

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

Институт кибернетики
Направление подготовки - Стандартизация и метрология
Кафедра компьютерных измерительных систем и метрологии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Мультипликативная коррекция систематической погрешности цифровых средств измерений	

УДК 519.615.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	Хабирова Ирина Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	С.В. Муравьев	Д.Т.Н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. менеджмента ИСГТ	А.В. Хаперская			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	И.Л. Мезенцева			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	О.В. Стукач	Д.Т.Н., профессор		

Планируемые результаты обучения по направлению 27.03.01

«Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК- 1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводить анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Универсальные компетенции		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями

		международных стандартов EURACE и FEANI
Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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

Институт кибернетики
Направление подготовки (специальность) – Стандартизация и метрология
Кафедра компьютерных измерительных систем и метрологии

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ О.В. Стукач
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Г21	Хабировой Ирине Сергеевне

Тема работы:

Мультипликативная коррекция систематической погрешности цифровых средств измерений

Утверждена приказом директора (дата, номер)

958/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

12.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

1 РМГ 29-2013 Метрология. Основные термины и определения.

2 Алиев Т.М., Тер-Хачатуров А.А., Шекиханов А.М. Итерационные методы повышения точности измерений.– М.: Энергоатомиздат, 1988.– 168 с.

3 Muravyov S.V., Zlygosteva G.V, Borikov V.N. Multiplicative method for reduction of bias in indirect digital measurement result // Metrology and Measurement Systems.– 2011.– Vol. 18.– № 3.– P. 481-490.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	1 Методы повышения точности измерений 1.1 Классификация методов повышения точности измерений 1.2 Классификация методов повышения точности средств измерений 1.2.1 Метод отрицательной обратной связи 1.2.2 Метод инвариантности 1.2.3 Метод модуляции 1.2.4 Метод прямого хода 1.2.5 Метод вспомогательных измерений 1.2.6 Метод обратного преобразования 1.2.7 Метод образцовых сигналов 1.2.8 Тестовый метод 2 Теоретические исследования мультипликативного метода обратного преобразования 2.1 Процедура обратного преобразования 2.2 Условие работоспособности метода и выбор параметров коррекции 3 Экспериментальная проверка условия работоспособности мультипликативного метода обратного преобразования 4 Социальная ответственность 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	А.В. Хаперская
Социальная ответственность	И.Л. Мезенцева
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.02.2016

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. КИСМ	С. В. Муравьев	Д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	И.С. Хабирова		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Г21	Хабировой Ирине Сергеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	КИСМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является один из методов повышения точности измерений, а точнее метод обратного преобразования. Данный метод применяется в области контроля физических величин
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Профессиональная социальная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	При анализе вредных факторов возможно выявление следующих факторов: – Повышенный уровень электромагнитных излучений; – Недостаток естественного освещения; – Повышенная напряженность электромагнитного поля – Недостаточная освещенность рабочей зоны. Среди опасных факторов был выявлен следующий фактор: электрический ток. Существует вероятность поражения статическим электричеством, а также поражение электрическим током в процессе работы с электрооборудованием.
2. Экологическая безопасность	Негативного воздействия разрабатываемого объекта на окружающую среду не происходит, т.к. разрабатываемый объект не является материальным. В работе проведен анализ негативного воздействия на литосферу, возникающего при утилизации неисправного оборудования (сломанные средства измерения и электрические приборы, лампы и т.д.), а также проведен анализ потребления электроэнергии.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Существует вероятность возникновения техногенных ЧС, особенно пожаров.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032 [1].

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.2016
--	---------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	Хабирова Ирина Сергеевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Г21	Хабировой Ирине Сергеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	КИСМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость расходных материалов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	-отчисления во внебюджетные фонды (27,2%) - расчет дополнительной заработной платы (12%)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- потенциальные потребители результатов исследования; - анализ конкурентных технических решений; - SWOT – анализ;
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- структура работ в рамках научного исследования; - определение трудоемкости выполнения работ; - разработка графика проведения научного исследования; - бюджет научно – технического исследования; - определение интегрального показателя эффективности.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	...

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Оценка конкурентоспособности технических решений 3. Матрица SWOT 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.2016
---	----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. менеджмента ИСГТ	Хаперская Алена Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	Хабилова Ирина Сергеевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации



федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность) – Стандартизация и метрология

Уровень образования - Бакалавриат

Кафедра компьютерных измерительных систем и метрологии

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

12.06.2016

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.02.2016	Методы повышения точности измерений	
10.03.2016	Процедура метода обратного преобразования	
30.03.2016	Условие работоспособности метода	
10.04.2016	Выбор параметров коррекции	
20.04.2016	Экспериментальная проверка	
2.05.2016	Социальная ответственность	
11.05.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
20.05.2016	Оформление графического материала	
25.05.2016	Оформление расчетно-пояснительной записки	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. КИСМ	С.В. Муравьев	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. КИСМ	О.В. Стукач	Д.т.н., профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 65 страницы, 18 таблиц, 19 источников.

Ключевые слова: мультипликативная коррекция, систематическая погрешность, мультипликативная погрешность, цифровые средства измерения, метод обратного преобразования.

Объектом исследования является один из методов повышения точности средств измерений – мультипликативный метод обратного преобразования.

Цель работы – совершенствование мультипликативного метода повышения точности цифровых средств измерений (СИ), обеспечивающего уменьшение систематической погрешности.

