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;
 $2t_{maxi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы, i -ой чел.-дн.

Исходя из полученных значений $t_{ожі}$, рассчитывается продолжительность каждого вида работы в рабочих днях $T_{рД}$ по формуле:

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (5)$$

где $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек, вызванных внутренними причинами ($K_{Д}=1,2$);

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий возможное влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{ВН}=1$.

6.3.3 Разработка графика научного исследования

В качестве графика проведения научного исследования использовалась диаграмма Ганта, т.к. оно является наиболее наглядным и удобным способом построения ленточного графика.

Для построения графика, длительность каждого из этапов работ переводится из рабочих в календарные дни по формуле:

$$T_{кД} = T_{рД} \cdot k_{кал}, \quad (6)$$

где $k_{кал}$ – коэффициент календарности;

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (7)$$

где $T_{кал} = 366$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 108$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр} = 10$ – количество праздничных дней.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366-108-10} = 1,48.$$

Таким образом получаем, что значение $k_{\text{кал}} = 1,48$. Все рассчитанные значения сведены в таблице 12.

Таблица 12 – Временные показатели приведения научного исследования

№э тап а	Исполни -тели	Продолжительность работы, дни			Трудоемкость работ по исполнителям, чел.- дн.			
		t_{\min} , чел.- дн.	t_{\max} , чел.- дн.	$t_{\text{ожб}}$, чел.- дн.	$T_{\text{РД}}$		$T_{\text{КД}}$	
					НР	И	НР	И
1	И,НР	5	7	5,8	6,96	—	10,30	—
2	И,НР	2	5	3,2	3,84	0,38	5,68	0,56
3	И,НР	14	20	16,4	3,94	19,68	5,83	29,13
4	И,НР	5	9	6,6	7,92	0,79	11,72	1,17
5	И,НР	3	6	4,2	1,26	5,04	1,86	7,46
6	И	13	17	14,6	—	17,52	—	25,93
7	И	11	15	12,6	—	15,12	—	22,38
8	И	7	14	9,8	4,70	11,76	6,96	17,40
9	И,НР	7	10	8,2	2,95	9,84	4,37	14,56
10	И	15	20	17	—	20,4	—	30,19
11	И	7	10	8,2	—	9,84	—	14,56
12	И,НР	6	9	7,2	5,18	8,64	7,67	12,79
ИТОГ				113,8	36,75	129,6	54,39	176,13

Пр и м е ч а н и е – НР - научный руководитель; И - инженер.

Основываясь на данных из таблицы 12, составим календарный план-график, рисунок 15.

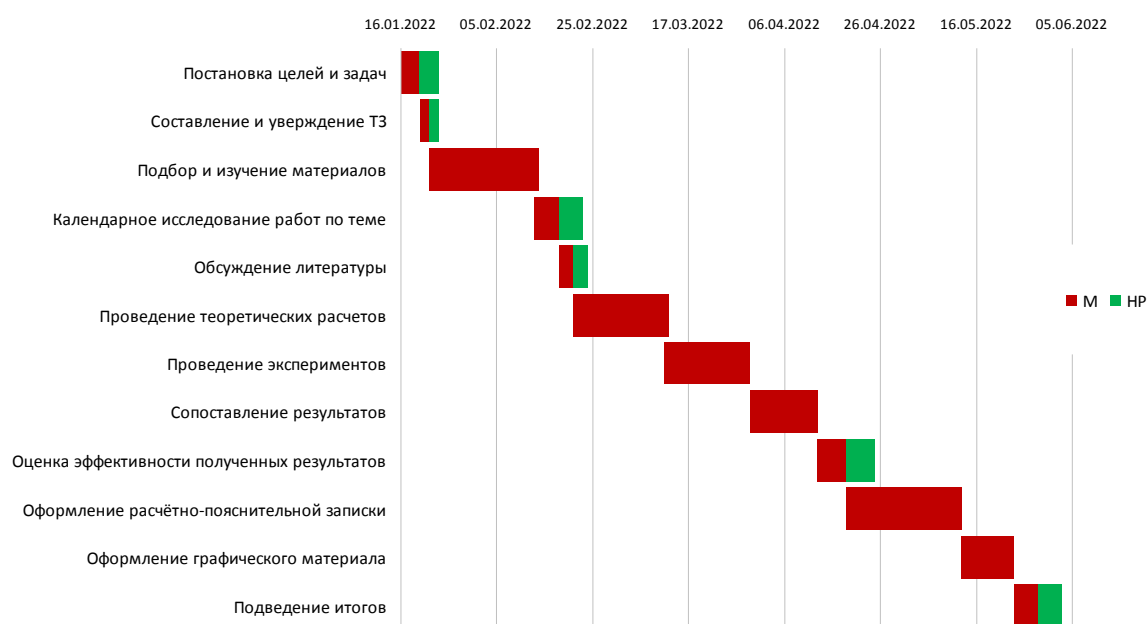


Рисунок 15 – Календарный план-график

6.4 Определение бюджета научно-технического исследования

Необходимо обеспечить достоверное и полное отражение всех расходов, связанных с выполнением научно-технического исследования, вовремя планирования его бюджета. Для определения бюджета НТИ в рамках выполнения дипломного проекта с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работы были рассчитаны следующие виды затрат:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- затраты на электроэнергию.

6.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В рамках расчета материальных затрат НТИ должны быть учтены:

- приобретаемые сырье и материалы, необходимые для создания продукции;
- покупаемые материалы, необходимые для поддержания нормального технологического процесса;
- затраты на дополнительные комплектующие;
- сырье, материалы, различные комплектующие изделия, применяемые в качестве объектов исследования;
- затраты на канцелярские принадлежности.

Стоимость материалов определяется методом калькулирования основанном на прямом определении затрат по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (8)$$

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, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах от 15 до 25 % от стоимости материалов.

Результаты расчетов материальных затрат представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование материалов	Количество, шт		Цена за ед., руб.		Затраты на Материалы З _м , руб.	
			1ис п.	2ис п.	1ис п.	2ис п.
Компьютер	1	1	35000	45750	35000	45750
Принтер	1	1	5000	10000	5000	10000
Заправка катриджа	1	1	300	500	300	500
Пачка бумаги А4	1	1	260	600	260	600
Итого					40560	56850

В ходе научно- технического исследования у приобретенных видов продукции не было остатков, следовательно, не нужно исключать стоимость возвратных отходов. Также необходимо учитывать, что данное оборудование в дальнейшем будет использоваться в других проектах. В данном проекте использовалось исполнение 1.

6.4.2 Расчет заработной платы

В рамках данной главы рассчитывается основная заработная плата для всех исполнителей, участвовавших в проведении НИИ. Величина расходов по заработной плате рассчитывается на основании трудоемкости выполняемых работ, а также действующей системы тарифных ставок и окладов.

Поскольку в рабочую группу входят инженер и научный руководитель, то, соответственно, рассчитывались расходы по их заработной плате.

Расчет оплаты труда производится на основе отраслевой системы оплаты труда в ТПУ. Так как руководитель входит в профессорско-преподавательский состав (профессор, доктор наук), его месячный оклад (МО) составляет 47104,00 руб. Зарплата инженера составляет 9489,00 руб.

Среднедневная тарифная заработная плата (ЗП_{дн.т-б}) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн.т-б} = MO / 25,083. \quad (9)$$

Соответственно дневной оклад руководителя равен 1877,93 руб., а инженера – 378,30 руб.

Расчет затрат на основную заработную плату представлены в таблице 14. При расчете учитывалось, что в году 248 рабочих дней и, следовательно, в месяце 25,083 рабочий день, а затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю брались из таблицы 14. Коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{пр}=1,1$, районный коэффициент $K_{рк}=1,3$, $K_{доп.ЗП}=1,188$.

Таблица 14 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/пл, руб.
НР	47104	1877,93	36,7	1,69	116474,85
И	9489	378,30	129,6	1,69	82856,78
Итого					199331,63

Основная заработная плата $C_{осн}$ будет равна 199331,63 руб.

6.4.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты по этой статье составляют отчисления по единому социальному налогу (ЕСН).

Отчисления от заработной платы определяются по формуле:

$$C_{\text{соцф}} = K_{\text{соцф}} \cdot C_{\text{осн}}, \quad (10)$$

где $K_{\text{соцф}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы, он включает в себя:

- 1) отчисления в пенсионный фонд;
- 2) на социальное страхование;
- 3) на медицинское страхование.

и составляет 30 % от затрат на заработную плату.

$$C_{\text{соцф}} = 0,30 \cdot 199331,63 = 59799,49 \text{ руб.}$$

6.4.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (11)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ГПУ $Ц_{\text{э}} = 6,59 \text{ руб./кВт·час (с НДС)}$.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 15 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 ч.:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (12)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно

определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} \cdot K_C, \quad (13)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет затрат

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час		Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты Ээ.об., руб.	
	НР	И		НР	И
Персональный компьютер	$(36,7 \cdot 8) \cdot 0,6 = 176,16$	$(129,6 \cdot 8) \cdot 0,6 = 622,08$	0,3	52,85	186,62
Итого:				239,47	

6.4.5 Расчёт амортизации расходов

В пункте амортизационные отчисления от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ПК по формуле:

$$C_{ам} = \frac{N_A \cdot C_{об} \cdot t_{рм} \cdot n}{F_d}, \quad (14)$$

где N_A - годовая норма амортизации, $N_A = 0,4$;

$C_{об}$ - цена оборудования, $C_{об} = 35000$ руб.;

F_d - действительный годовой фонд рабочего времени, $F_d = 1992$ часа;

$t_{рм}$ - время работы ВТ при создании программного продукта, $t_{рм} = 256,24$ ч.

n – число задействованных ПК, $n = 1$.

$$C_{AM} = (0,4 \cdot 35000 \cdot 239,47) / 1992 = 1683,02 \text{ руб.}$$

6.4.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- командировочные расходы, вт. ч. расходы по оплате суточных, транспортные расходы, компенсация стоимости жилья;
- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

При выполнении магистерской диссертации не было дополнительных расходов по данному пункту.

6.4.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.:

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{з/п}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{ип}}) \cdot 0,1 \quad (15)$$

Для нашего примера это

$$C_{\text{проч}} = (42588,00 + 199331,63 + 59799,49 + 239,47 + 1683,02 + 0) \cdot 0,1 = 30364,16 \text{ руб.}$$

6.4.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость магистерской диссертации (таблица 16).

Таблица 16 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	42588

Основная заработная плата	$C_{зп}$	199331,63
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	59799,49
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.об.}$	29,94
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	2104,22
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{нп}$	0
Прочие расходы	$C_{проч}$	30364,16
Итого:		334005,77

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 334005,77$ руб.

6.4.9 Расчет НДС

НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(334005,77 + 33400,58) \cdot 0,2 = 73481,27$ руб.

6.4.10 Цена разработки ОКР (НИР)

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$ЦОКР_{(НИР)(КР)} = 334005,77 + 33400,58 + 73481,27 = 440887,62 \text{ руб.}$$

6.5 Оценка экономической эффективности проекта

Оценка экономической эффективности НИР отражает финансовые последствия проекта для его участников – изменение финансовых результатов их деятельности, уровня капитализации участников проекта.

Так как данная работа носит исследовательский характер, и перспективы использования её результатов не определены, то оценка экономической эффективности невозможна.

7 Социальная ответственность

Международный стандарт ISO 26000-2012 «Руководство по социальной ответственности» [10] является руководством по принципам, которые лежат в основе социальной ответственности, основных тем и проблем социальной ответственности, а также способам интеграции социально ответственного поведения в стратегии и процессы организации.

Теоретические исследования и компьютерное моделирование метрологических характеристик измерительного комплекса проводились с помощью программного обеспечения *LabVIEW*. Следовательно, объектом исследования является рабочее место, оборудованное персонально электронно-вычислительной машиной (ПЭВМ).

Работа с компьютером, производится сидя и сопровождается незначительным физическим напряжением. В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [11] данная работа относится к категории работ Ia, т.к. является легкой. У работ данной категории интенсивность энергозатрат составляет до 120 ккал/ч (до 139 Вт).

В данном разделе будут рассмотрены вредные факторы, которые негативно влияют на организм человека, такие как повышенная или пониженная температура воздуха рабочей среды, недостаточность освещения рабочей зоны, повышенный уровень электромагнитных излучений и шума, а также опасные факторы, такие как электрический ток, возникновение пожара и короткое замыкание.

7.1 Правовые организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно техническому заданию, планируется исследовать измерение магнитного поля постоянных магнитов. Данная работа проводилась в аудитории корпуса №10 ТПУ. Рабочее место представляет собой помещение, оборудованное компьютерным столом с персональным компьютером. В ходе

работы над данным разделом необходимо выявить все возможные вредные/опасные факторы, влияющие на студента, разработать и проанализировать решения по их минимизации.

7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно [12] работа по разработке документации с использованием ПЭВМ относится к группе Б - работа по вводу информации. При I категории работы уровень нагрузки за рабочую смену для группы Б по суммарному числу вводимых знаков составляет до 15000 знаков. Суммарное время регламентированных перерывов составляет от 30 до 120 минут в соответствии с категорией работ (ст. 108 ТК РФ [13])

Для предотвращения быстрой утомляемости рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием ПЭВМ и без него.

При возникновении зрительного дискомфорта и других неблагоприятных ощущениях рекомендуется ограничить время работы за ПЭВМ.

При работе с ПЭВМ в ночную смену (с 22 до 6 ч), независимо от категории и вида трудовой деятельности, продолжительность регламентированных перерывов следует увеличивать на 30 %.

Продолжительность рабочей недели не должна превышать 40 ч при пятидневной неделе, и 48 ч при шестидневной [14].

7.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочим столом с монитором ПЭВМ, должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Так как разработка документа (компоновка и анализ измерительных данных, набор текста) предполагает постоянное взаимодействие с компьютером, то для сохранения здоровья, рекомендуется периодически переключать внимание на другие виды деятельности. Такие перерывы должны быть по (10-15) минут через каждые (45-60) минут работы. Расположение экрана монитора от глаз пользователя на расстояние не ближе 0,5 м, а в лучшем случае на расстоянии от 0,6 до 0,7 м.

Современные студенты вынуждены вести сидячий образ жизнь по многу часов в день, и вследствие чего, имеют проблемы со спиной и позвоночником. СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда [15] рекомендует делать динамические упражнения расслабления мышц, улучшения кровоснабжения и снижения напряжения. Также СанПиН

рекомендует комплексы упражнений для глаз, с указанием методики проведения зрительной гимнастики во время работы на компьютере.