Для достижения данной цели должны быть решены следующие задачи:

- изучение и анализ существующих методов коррекции результатов измерений;
- анализ мультипликативного метода обратного преобразования;
- выявление условий работоспособности метода и выбор параметров коррекции;
- экспериментальная проверка условия работоспособности мультипликативного метода обратного преобразования.

В процессе исследования проводились: теоретическое ознакомление с методом обратного преобразования, и с альтернативными методами, практическая реализация метода обратного преобразования.

В результате работы было определено условие работоспособности метода и определены подходящие параметры коррекции.

Степень внедрения: НИР, выполняемые на кафедре КИСМ ТПУ.

Область применения: модифицированный метод обратного преобразования рекомендуется к применению в области высокоточных измерений.

Определения

В данной работе применимы следующие термины с соответствующими определениями:

точность измерений: Точность результата измерения: Близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины.

систематическая погрешность (измерения): Составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или же закономерно изменяющаяся при повторных измерениях одной и той же величины.

средство измерений: Техническое средство, предназначенное для измерений и имеющее нормированные (установленные) метрологические характеристики.

случайная погрешность (измерения): Составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) при повторных измерениях, проведенных в определенных условиях.

влияющая величина: Величина, которая при прямом измерении не влияет на величину, которую фактически измеряют, но влияет на соотношение между показанием и результатом измерения.

Нормативные ссылки

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- 1 ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 2 ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 3 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
- 4 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

Оглавление

Введение	16
1 Методы повышения точности измерений	17
1.1 Классификация методов повышения точности измерений	17
1.2 Классификация методов повышения точности средств измерений	19
1.2.1 Метод отрицательной обратной связи	21
1.2.2 Метод инвариантности	21
1.2.3 Метод модуляции	22
1.2.4 Метод прямого хода	22
1.2.5 Метод вспомогательных измерений	22
1.2.6 Метод обратного преобразования	23
1.2.7 Метод образцовых сигналов	23
1.2.8 Тестовый метод	24
2 Теоретические исследования мультипликативного метода обратного преобразования	25
2.1 Процедура обратного преобразования	25
2.2 Определение условия работоспособности метода и выбор параметров коррекции	27
3 Экспериментальная проверка работоспособности мультипликативного метода обратного преобразования	32
4 Социальная ответственность	39
4.1 Профессиональная социальная безопасность	39
4.1.1 Отклонение показателей микроклимата	40
4.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	42
4.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений	43
4.1.4 Электробезопасность	45
4.2 Экологическая безопасность	46
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	47
4.4 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности	49
4.4.1 Эргономические требования к рабочему месту	49

4.4.2 Окраска и коэффициенты отражения	50
4.4.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений	51
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
5.2 Анализ конкурентных технических решений	53
5.3 SWOT – анализ	55
5.4 Структура работ в рамках научного исследования	56
5.5 Определение трудоемкости работ	57
5.6 Составление графика проведения научного исследования	57
5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	60
Заключение	63
Список использованных источников	64
CD-диск. Бакалаврская работа. Мультипликативная коррекция систематической погрешности цифровых средств измерений. Файл ВКР Хабирова. pdf	

Введение

Точность измерений – это характеристика качества измерений, отражающая близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины. Одними из самых распространенных методов повышения точности измерений являются тестовые методы, методы образцовых сигналов и методы обратного преобразования.

Минимизация систематической погрешности средств измерений является необходимым этапом любой практической измерительной процедуры. В работе рассматривается мультипликативный метод обратного преобразования. Данный метод имеет существенный недостаток, который заключается в ограниченной работоспособности метода. Актуальность работы заключается в совершенствовании мультипликативного метода повышения точности цифровых средств измерений (СИ).

Целью данной работы является изучение мультипликативного метода повышения точности цифровых средств измерений, его теоретические и экспериментальные исследования с целью нахождения условия работоспособности метода и выбора параметров коррекции.

В первом разделе проведен аналитический обзор множества методов повышения точности измерений, а в частности, проведен обзор структурных методов повышения точности измерений.

Во втором разделе рассмотрены основные понятия метода, приведена процедура реализации метода обратного преобразования, определено условие работоспособности метода и осуществлен выбор параметров коррекции.

Третий раздел содержит экспериментальную проверку условия работоспособности метода мультипликативной коррекции повышения точности СИ.

1 Методы повышения точности измерений

1.1 Классификация методов повышения точности измерений

Качество измерений определяется такой характеристикой, как точность. Точность измерений зависит от погрешности. Чем меньше погрешность измерений, тем выше их точность. Погрешность по характеру проявления бывает случайной и систематической. Для того чтобы устранить ту или иную составляющую погрешности, применяют различные методы, которые представлены на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 - Классификация методов повышения точности измерений

Случайную погрешность нельзя полностью исключить из результата измерений, но ее возможно уменьшить, увеличив число наблюдений. Теоретически, увеличение числа наблюдений позволит уменьшить оценку

среднеквадратичного отклонения, определяющую величину случайной погрешности. Но практическая реализация не позволяет обеспечить в течение долгого времени постоянство объекта измерений, что в свою очередь, при увеличении числа наблюдений, увеличивает погрешность, а не уменьшает [1].

Другой метод, позволяющий уменьшить случайную составляющую погрешности, заключается в реализации параллельных одновременных измерений одной и той же физической величины. Чтобы реализовать данный метод необходимо использовать одновременно несколько средств измерений. Результаты таких измерений обрабатывают совместно [2].