7.3 Производственная безопасность

7.3.1 Анализ вредных и опасных факторов

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [16] рассмотрим как вредные факторы, так и опасные факторы на рабочем месте студента. В таблице 17 приведены опасные и вредные факторы, с которыми может столкнуться студент, при проведении работ.

Таблица 17 – Опасные и вредные факторы, возникающие при разработке документации

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [11]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение [17]
Умственные нагрузки; Монотонность работы.	Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [18] МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» [19]
Опасность поражения электрическим током, короткое замыкание; статическое электричество	ГОСТ 12.1.038-82 Электробезопасность [20] ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность [21] ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» [22]

7.3.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в учебной аудитории при проведении исследований

Улучшению условий труда для пользователей ПК в последнее десятилетие уделяется большое внимание. Основным фактором, влияющим на производительность труда пользователя ПК, - комфортное и безопасное условие труда. При несоблюдении эргономики могут возникнуть довольно серьезные последствия.

При проведении исследований в учебных аудиториях важную роль играет организация рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

Основным документом, который определяет условия труда на персональных электронно-вычислительных машинах (ПЭВМ), - санитарные нормы и правила. В данном документе регламентируются основные требования к охране труда при работе на персональном компьютере.

Опасность поражения электрическим током является основным опасным фактором. Исходя из анализа состояния аудитории, по степени опасности поражения электрическим током ее можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

7.3.3 Анализ вредных факторов

7.3.3.1 Микроклимат

В рабочем помещении должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата, т.е. эти параметры обеспечивают хорошее самочувствие человека, состояние теплового комфорта, необходимую работоспособность. Как результат, повышается производительность труда. Чтобы обеспечить на рабочем месте благоприятные условия работы, которые соответствуют физиологическим потребностям человеческого организма, в санитарных нормах установлены оптимальные и метеорологические условия

для рабочей зоны помещения. В тех случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные параметры, устанавливаются допустимые. Допустимые условия микроклимата не вызывают нарушений здоровья у человека, но могут явиться причиной возникновения теплового дискомфорта, ухудшения самочувствия и снижения работоспособности.

Показателями, которые характеризуют микроклимат рабочей зоны, являются:

- температура воздуха, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, указанным в таблице 18.

Таблица 18 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная Влажность воздуха, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	О	Д	О	Д	О	Д
Теплый	от 23 до 25	от 22 до 28	от 40 до 60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1-0,2
Холодный	от 22 до 24	от 21 до 25	от 40 до 60	75	0,1	Неболее 0,1

Примечание – В таблице приняты следующие сокращения: О – оптимальные; Д – допустимые.

В лаборатории корпуса №10, где находится рабочая зона с компьютером, показатели температуры, следующие:

- температура воздуха, 23 °С;
- относительная влажность воздуха, 55 %;
- скорость движения воздуха, 0,1 м/с.

Следовательно, для рабочей зоны параметры микроклимата соответствуют оптимальным значениям. В учебной аудитории водяная система отопления. Для обеспечения естественной вентиляции воздуха во время перерыва аудитория проветривается.

7.3.3.2 Шум

Длительное воздействие шума на рабочем месте крайне негативно сказывается на работающем: происходит снижения внимания, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, происходит замедление скорости реакций и т.д. Как результат, производительность труда падает и снижается качество выполняемой работы.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 [20], при научной деятельности с работой на ПЭВМ, уровень звука и эквивалентные уровни звука не должен превышать 50дБ. Основные источники шума в аудитории – компьютер и люминесцентные лампы. Учебный корпус расположен на центральной улице, вблизи автомобильных дорог, поэтому могут возникать дополнительные источники шума при открытом окне или форточки в аудитории.

По субъективным ощущениям на рабочем месте уровень шума не превышает допустимого значения.

7.3.3.3 Освещение

Согласно СП 52.13330.2016 отсутствие освещение или его нехватка классифицируется как вредный производственный фактор. Работа при недостаточном освещении может привести к переутомлению, усталости глаз, головным болям, что неизбежно приводит к снижению работоспособности. Управление оператором стенда «Исследование дисперсного состава водомасляных эмульсий» процессами с помощью ПК

оценивается как зрительная работа очень высокой точности, при этом наименьший размер объекта различения ограничивается (0,15-0,3) мм (II разряд зрительной работы) [23].

В помещениях, предназначенных для работы с ПЭВМ, освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения E_n должна быть не менее 300 лк. Коэффициент пульсации освещенности K_p не должен превышать 5 %, коэффициент естественной освещенности не должен превышать 2,1 %.

Расчет искусственного освещения для учебной аудитории:

- размеры помещения: $A = 7$ м; $B = 8$ м; $H = 3,7$ м; $S = 56$ м²;
- высота рабочей поверхности $h_p = 0,7$ м;
- высота подвеса светильника над полом $h_c = 3,5$ м;
- высота светильника над рабочей поверхностью $h = 2,8$ м;
- коэффициент отражения стен $\rho_{ст} = 50$ %, при условии, что стены бетонные или побелены в серых помещениях;
- коэффициент отражения потолка $\rho_{п} = 70$ %, при условии, что потолки свежепобелены;
- коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли $K_з = 1,5$;
- коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1$;
- параметр для светильника типа ОДР с защитной решеткой $\lambda = 1,1-1,3$;
- световой поток одной лампы $\Phi_1 = 2500$ лм.

Для определения размещения светильников в помещении, рассчитаем расстояние между светильниками L по формуле (16):

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,8 = 3,36 . \quad (16)$$

Оптимальное расстояние от крайнего ряда до стены равно $L/3 = 1,12$ м. Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определим по формуле (17):

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{8 - \frac{2}{3} \cdot 3,36}{3,36} + 1 = 2,7. \quad (17)$$

Округляя число рядов, получаем $n_{\text{ряд}} = 3$. Количество светильников с люминесцентными лампами в ряду определим по формуле (18):

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{7 - \frac{2}{3} \cdot 3,36}{3,36} + 1 = 2,1. \quad (18)$$

Округляя число светильников, получаем $n_{\text{св}} = 2$. Общее количество светильников с люминесцентными лампами $N = 6$. Расположение светильников представлено на рисунке 16.

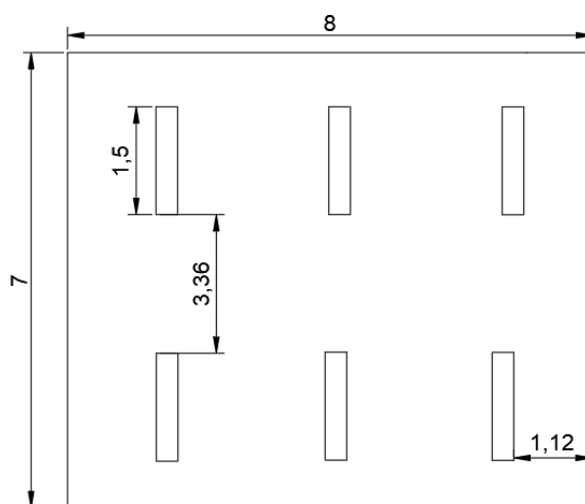


Рисунок 16 – Размещение светильник в помещении

Рассчитаем индекс помещения i по формуле (19):

$$i = \frac{S}{H \cdot (A + B)} = \frac{56}{3,7 \cdot (7 + 8)} = 1. \quad (19)$$

Исходя из значения индекса помещения коэффициент использования светового потока, зависящий цвета стен и потолка, $\eta = 49\%$. Учитывая, что в каждом светильнике установлено 2 лампы, общее число ламп в помещении $N_{\text{л}} = 12$. Требуемый световой поток найдем по формуле (20):

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 56 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,49} = 4714 \text{ лм}. \quad (21)$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу –ЛХБ 80 Вт с потоком 5000 лм. Проверим полученное значение по формуле (22).

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\% \quad (22)$$

$$-10\% \leq 5,72\% \leq +20\% \quad (23)$$

Рассчитаем номинальную мощность системы по формуле (24):

$$P = N_{\text{л}} \cdot p_{\text{л}} = 12 \cdot 80 = 960 \text{Вт} \quad (24)$$

Таким образом, рассчитанный световой поток не выходит за пределы диапазона, соответственно корректировки числа светильников или высоты подвеса не требуется. Номинальная мощность системы составила 960 Вт.

7.3.3.4 Психофизиологические факторы

Основными обуславливающими развитие производственно-профессионального стресса трудовыми нагрузками, согласно МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности», являются [19]:

- при умственной нагрузке – работа в состоянии дефицита времени, длительность сосредоточенного внимания, плотность сигналов и сообщений в единицу времени, высокая степень сложности задания, выраженная ответственность, наличие риска для жизни;

- при зрительной нагрузке – высокая точность выполняемой работы, необходимость высокой координации сенсорных и моторных элементов зрительной системы, т.е. координации зрения с системой органов движения, время работы непосредственно с экраном ПЭВМ.

Студент, разрабатывающий документацию, вынужден длительное время проводить за работой с ПЭВМ. После работы в сидячем положении у работника можно диагностировать напряжение зрительного аппарата, болезненные ощущения в глазах и пояснице, головную боль и усталость. Последствия работы в таких условиях грозят спаду работоспособности.

Для минимизации описанных последствий во время работы студент должен выполнять комплекс физических упражнений. А также необходимо согласно правильно устанавливать режим труда и отдыха. В том числе делать перерывы по 10-15 минут через каждые 45-60 минут работы.

7.3.3.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Пользователь, при работе с ПК находится в непосредственной близости к монитору, что вызывает воздействие электромагнитных полей (ЭМП). Вредное влияние переменных магнитных полей должно быть учтено при организации рабочего места с ПЭВМ.

Наибольшее значение электрического поля сосредоточено в блоке питания, так как в нем осуществляется преобразование тока 220В в токи малого напряжения, которые создают меньшие значения электромагнитных полей. Для уменьшения воздействия блоки питания экранируются. Также для защиты от электромагнитного излучения необходимо использовать оборудование с меньшим излучением, удалить системный блок и монитор как можно дальше, сократить время работы.

При повышенных уровнях напряженности электрического поля развиваются нарушения нервной и сердечно-сосудистой систем.

Согласно установленным нормам, временные допустимые уровни электромагнитного излучения представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметра	Диапазон частот	Временные допустимые уровни ЭМП
Напряженность электрического поля	5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	2 кГц – 400 кГц	25 В/м
Плотность магнитного потока	5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля	–	15 кВ/м

СанПиН 1.2.3685-21 устанавливает допустимые нормы электромагнитного излучения.

Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания персонала без средств защиты в электромагнитном поле представлены ниже в таблице 20.

Таблица 20 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, [А/м] при воздействии	
	Общее воздействие	Локальное воздействие
1 и менее	1600	6400
2	800	3200
4	400	1600
8	80	800

Что касается способов защиты и уменьшения влияния электромагнитного излучения, то можно воспользоваться следующими действиями:

- смена должна длиться менее 8 часов в день;

– уменьшение времени нахождения человека в электромагнитном поле, а именно организация перерывов каждые (45 – 60) минут на (10 – 15) минут;

– увеличение расстояния от персонала до источника электромагнитных излучений.

Таким образом, воспользовавшись данными действиями, дополнительные средства защиты окажутся не востребованными.

7.3.4 Анализ опасных факторов

7.3.4.1 Электробезопасность

В соответствии с [21] учебная аудитория является помещением без повышенной опасности, т.е. отсутствуют какие-либо условия, создающие опасность: оно сухое, хорошо отапливаемое, полы токонепроводящие, температура и влажность соответствуют нормам. В аудитории отсутствуют электроустановки, за исключением кондиционера и приносимого с собой пользователем компьютера.

Порядок и меры по защите при работе с компьютером указаны в ГОСТ Р 12.019-2009 [21].

Деятельность непосредственно связана с ПЭВМ, токоведущие части изолированы, т.е. случайное прикосновение к токоведущим частям исключено. Также в аудитории присутствует кондиционер, у которого также имеется изоляция токоведущих частей.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, рекомендуется применять защитное заземление.

Основное организационное мероприятие по электробезопасности – инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний

правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно в выполняемой работе.

7.4 Экологическая безопасность

Производственная деятельность человека оказывает существенное влияние на окружающую среду. Разработка комплекта документов, вследствие работы с ПЭВМ не относится к промышленной и не является источником выброса вредных веществ, поступающих в окружающую среду.

При завершении срока службы ПЭВМ и периферийные устройства (принтеры, МФУ, веб-камеры, наушники, колонки, телефоны), а также люминесцентные лампы подлежат к утилизации по технологии, принятой на предприятии, эксплуатирующем данные приборы. Если на предприятии нет отдела по утилизации, следует доверить утилизацию оборудования и оформление документов специалистам, обратившись в авторизованный центр сервисной поддержки в вашем регионе.

К отходам, производимым в помещении можно отнести бумажные отходы, то есть макулатуру. Бумажные отходы рекомендуется накапливать и передавать их в пункты приема макулатуры для дальнейшей переработки. Дополнительным методом снижения отходов является увеличение доли электронного документооборота. Согласно ГОСТ 17.4.3.04-85 ССОП Охрана природы. Почвы. [22], к категории загрязненных следует относить почвы, в которых количество загрязняющих веществ находится на уровне или выше предельно допустимых количеств. При соблюдении вышеуказанных действий количество макулатуры находится ниже предельно допустимого количества, что в конечном результате сводится к минимуму.

7.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном пункте будет рассмотрен наиболее вероятный вид ЧС в

учебной аудитории – пожар.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 [21], по пожарной безопасности данное рабочее место относится к категории Г (умеренная пожароопасность), здание по огнестойкости относится к III степени, где стены, колонны – несгораемые, несущие конструкции междуэтажных и чердачных перекрытий – трудносгораемые, несущие конструкции покрытий – сгораемые.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;
- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- возникновение пожара в следствие попадания молнии в здание;
- возгорание здания в следствие внешних воздействий;
- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Помещение должно быть обеспечено исправными и пригодными к применению средствами пожаротушения (в соответствии с установленными нормами и проектом здания корпуса):

- огнетушителями (из расчета 2 огнетушителя на 800 м² коридора, не менее 2-х на этаж). Проверка огнетушителей проводится не реже одного раза в год. Не реже одного раза в 5 лет каждый огнетушитель должен быть переразряжен, проведен внешний и внутренний осмотр, а также проведены гидроиспытания на прочность баллона и пневмоиспытания на герметичность корпуса, пусковой головки, шланга и запорного устройства;
- пожарными кранами ПК. Каждый пожарный кран должен быть укомплектован рукавом, стволом, вентилем, гайками и проверяться на работоспособность (специальной комиссией в присутствии коменданта корпуса) не реже одного раза в шесть месяцев, с оформлением результатов

проверки актом.