Кроме того, имеются методы которые позволяют уменьшить или исключить систематическую составляющую погрешности. Классификация данных методов приведена на рисунке 1.1.

Устранение источников систематической составляющей погрешности до начала измерений позволяет облегчить дальнейшую процедуру измерений, поскольку отсутствует необходимость вносить поправки в результат измерений или исключать погрешности в процессе уже начатых измерений. Совокупность методов приведена на рисунке 1.2.

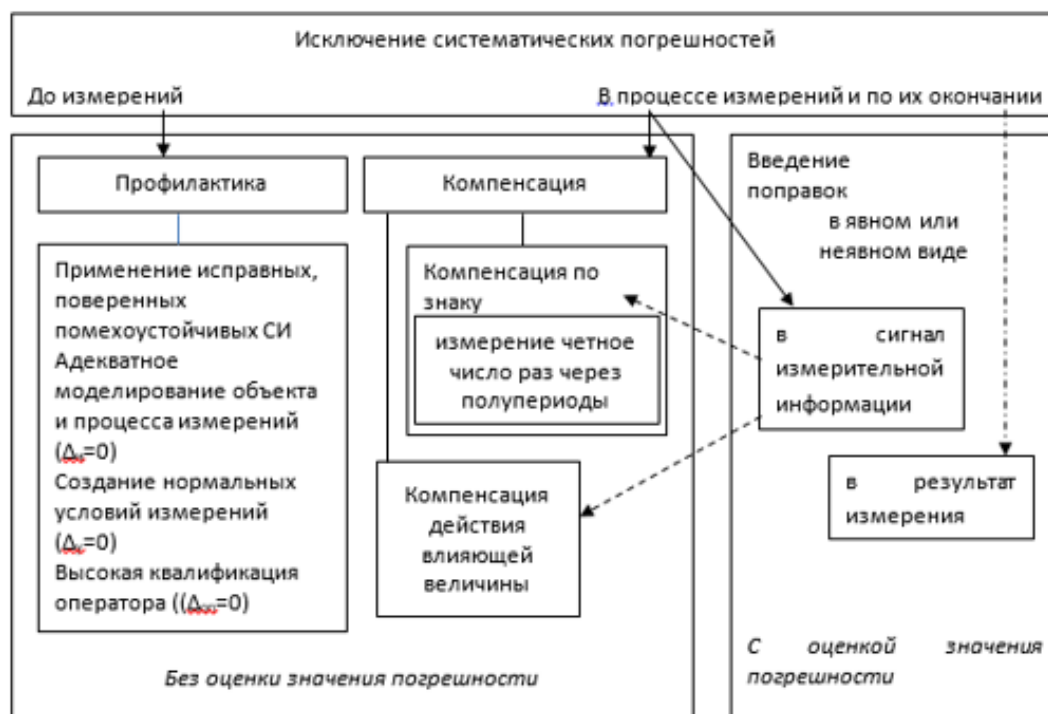


Рисунок 1.2 – Методы исключения систематических погрешностей

Исключение систематической погрешности в процессе измерений возможно различными методами:

- метод введения поправок;
- метод замещения;
- метод компенсации погрешности по знаку;
- метод противопоставления;
- графический метод;
- метод симметричных наблюдений;
- способ последовательных разностей;
- метод рандомизации.

В основе данных методов лежит определенная организация процесса измерений и обработки информации, получаемой в ходе измерений, которая обеспечивает определение или исключение погрешности систематической составляющей погрешности. Применять эти методы целесообразно в том случае, если известна природа исключаемой систематической погрешности.

Устранить систематическую составляющую погрешности после окончания измерений можно путем введения поправок в результат измерений.

1.2 Методы повышения точности средств измерений.

Использование высокоточных средств измерений является одним из наиболее действенных способов повышения точности измерений.

Кроме этого имеются различные методы повышения точности средств измерений. На рисунке 1.2 приведена классификация этих методов.

Для того чтобы уменьшить случайную составляющую погрешности средства измерений можно воспользоваться методом многократных наблюдений. Этот метод заключается в следующем: выполняются несколько наблюдений за определенный интервал времени, который отводится для данных измерений. Затем вычислительное устройство, входящее в состав средства измерений, определяет среднее арифметическое значение измеряемой величины и оценку среднеквадратического отклонения результата измерения.

Для того, чтобы данный метод реализовывался необходимо, чтобы используемые средства измерений, содержали две или более идентичных по характеристикам, параллельных измерительных цепей и вычислительное устройство. Вычислительное устройство, после получения по каналам измерительной информации, определяет среднее арифметическое значение измеряемой величины и оценку среднеквадратического отклонения результата измерения [2].