Системы противопожарного водоснабжения должны включаться в работу от автоматических пожарных извещателей, устанавливаемых в коридорах этажей, а также дистанционно от кнопок, установленных в шкафах кранов (для корпусов, оборудованных пожарной автоматикой).

Ручное и дистанционное включение и выключение отдельных агрегатов систем (пожарных насосов) должно быть предусмотрено с каждого этажа здания.

У пусковых устройств систем, сигнализационных приборов, включаемых при пожаре, должны быть вывешены таблички, определяющие назначение и порядок приведения их в действие.

В производственных помещениях должно быть не менее двух эвакуационных выходов.

В случае возникновения пожара на рабочем месте, где используется ПЭВМ, необходимо отключить электросеть в помещении (в случае возникновения пожара по причине неисправности электропроводки). Тушение пожара допускается сухим песком или углекислотным огнетушителем, местонахождение огнетушителей обозначено на рисунке 16.



Рисунок 16 – План эвакуации

7.6 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В аудитории, в которой выполнялись работы по написанию магистерской диссертации, было выявлено, что микроклимат соответствует оптимальным значениям. В зимнее время в учебной аудитории используется водяная система отопления. Для обеспечения вентиляции воздуха аудитория во время перерыва проветривается. Так же соответствует нормам и уровень шума в помещении.

Были выявлены психофизические факторы при данном виде работ:

- статическое положение тела в течение длительного времени, монотонность;
- работы и умственные перегрузки.

Аудитория учебного корпуса относится к категории помещений безповышенной опасности, т.к. в помещении не имеется токопроводящих

полов, токопроводящей пыли, повышенной влажности и т.д. Помещение снабжено пожарной сигнализацией, огнетушителем и планом эвакуации. Все электронные приборы подключены к сети питания имеющей защитное заземление.

Заключение

В рамках работы над магистерской диссертацией были исследованы супермагниты или неомагниты системы Nd-Fe-B с высоким значением запасенной энергии. Далее изучена эксплуатационная документация средств измерений и вспомогательного оборудования входящего в состав измерительного комплекса. Выявлены источники неопределенности измерения магнитной индукции постоянного магнита. Разработан проект инструкции измерения магнитного поля конкретным измерительным комплексом.

Проведение эксперимента с использованием специализированной инструкции и с учетом всех источников неопределенности при проведении эксперимента и обработке результатов измерений позволит повысить надежность и экономическую эффективность использования электромеханических преобразователей энергии на старте разработки имитационной модели детали.

Список использованных источников

1. Пискорский В.П., Королев Д.В., Валеев Р.А., Моргунов Р.Б., Куницына Е.И. Физика и инженерия постоянных магнитов: учебное пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. – М.: ВИАМ, 2018. – 392 с. : ил.
2. Сеница В. В. Оптимизация компоновочных схем телеметрических систем для исследований в процессе бурения / В.В. Сеница // Инженерная практика. – 2012. – № 1. – С. 70–79.
3. ТУ 4222-001-86487402-2014 Тесламетр-веберметр универсальный ТПУ-2В. Руководство по эксплуатации.
4. ТПКЛ.411171.013ПС Катушки Гельмгольца КГ-3ЭТ. Паспорт.
5. ИЕС 60404-14 Магнитные материалы. Часть 14. Методы измерения магнитного дипольного момента образца ферромагнитного материала выдергиванием или поворотом.
6. МИ 2806-2003 ГСИ. Потокосцепление магнитного поля постоянного магнита с катушкой Гельмгольца. Методика выполнения измерений.
7. KUKA System Software. KUKA Deutschland GmbH. Системное программное обеспечение KUKA 8.3. Инструкция по эксплуатации и программированию для конечного пользователя.
8. Беспалов А.В. Проектирование асинхронного двигателя общего назначения с короткозамкнутым ротором / А.В. Беспалов // Учебное пособие для курсового проектирования – 2012. – 154 с. : ил.
9. ГОСТ Р ИСО 5726-1 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Использование значений точности на практике.
10. 10ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности. – М.: Стандартинформ, 2012. – 61 с.

11. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания– М.: «Минздрав России», 2021. – 452 с.
12. ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 Эргономические требования к проведениюофисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора. –М.:«Стандартинформ», 2010. – 22 с.
13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021). [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_34683/, свободный (дата обращения 26.05.2022).
14. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов (с изменениями на 28 февраля 2022 года).
15. СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда – М.: «Минздрав России», 2020. – 49.
16. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы –М.: «Минздрав России», 1997. – 11 с.
17. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение рабочее место должно быть освещено как естественным, так и искусственным освещением –М.: «Госстрой», 2004. – 43.
18. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: «Госсанэпиднадзор», 2005. – 142.
19. МР 2.2.9.2311 – 07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности. [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://docs.cntd.ru/document/1200072234>, свободный (дата обращения 26.05.2022).

20. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://docs.cntd.ru/document/5200291>, свободный (дата обращения 26.05.2022).

21. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность– М.: «Стандартинформ», 2006. – 64 с.

22. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. [Электронный ресурс]– Режим доступа:<https://docs.cntd.ru/document/5200272>, свободный (дата обращения 26.05.2022).

23. Свод правил: СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: Минстрой России, 2016. – 106 с.

24. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: «Стандартинформ», 2016. – 6 с.

25. ОСТ 17.4.3.04-85 ССОП Охрана природы. Почвы. – М.: «Стандартинформ», 2008. – 5 с.

26. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://docs.cntd.ru/document/1200030047>, свободный (дата обращения 26.05.2022).

Приложение А

(справочное)

Permanent magnets: advantages and disadvantages, principle of operation, scope of application, material for the experiment, magnets used in magnetoelectric machines

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ01	Березина Алена Алексеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Спиридонова Анна Сергеевна	к.т.н		

Консультант-лингвистотделенияиностранныхязыковШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Маркова Наталия Александровна			

1 Permanent magnets

A ferromagnetic product capable of retaining significant residual magnetization after removal of an external magnetic field is called a permanent magnet.

Permanent magnets are made of various metals such as cobalt, iron, nickel, rare earth metal alloys (for neodymium magnets), as well as natural minerals such as magnetites.

The scope of application of permanent magnets is very wide today, but their purpose is basically the same everywhere - as a source of a permanent magnetic field without a power source. Thus, a magnet is a body with its own magnetic field.

A permanent magnet is part of the magnetic systems of electrical products. The operation of devices with permanent magnets, as a rule, is based on energy conversion:

- mechanical to mechanical (separators, magnetic couplings, etc.);
- mechanical to electromagnetic (electric generators, loudspeakers, etc.);
- electromagnetic to mechanical (electric motors, speakers, magnetoelectric systems, etc.);
- mechanical to internal (braking devices, etc.).

The following are required for permanent magnets requirements:

- high specific magnetic energy;
- minimum dimensions at a given field strength;
- maintaining operability in a wide range of operating temperatures;
- resistance to external magnetic fields; – adaptability;
- low cost of raw materials;
- stability of magnetic parameters over time.

1.1 Advantages and disadvantages of permanent magnets

Since the electric current (its properties) is a consequence of the movement of electric charges, and the latter move relative to other stationary charges, various electrical interactions arise. What should be understood by "pure" electric current.

A pure or neutral current can, apparently, be called a situation when there are charges conditionally distant from others, consisting of an equal number of negatively and positively charged particles, some of which move relative to others in the prevailing direction. It is the mutual movement of charges of the opposite sign relative to each other that is the neutral current. Other variants of the movement of charges, for example, with the predominance of charges of the same sign, will be in their own way derived from the neutral current and, accordingly, will have some features of electrical interactions.

The appearance of permanent magnets can be of different shapes and is shown in Figure 1.



Figure 1 - Appearance of permanent magnets

In many situations, we are far from dealing with neutral currents, since there is both an uneven distribution of charges along the length of conductors with current, and jumps in the electric field strength at some boundaries of the

conductors (the presence of a current-causing EMF, etc.). Therefore, in order to study the properties of neutral current, one should use either a ring superconductor with current, or permanent magnets, which in this case can be conditionally considered as a system with an annular neutral current.

1.2 The principle of operation of permanent magnets

The first patent for an electrically permanent magnet was issued more than half a century ago - in 1958 in France. It was a lifting magnet consisting of two identical permanent magnets, one of which was surrounded by a coil. The electric pulse made it possible to change the magnetization of half of the magnets and, consequently, to close and open the magnetic field.

In other words, after this happened, the need for moving parts inside the magnetic gripper disappeared, and the design itself became simpler, more reliable and more durable. With all this, the load capacity has increased.

Further, as they say, more. Using the magnetic characteristics of materials that have become available thanks to the research and technology of this sector, the industrial equipment manufacturing industry has moved significantly further, which has led to the combination of several groups of magnets with different characteristics.

An electro-permanent magnet is a simple magnetic circuit shown 2, which makes it easy to understand the principle of operation of an electro-permanent magnet. Group of irreversible magnets NdFeB / SmCo, associated with a group of reversible magnets AlNiCo V.

They are surrounded by a coil. Both groups contribute to the supply of the necessary energy, and the second also performs the function of controlling the magnetic circuit under study.

The system is activated by a short current pulse of the corresponding sign. The current magnetizes the reversible group in the same direction as the

magnetization of the irreversible group, and both of them work in parallel. The total flow passes through the pole tips, closing on the load, which is attracted.

For deactivation, a current pulse is applied to the coil with the opposite direction to the previous one and two groups go in series: the magnetic flux of one group, passing through the extensions, closes on the other group located inside the lift, as a result of which the load is released.

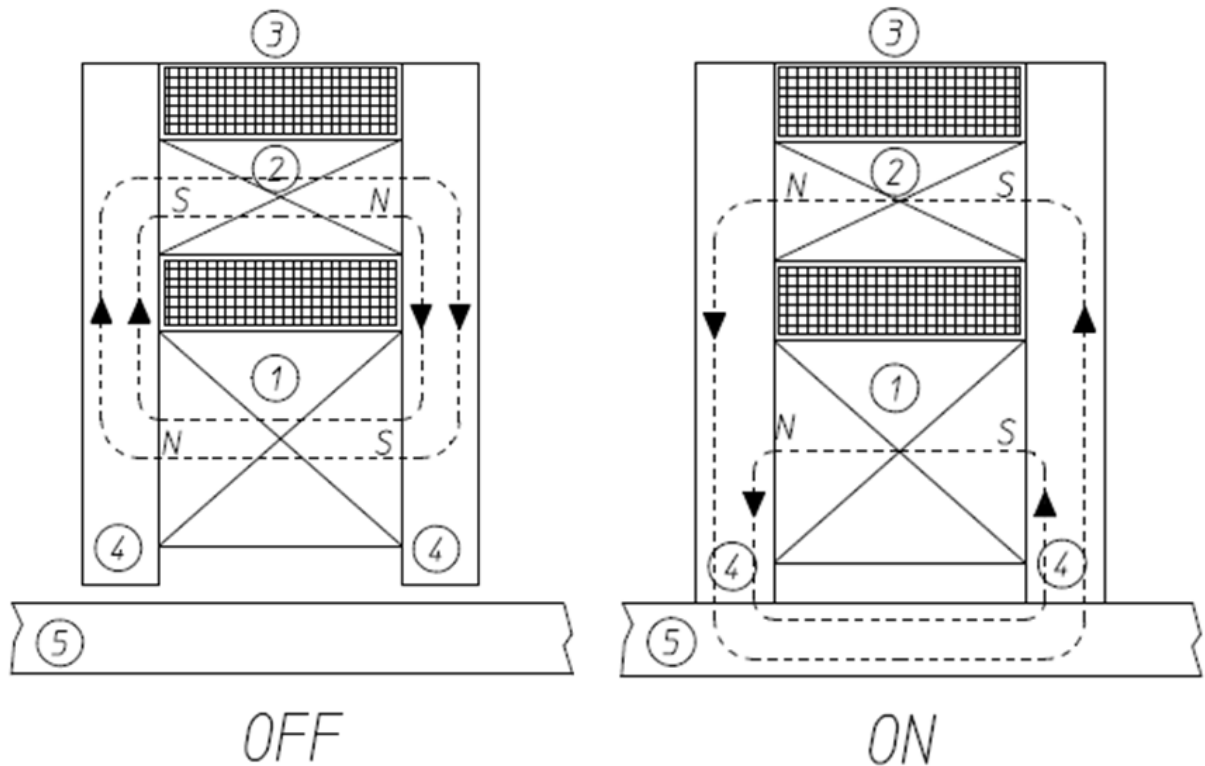


Figure 2 – The principle of operation of electrically permanent magnets

Since the current pulse lasts only an instant, this gives the device two obvious advantages:

- energy saving;
- no overheating.

Since such magnets are independent of external energy sources, they cannot release the load if there is no voltage or the electrical cable is broken, and therefore provide maximum safety in case of unforeseen situations.

1.3 Scope of application of permanent magnets

One of the features of motors with active use of permanent magnets is the possibility of using electric resonance. Since the control electromagnet periodically changes its polarity, i.e. it is powered by alternating current, the frequency of which depends on the speed (in the case of a rotary motor) in the ratio $1 / K$, where K is the number of poles, electromagnets can be included in the oscillatory circuit with a capacity. The connection of the electromagnets can be serial, parallel or combined, and the capacitance is selected by resonance at the operating frequency of the motor, while the average value of the current passing through the electromagnets will be large, and the external current supply will compensate mainly for active losses.

This mode of operation will be the most attractive from the point of view of economy, and the motor in which it is used will be called magnetic resonance stepper. The engine speed in this case is practically independent of the load and is determined by the frequency of the electric resonance divided by the number of poles, despite the increase in current consumption with increasing load. In order to increase the operating speed, it is possible to use multiphase power supply circuits for electromagnets of motors. The average expected reduction in electrical energy consumption by these magnetic resonance stepper motors can reach 60-75% compared to conventional electric motors. Such motors are distinguished by a large torque, a fairly rigid load characteristic, a stable rotational speed, high reliability (the anchor has no current-carrying elements), the absence of movable contacts and sparking, etc., therefore, their scope of application will have its own characteristics.

Despite this, they can surpass both three-phase asynchronous and synchronous machines and DC collector motors in some parameters. One of the main advantages is low power consumption.

The use of permanent magnets is effective, for example, in the construction of an electric generator with a fixed rotor. The advantage of such generators is the absence of moving parts, high reliability, efficiency, simplicity of design. The use of magnetic materials with special properties will allow to obtain even greater efficiency. The average reduction in energy consumption in the production of electricity on generators of this type can reach 50% or more.

Their design is based on the principle of modulation of the total magnetic field of three permanent magnets by an average magnet, which acts as an electromagnet. The use of permanent magnets makes it possible to achieve a reduction in energy costs when generating electrical energy.