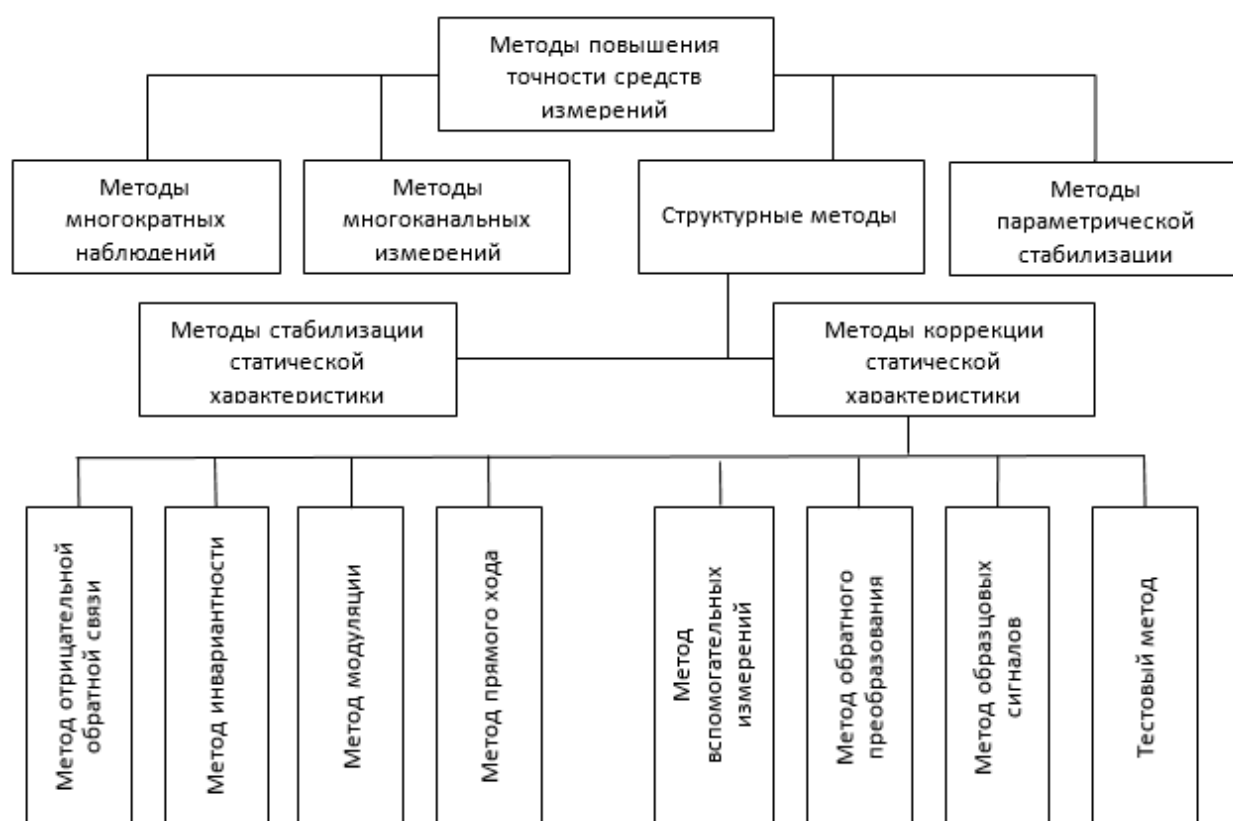


Рисунок 1.2 - Классификация методов повышения точности средств измерений.

Также, к методам повышения точности средств измерений относят метод параметрической стабилизации. Этот метод заключается в том, что стабилизируется статическая характеристика средств измерений. Реализация метода параметрической стабилизации осуществляется за счет того, что средства измерений изготовлены из точных и стабильных элементов. Их параметры мало подвержены внешним влияниям. Метод параметрической

стабилизации позволяет уменьшить случайную и систематическую погрешности средств измерений.

Основной особенностью структурных методов является то, что в состав средств измерений включаются дополнительные узлы, элементы и меры, которые позволяют повысить точность этих средств измерений посредством информации, которую получают с их помощью. Структурные методы делятся на методы, которые обеспечивают стабилизацию статической характеристики средства измерений, и методы, в основу которых положена коррекция статической характеристики.

На рисунке 1.2 приведены структурные методы коррекции статической характеристики средств измерений.

1.2.1 Метод отрицательной обратной связи

Данный метод реализуется только при наличии преобразователей, которые способны осуществить обратное преобразование, т.е. преобразование выходного сигнала средства измерений во входной. С помощью этого метода можно уменьшить мультипликативную погрешность и погрешность нелинейности, при этом относительная аддитивная погрешность не изменится. Кроме того, применение данного метода уменьшает чувствительность средства измерения.

1.2.2 Метод инвариантности

Метод инвариантности заключается в том, что в средство измерений помимо измерительной цепи (канала) имеет сравнительную цепь (канал). К сравнительной цепи входной сигнал не подается, но она находится под воздействием некоторой влияющей величины, как и измерительная цепь. Параметры сравнительной цепи подобраны таким образом, что под действием влияющей величины, изменение сигнала сравнительной цепи идентично изменению сигнала измерительной цепи под действием этой величины.

Возмущения, вызванные влияющей величиной, поступают в средство измерений по двум каналам [2]. Дифференциальное включение измерительной и сравнительной цепей обеспечивает независимость результирующего сигнала от влияющей величины. Таким образом, данный метод позволяет исключить дополнительную погрешность, вызванную изменениями некоторой основной влияющей величины.

1.2.3 Метод модуляции

В этом методе сигнал, который поступает на вход средства измерений, подвергается принудительным периодическим изменениям (модуляции) с частотой, которая отличается от области частот измеряемого сигнала (обычно задают более высокую частоту). Метод модуляции позволяет уменьшить влияние погрешности от сил трения, явлений поляризации и гистерезиса.