The magnetic system of this generator is in general a "cross in a ring", where one of the crossbars of the cross is permanent magnets, and the other is a control electromagnet, the coil of which can be divided into two parts or used as a single coil. The ring is a magnetic circuit with low eddy current losses, on which 4 working windings (output windings) are located, the connection of which is carried out in pairs. The output voltage has twice the frequency with respect to the frequency of the current feeding the control electromagnet.

If, during operation of a conventional generator (with a rotating rotor), the constant magnetic flux of the rotor (permanent magnets or an electromagnet), rotating from an external drive motor, periodically changes the magnetic flux in the stator windings, then mechanical costs on the part of the drive motor increase.

In the case of a stationary rotor, there are no friction losses and counteracting torque of the drive motor. In fact, this is a special type of transformer converter with additional recharge from the magnetic field of permanent magnets. In the process of converting the input alternating current, the frequency of the output current doubles. Since the magnetic field of permanent magnets does not change its direction – there is only a periodic redistribution of it across the sectors of the ring, it is actively working, making its "contribution" to the generation.

The magnetic flux of the control or primary winding of the electromagnet changes sign, i.e. a process similar to that of a simple transformer takes place. The efficiency of transformer conversion is quite high. In other words, we get a frequency doubler transformer with increased efficiency.

What does it ultimately give? It turns out that the input power is at least less than the output. The excess of the output power over the input is due to the energy of permanent magnets, which, unlike the usual generation scheme, are stationary.

Additional features of this generator can be obtained by applying magnetic materials with special properties to the ring core of the stator.

The disadvantages of the device include the following: doubling the frequency of the output voltage, some complexity in the manufacture of magnetic circuits and windings, the need for compensating windings to set the required load characteristics. The maximum power is determined mainly by the energy of the permanent magnets used, on which all other parameters depend.

To create a three-phase current, either 3 similar converters can be used (the power supply of the control windings is synchronized), or a similar design made in a three-phase version.

1.4 The material used for the experiment

Famous doctors and philosophers wrote about the beneficial effect of permanent magnets: Hippocrates, Avicenna, Aristotle. In the Middle Ages, the doctor Gilbert published an essay "On the magnet", treated Queen Elizabeth I for arthritis with a permanent magnet. The Russian doctor Botkin also used methods of magnetic therapy.

The first artificial magnetic material was carbon steel, which contained approximately 1.2—1.5% carbon.

The magnetic properties of steel are susceptible to mechanical and thermal influences. As a result of the use of permanent magnets based on carbon steel, "aging" of its magnetic properties was noted.

Dr. Honda from Tohok University has created a new type of steel — KS with high magnetization and significant coercive force, by alloying steel with chromium and tungsten up to 3%, as well as cobalt with chromium up to 6%.

High residual induction in permanent magnets made of KS steels was carried out due to a decrease in the demagnetizing factor. For this purpose, permanent magnets were made of an elongated, horseshoe shape.

In 1932, Dr. Tyumiskima created a new type of MK steel by alloying steel with nickel, copper and aluminum. This is a qualitative leap in the development of permanent magnets, which later became known as Alnico (UNDK (by Russian standards)).

Japanese scientists, Dr. Takeshi Takeshi and Egor Kato from the Tokyo Institute of Technology, who created permanent magnets - ferrites, made a significant step in this field. Ferrites made using ceramic technology had a coercive force of 48-72 kA/m (600-900 E).

In Japan, commercial ferrite magnets appeared in 1955, in Russia — in the mid-1960s.

An intermetallic compound of samarium with cobalt (SmCo_5) was found in the laboratory of U.S. Air Force Material Research. This is a significant technological breakthrough in the manufacture of permanent magnets.

A permanent magnet made of SmCo_5 alloy, according to its characteristics, reached $(H_V)_{\text{max}} = 16-24 \text{ MGsE}$, and at the $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ junction — 32 MGsE , the coercive force was increased to 560-1000 kA/m.

Permanent magnets made of Samarium-Cobalt alloy have been manufactured by industry since the 1980s. At about the same time, neodymium

magnets made of Neodymium-Iron-Boron (Nd-Fe-B) materials were discovered in the USA and Japan.

In Japan, the production of neodymium magnets was carried out by analogy with SmCo magnets: the production of powder from a cast alloy, then pressing in a magnetic field and sintering.

In the USA , the following technology is used in the production of neodymium magnets: first, an amorphous alloy is created, then it is crushed and a composite material is made.

Magnetic powder is mixed with rubber, vinyl, nylon or other plastics into a composite mass, from which various products are made after pressing.

Magnets made of composite material have lower magnetic properties compared to sintered materials, are easily processed mechanically, and do not require electroplating.

Nd₂Fe₁₄B magnets appeared on the permanent magnet market in the 1990s and very quickly reached an energy of 400 kJ/m³ on sintered samples. Neodymium magnets have a wide range of applications:

The magnet has a very large clamping force, Neodymium Iron Boron (NdFeB) is widely used in industry, and also solves a number of tasks in the household (home) sphere.

Neodymium magnets have proved to be more in demand on the market compared to other types of permanent magnets, especially in microelectronics.

Приложение Б

(обязательное)

Проект инструкции измерений магнитной индукции

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Утверждаю
И.о. ректора
ФГАОУ ВО НИ ТПУ

_____ Д.А. Седнев
« _____ » _____ 2022 г.

ИНСТРУКЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ С ПОМОЩЬЮ ДАТЧИКА ХОЛЛА

1 Область применения

Настоящая инструкция устанавливает методику измерений магнитной индукции постоянных магнитов с помощью датчика Холла, с целью определения значения нормируемых параметров постоянного магнитного поля при проведении работ (исследований) в соответствии с требованиями нормативных документов и методов испытаний.

2 Нормативные ссылки

В настоящей инструкции приведены ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия;

ГОСТ Р 51070-97 Измерители напряженности электрического и магнитного полей. Общие технические требования и методы испытаний;

ГОСТ Р 54500.1-2011 Неопределенность измерения. Часть 1. Введение в руководство по неопределенности измерения;

ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений;

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.

Примечание – При пользовании настоящим документом на методику измерений целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим документом на методику измерений следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящей инструкции применяются понятия согласно [1] и термины согласно ГОСТ Р 8.563, ГОСТ Р 54500.1, ГОСТ Р 51070.

4 Сокращения

В настоящей инструкции применяют следующие сокращения:

МИ – магнитная индукция;

ПДУ – предельно-допустимый уровень;

БД – бесконтактное диагностирование;

НД – нормативные документы;

ПМП – постоянное магнитное поле;

ЭД – эксплуатационная документация;
 р.у. – рабочие условия;
 СИ – средство измерений;
 ВО – вспомогательное оборудование;
 с.у. – стандартные условия (температура плюс 20 °С, абсолютное давление 0,101325 МПа согласно ГОСТ 2939);
 ФИФОЕИ – Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

5 Требования к показателям точности измерений

Допускаемая относительная погрешность тесламетра-веберметра универсального ТПУ-2В в каждой точке проводится по формуле:

$$\delta = \pm [0,5 + 0,05 \cdot (B_{\text{п}}/B_{\text{и}} - 1)] \quad (1)$$

где $B_{\text{п}}$ – установленный предел измерений;

$B_{\text{и}}$ – измеренное значение магнитной индукции, мТл.