1.2.4 Метод прямого хода

Данный метод заключается в том, что измеряемый сигнал поступает к чувствительному элементу средства измерений через ключ. Ключ необходим для того, чтобы осуществлять периодическое во времени отключение измеряемого сигнала от чувствительного элемента. Так же, с помощью ключа осуществляется подача к чувствительному элементу сигнала, нулевого значения. Таким образом средство измерений работает при всех значениях измеряемого сигнала на восходящей ветви (прямой ход) статической характеристики. Этот метод позволяет исключить погрешность от вариации.

1.2.5 Метод вспомогательных измерений

Метод вспомогательных измерений заключается в том, что процесса учета дополнительной погрешности средства измерений автоматизируется по известным функциям влияния ряда влияющих величин. Метод реализуется за счет того, что вычислительное устройство, построенное с учетом названных

функций, автоматически корректирует выходной сигнал средства измерений [2].

1.2.6 Метод обратного преобразования

Метод обратного преобразования основан на том, что в составе средства измерений кроме прямой измерительной цепи (прямого преобразователя), используется цепь, которая осуществляет обратное преобразование выходного сигнала (обратный преобразователь), причем цепь обратного преобразования имеет существенно большую точность, чем цепь прямого преобразования. Метод является итерационным. В каждом такте последовательно осуществляются: прямое преобразование сигнала, поступающего на вход измерительного канала, запоминание результата, обратное преобразование запомненного результата измерений, прямое преобразование сигнала обратного преобразователя, который соответствует запомненному значению измеряемой величины, и сравнение результатов, полученных в двух тактах. На основе сравнения результатов формируется корректирующий сигнал. Данный метод позволяет уменьшать аддитивную и мультипликативную погрешности средств измерений, в зависимости от используемого алгоритма коррекции [1].

1.2.7 Метод образцовых сигналов

Метод образцовых сигналов (образцовых мер) заключается в том, что в каждом цикле измерения, посредством образцовых сигналов (мер), определяется реальная функция преобразования средства измерений, т. е. метод основан на том, что в каждом цикле происходит автоматическая градуировка средства измерений. В ходе цикла осуществляется измерение физической величины, которая поступает на вход средства измерения, поочередное измерение одной или нескольких мер, которые подключаются на вход средства измерений вместо измеряемой физической величины. После этого, с помощью вычислительного устройства, из которого определяется значение измеряемой

физической величины, решается система уравнений. Это решение учитывает изменения реальной статической характеристики. Таким образом, метод сводится к совокупному измерению. Данный метод позволяет уменьшить погрешность нелинейности, аддитивную и мультипликативную погрешности.

1.2.8 Тестовый метод

В данном методе в отличие от метода образцовых сигналов, в каждом цикле работы средства измерений осуществляют измерения физической величины, поступающей на вход средства измерений, и измерения величин-тестов. Каждый тест формируется из меры и измеряемой величины, значение которой определяется путем решения системы уравнений. Решение осуществляется с помощью вычислительного устройства. [3]

2 Теоретические исследования мультипликативного метода обратного преобразования

2.1 Процедура обратного преобразования

Методы обратного преобразования (итерационные), методы образцовых мер и тестовые методы являются одними из самых распространенных методов повышения точности измерений. Данные методы имеют множество модификаций [4]. С точки зрения минимума дополнительных аппаратных затрат для применения в информационно-измерительных системах наиболее предпочтительны первые две группы методов. Эффективность использования каждой модификации этих методов зависит от характера корректируемой погрешности (преобладает аддитивная или мультипликативная составляющая, или не преобладает ни одна из них и т. д.), от требуемого быстродействия и/или точности, от имеющихся в наличии в данный момент времени аппаратных средств и т. д. Различные модификации методов коррекции имеют наибольший эффект при определенных условиях применения [5].

Для описания функции преобразования измерительного канала будем использовать формулу:

$$y = x(1 + \delta) = x(1 + \delta_1 + \delta_2) = x \left(1 + \frac{\Delta_0}{x} + \delta_2 \right), \quad (2.1)$$

где x – значение измеряемой величины;

y – результат измерений;

$\delta_1 = \Delta_0 / x$ – относительная аддитивная погрешность измерений;

Δ_0 – абсолютная аддитивная погрешность измерений;

δ_2 – относительная мультипликативная погрешность измерений.

На рисунке 2.1 представлена структурная схема метода уменьшения систематической погрешности измерений [6]. Уменьшение систематической

погрешности этим методом возможно при соблюдении определенных условий: ОП должен быть точнее ИК, а также случайная составляющая погрешности должна быть пренебрежимо мала [7].

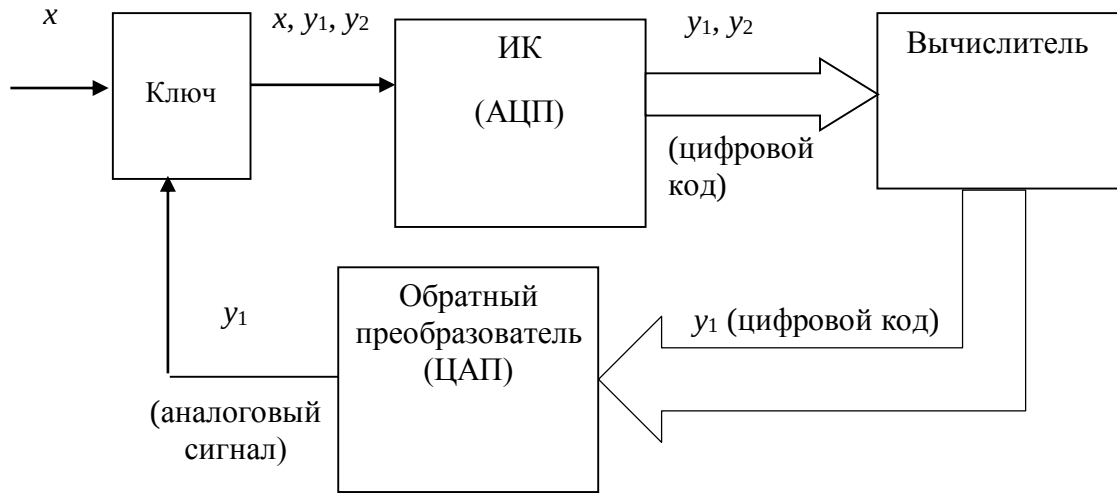


Рисунок 2.1 – Структурная схема метода

Исходные данные для скорректированного результата измерений получают за два такта следующим образом: на вход измерительного канала подается измеряемая величина x . Аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует полученный аналоговый сигнал в цифровой код. Цифровой код результата измерений, который определяется формулой:

$$y_1 = x(1 + \delta_1 + \delta_2), \quad (2.2)$$

Значение y_1 фиксируется в вычислительном устройстве и подается на вход обратного преобразователя, в качестве которого может быть использован цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП). ЦАП преобразует полученный цифровой код в аналоговый сигнал, который соответствует результату измерений y_1 , полученному в первом такте.

Во втором такте с помощью ключа на вход измерительного канала подают величину, полученную на выходе обратного преобразователя. В этом случае согласно формуле (2.1) измеряется аналоговый сигнал y_2 :

$$y_2 = x(1 + \delta_1 + \delta_2) \left(1 + \frac{\delta_1}{1 + \delta_1 + \delta_2} + \delta_2 \right). \quad (2.3)$$

Затем вычислитель получает значение скорректированного результата измерений y_c по формуле:

$$y_c = \frac{y_1^2}{y_2} = x \left(1 + \frac{\delta_1 \delta}{(1 + \delta)^2 - \delta_1 \delta} \right) = x \left(1 + \frac{\delta_1 (\delta_1 + \delta_2)}{(1 + \delta_1 + \delta_2)^2 - \delta_1 (\delta_1 + \delta_2)} \right). \quad (2.4)$$

В рассматриваемом методе уменьшение погрешности практически не зависит от исходной относительной мультипликативной погрешности [8].

Таким образом, с помощью метода обратного преобразования можно уменьшить как мультипликативную, так и аддитивную составляющие погрешности измерений [9].

2.2 Определение условия работоспособности метода и выбор параметров коррекции

В ходе реализации мультипликативного метода обратного преобразования определяются такие параметры, как: y_1 - значение, полученное в первом такте измерений, y_2 – значение, полученное во втором такте, y_c – скорректированное значение. Эти параметры являются параметрами коррекции метода обратного преобразования.

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что значение, получаемое во втором такте может изменяться только в узком диапазоне, поскольку используется один измерительный канал [5]. Если значение, получаемое во втором такте, превысит допустимый предел, мультипликативный метод обратного преобразования перестанет работать и погрешность средства измерения скорректировать не удастся. Диапазон изменения значения величины определяется выражением:

$$y_1 - x = y_2 - y_1, \quad (2.5)$$

где x – значение измеряемой величины.

Выражение (2.5) было получено экспериментальным путем, поэтому необходимо обосновать правильность этого выражения теоретическими исследованиями. Для этого исходя из выражения (2.5) определим, чему равно значение измеряемой величины:

$$x = 2y_1 - y_2. \quad (2.6)$$

Далее в выражение (2.6) необходимо подставить значения y_1 и y_2 , таким образом получаем следующее выражение:

$$x = x(1 - \delta_1\delta_2 - \delta_2^2). \quad (2.7)$$

Выполнив преобразования данного выражения, получаем следующее условие:

$$\delta_2(-\delta_1 - \delta_2) = 0. \quad (2.8)$$

Из предыдущего выражения можно сделать вывод, что величина относительной мультипликативной погрешности должна стремиться к нулю. При $\delta_2 \rightarrow 0$ выражение (2.4) будет выглядеть следующим образом:

$$y_c = x \left(1 + \frac{\delta_1^2}{(1 + \delta_1)^2 - \delta_1^2} \right) = x \left(\frac{(1 + \delta_1)^2}{(1 + \delta_1)^2 - \delta_1^2} \right) \quad (2.9)$$

Тогда относительная погрешность результата измерения будет выражаться следующей формулой:

$$\delta_c = \frac{x - y_c}{x} = -\frac{\delta_1^2}{1 + 2\delta_1}. \quad (2.10)$$

При $\delta_1 \rightarrow 0$ скорректированный результат измерений должен равняться измеренному значению $y_c \rightarrow x$.

Если выразить формулу (2.10) через значения, полученные в первом и втором тактах, то получим следующее выражение:

$$\delta_c = \frac{2y_1 - y_2 - \frac{y_1^2}{y_2}}{2y_1 - y_2} = \frac{(y_2 - y_1)^2}{(y_2 - y_1)^2 - y_1^2}. \quad (2.11)$$

Таким образом, в ходе анализа мультипликативного метода повышения точности измерений получено условие работоспособности данного метода.