6 Требования к средствам измерений

6.1 При проведении измерений МИ ПМП применяются вспомогательное оборудование и СИ, зарегистрированные в Государственном реестре средств измерений Российской Федерации и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование СИ	Метрологические характеристики	Регистрационный номер в ФИФОЕИ
Тесламетр-веберметр универсальный ТПУ-2В	Диапазон измерений постоянного поля с измерительным зондом «М» от 0,01 о 2000мТл	61082-15
Промышленный робот KUKA (KSS)	-	-
Секундомер механический СОПр-1в-3-000	Емкость шкалы: секундной- 60 с; минутной - 60 мин, КТЗ	11519-11
Термогигрометр ИВА-6А-Д	Диапазон измерений относительной влажности от 0 до 98 %, $\Delta = \pm (2-3) \%$; Диапазон измерений температуры от минус 20 до 60 °С, $\Delta = \pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$; Диапазон измерений давления от 700 до 1100 гПа, $\Delta = \pm 2,5 \text{ гПа}$	46434-11
Системное программное обеспечение KUKA 8.3	-	-

6 Метод измерений

6.1 Измерение МИ ПМП, приведенных к с.у., выполняют с помощью датчика Холла.

6.2 МИ на составляющем интервале определяется как результат многократных прямых измерений МИ ПМ из высококоэрцитивного сплава типа NeFeB. Измерения

выполняются в плоскости перпендикулярной намагничиванию, шаг сетки исследуемого магнита определяется с учетом габаритных размеров ПМ.

6.3 Прямые однократные измерения МИ ПМП проводятся в соответствии с ЭД на СИ и ВО.

7 Требования к безопасности, охране окружающей среды

7.1 Выполнение измерений МИ ПМП проводят в соответствии с утвержденными действующими правилами, нормативно-правовыми актами и нормативными документами:

- в области охраны окружающей среды и атмосферного воздуха в соответствии с [4], [5] и другими действующими законодательными актами по охране окружающей среды, действующими на территории РФ;
- в области охраны труда и промышленной безопасности в соответствии с [6];
- в области соблюдения безопасной эксплуатации электроустановок в соответствии с [7];
- в области пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.004 и требованиями [8].

7.2 Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций, установленных в ГОСТ 12.1.005.

7.3 Лица, выполняющие измерения, должны:

- соблюдать требования по охране труда, промышленной и экологической безопасности и правила пожарной безопасности, распространяющиеся на объект на котором проводят измерения;
- выполнять измерения в специальной одежде и обуви в соответствии с ГОСТ 12.4.124, ГОСТ 12.4.137, ГОСТ 12.4.280.

7.4 Средства измерений МИ ПМП и вторичная аппаратура должны быть заземлены.

8 Требования к квалификации операторов

К выполнению измерений и обработке их результатов допускают лиц, достигших 18 лет, соответствующие требованиям, предъявляемым к лицам, непосредственно выполняющим работы по проведению измерений в соответствии с областью аккредитации, изучившие руководство по эксплуатации используемых СИ и ВО, прошедшие специальную подготовку, имеющие знания и навыки работы с СИ и ВО, прошедшие инструктаж по охране труда при работе с электроизмерительными приборами и электроустановками.

9 Требования к условиям измерений

9.1 Температура, относительная влажность и атмосферное давление должны находиться в диапазонах р.у. эксплуатации, применяемых СИ и ВО, указанных руководствах по эксплуатации на них.

9.2 Проведение измерений на открытом воздухе во время выпадения атмосферных осадков не допускается.

9.3 Не допускается проводить измерения непосредственно после резкого изменения условий, в которых находятся применяемые СИ и ВО. Например, после перемещения СИ из холодного помещения в теплое. В подобных случаях использовать СИ ВО следует не раньше, чем через 30 минут после изменения условий.

10 Подготовка к выполнению измерений

При подготовке к выполнению измерений проводят следующие работы:

10.1 Перед проведением измерений проверяют:

- соответствие условий выполнения измерений требованиям раздела 9 настоящей инструкции;
- состояние оборудования и ПМ.

11 Порядок выполнения измерений

11.1 Прямые однократные измерения МИ ПМП проводятся в соответствии с ЭД на СИ и ВО.

11.2 МИ ПМП измеряют при помощи тесламетра-веберметра универсального ТПУ-2В.

11.3 Результаты и параметры проведенных измерений заносятся в протокол измерений (Приложение А).

11.4 Погрешность измерений и имитационного моделирования в средней части магнита не должно превышать 15-20 % в соответствии с паспортными данными на ПМ.

12 Обработка и оформление результатов измерений

12.1 Обработка результатов измерений выполняется в автоматизированном режиме.

12.2 Результаты измерений и вычислений отображаются на показывающем устройстве блока вычислений.

12.3 Алгоритм расчета относительной погрешности измерений МИ ПМП, по данной инструкции приведен в Приложении Б и соответствует ЭД на тесламетр-веберметр универсальный ТПУ-2В.

13 Контроль точности результатов измерений

13.1 СИ и ВО, применяемые при измерениях, должны быть утвержденного типа и внесены в ФИФОЕИ.

13.2 СИ, применяемые при измерениях, должны быть поверены в соответствии с порядком, утвержденным [2]. Сведения о поверке должны быть внесены в ФИФОЕИ. Периодичность поверки всех СИ, должна соответствовать интервалам между поверками, установленным при утверждении типа СИ. Внеочередную поверку СИ проводят в соответствии с [2].

13.3 Контроль точности результатов измерений расхода и объема СНГ должен проводиться один раз в год в соответствии с настоящей инструкцией.

Приложение А
(обязательное)
Примерное содержание протокола

А.1 Состав комиссии с указанием фамилии и инициалов, должности, места работы каждого члена комиссии.

А.2 Условия проведения измерений: температура, влажность, давление, освещенность и т.д.

А.3 Сведения о СИ, вспомогательном оборудовании, используемых при проведении измерений:

- наименование;
- тип;
- заводской (инвентарный) номер;
- сведения о поверке;
- класс точности или другие показатели точности.

А.4 Результаты проведения измерений.

А.4.1 Результаты внешнего осмотра (комплектность, отсутствие повреждений, функционирование всех органов управления, наличие поверки (калибровки)).

А.4.2 Полученные значения с выводами о соответствии или несоответствии с заявленными.

А.4.3 Результаты оценки ПО с выводами о правильности или неправильности его работы.

А.5 Заключение комиссии о соответствии или несоответствии результатов измерений с заявленным и требованиями.

А.5 Рекомендации комиссии.

Примечание - При отрицательных результатах измерения указываются предложения по устранению выявленных несоответствий.

А.7 Приложение.

При необходимости во время проведения измерений может вестись фото- или видеосъемка, результаты которой должны быть приложены к протоколу на электронном носителе.

Приложение Б (обязательное)

Алгоритм расчета относительной погрешности измерений МИ ПМП

Пределы допускаемой относительной погрешности измерений δ , %, не более значений, рассчитанных по приведенным ниже формулам ($B_{\text{н}}$ – установленный предел измерений, мТл; $B_{\text{п}}$ – измеренное значение магнитной индукции, мТл):

- при измерении магнитной индукции свыше 20 до 2000 мТл постоянного магнитного поля, измерительный зонд «М»:

$$\delta = \pm [0,5 + 0,05 \cdot (B_{\text{п}}/B_{\text{н}} - 1)] \quad (\text{Б.1})$$

Библиография

- [1] Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»
- [2] Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельств о поверке»
- [3] Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
- [4] Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»
- [5] Приказ Ростехнадзора от 15.12.2020 № 534 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»
- [6] Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903 «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»
- [7] СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»