Чтобы определить характер зависимости между величинами проведем преобразование выражения (2.11):

$$\delta_c = \frac{(y_2 - y_1)^2}{(y_2 - y_1)^2 - y_1^2} = \frac{1}{1 - \left(\frac{y_1}{y_2 - y_1} \right)^2}. \quad (2.12)$$

Исходя из предыдущего выражения (2.12) можно сделать вывод что зависимость между величинами обратно пропорциональная, графиком, отражающим данный вид зависимости является гипербола. С помощью программного пакета MATLAB построим график зависимости. Данный график представлен на рисунке 2.4.

Представляет интерес выразить формулу для абсолютной погрешности измерений:

$$\Delta_c = \frac{(y_2 - y_1)^2}{(y_2 - y_1)^2 - y_1^2} \cdot \frac{y_1^2}{y_2} \quad (2.13)$$

Согласно формуле (2.12) зависимость относительной погрешности от разности значений, полученных в первом и втором тактах имеет обратно пропорциональный характер. Графическим представлением квадратичной функции является гипербола, изображенная на рисунке 2.4.

Исходя из этого можно сделать вывод, что относительная погрешность скорректированного результата измерений описывается одним из сечений конуса, которые приведены на рисунке 2.5.

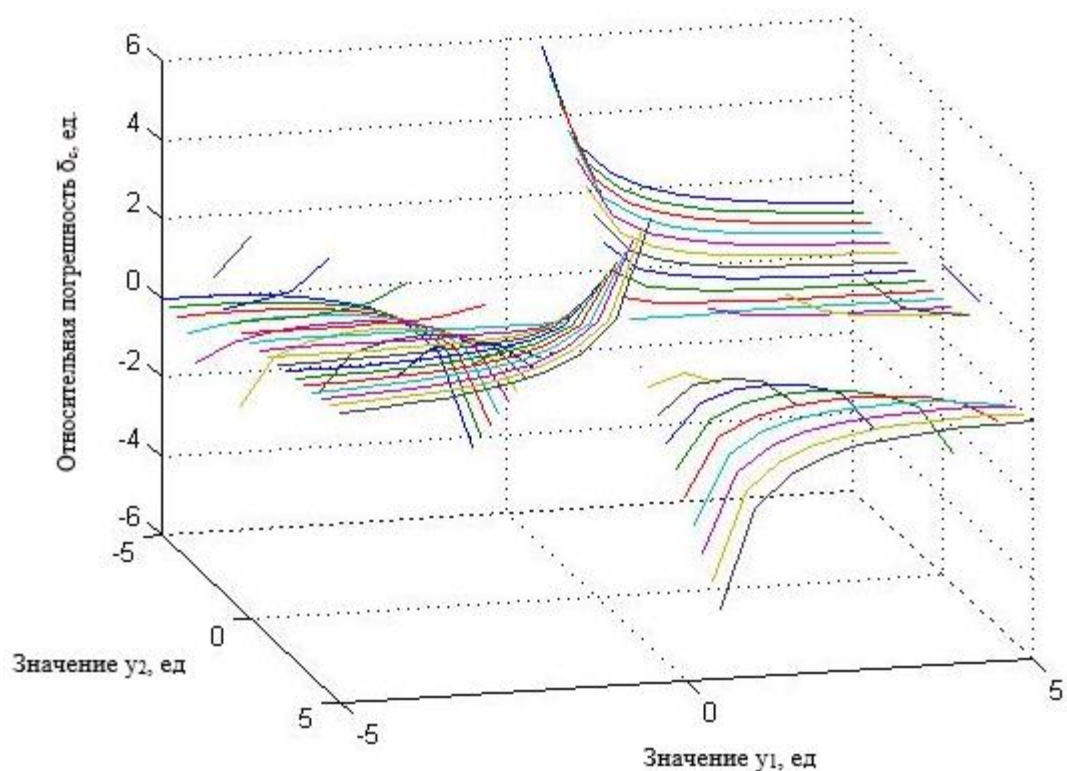


Рисунок 2.4 – Зависимость относительной погрешности, скорректированного результата измерений, от значений, полученных в первом и во втором тактах.

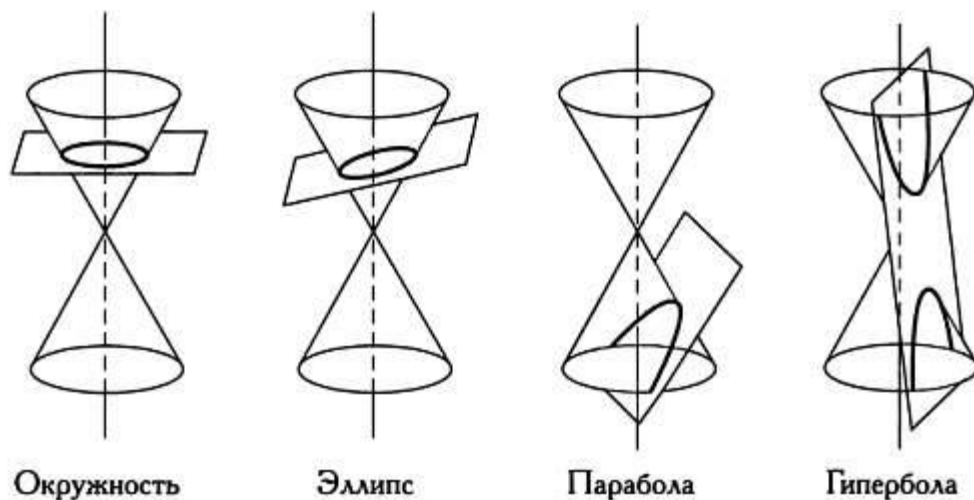


Рисунок 2.5 – Конические сечения

Существует гипотеза, что различные сечения конуса позволят выбирать различные алгоритмы коррекции систематической погрешности СИ.

В дальнейшем планируется исследовать различные конические сечения, множества значений, которые попадают в плоскость сечения, с целью определения связи между работоспособностью метода и различными

плоскостями конического сечения, в пределах которых находятся параметры коррекции.

3 Экспериментальная проверка работоспособности мультипликативного метода обратного преобразования

Экспериментальная проверка условия работоспособности мультипликативного метода обратного преобразования проведена на примере прямых измерений напряжения. В качестве обратного преобразователя ИК напряжения использовался программируемый калибратор тока и напряжения Fluke 5520A. Прямые однократные измерения напряжения проводились с помощью 4,5-разрядного вольтметра В7-22А. Систематическая составляющая погрешности данного вольтметра значительно превышает случайную.

Уменьшение систематической погрешности измерений, методом обратного преобразования возможно при соблюдении следующих условий: случайная составляющая погрешности должна быть пренебрежимо мала, цепь обратного преобразования должна быть точнее ИК.

В таблице 3.1 приведены метрологические характеристики калибратора Fluke 5520A.

Таблица 3.1 - Метрологические характеристики калибратора Fluke 5520A

Функция	Диапазон	Максимальная погрешность в течение 1 года
Напряжение постоянного тока	От 0 до плюс 1020 В От 0 до минус 1020 В	$\pm 0,0012$ % от установки
Напряжение переменного тока	От 0,001 до 1020 В; От 10 до 500000 Гц, синусоида	$\pm 0,012$ % от установки

Метрологические характеристики вольтметра В7-22А приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Метрологические характеристики вольтметра В7-22А

Измеряемая величина	Пределы измерений	Предел относительной погрешности вольтметра
Напряжение постоянного тока	0,2, 2, 20, 200 В	$\pm(0,15 + 0,2 \cdot U_{\text{нр}} / U_x)$ %
	1000 В	$\pm(0,15 + 0,4 \cdot U_{\text{нр}} / U_x)$ %

Как видим из таблицы, метрологические характеристики вольтметра В7-22А выглядят следующим образом: пределы относительной погрешности

измерений напряжения постоянного тока $\pm(0,15+0,2 \cdot x_{\Pi} / x) \%$ в диапазоне измерений от 0 до 0,2 В.

Из приведенных выше формул видно, что относительные погрешности вольтметра определяются следующим видом: $\pm(a+b \cdot x_{\Pi} / x) \%$. Тогда как относительную аддитивную δ_1 и относительную мультипликативную δ_2 погрешности в этом случае можно представить следующим образом: $\delta_1 = \frac{b \cdot x_{\Pi}}{x}$

%, $\delta_2 = a \%$. С учетом метрологических характеристик вольтметра, получаем:

$$\delta_{\text{э1}} = \frac{0,2 \cdot V_{\Pi}}{V} = \frac{0,04}{V} \% ; \quad (3.1)$$

$$\delta_{\text{э2}} = 0,15 \% . \quad (3.2)$$

В ходе экспериментальной проверки мультипликативного метода обратного преобразования определяются такие параметры, как: V_{y1} – значение напряжения, полученное в первом такте измерений, V_{y2} – значение напряжения, полученное во втором такте, $V_{\text{эс}}$ – экспериментальное скорректированное значение напряжения. Данные параметры являются параметрами коррекции метода обратного преобразования.

Значение напряжения V_{y1} будет равняться напряжению, подаваемому на вход измерительного канала, с учетом погрешности измерительного канала.

Экспериментально было установлено, что значение напряжения V_{y2} , получаемое во втором такте, может изменяться только в узком диапазоне. Если значение V_{y2} превысит предельно допустимое значение напряжения, то метод обратного преобразования перестанет работать, поэтому необходимо определить диапазон допустимых значений напряжения V_{y2} . С учетом того, что относительная мультипликативная погрешность $\delta_{\text{э2}} \rightarrow 0$, результат измерений напряжения во втором такте, будет определяться следующим выражением:

$$V_{y2} = V_x(1 + 2\delta_1) \quad (3.3)$$

Предельно допустимые значения напряжения, полученного во втором такте представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Предельно допустимые значения напряжения V_2

Измеряемая величина V_x , В	Относительная аддитивная погрешность $\delta_{\Sigma 1}$, %	Значение напряжения во втором такте V_{y2} , В
0,0100	0,0400	0,0108
0,0200	0,0200	0,0208
0,0300	0,0133	0,0308
0,0400	0,0100	0,0408
0,0500	0,0080	0,0508
0,0600	0,0066	0,0608
0,0700	0,0060	0,0708
0,0800	0,0050	0,0808
0,0900	0,0044	0,0908
0,1000	0,0040	0,1008

При превышении предельно допустимого значения напряжения V_{y2} мультипликативный метод обратного преобразования перестает работать.

Определение условия работоспособности метода на основе измерения напряжений осуществлялось путем вычисления отклонений результатов прямых однократных измерений напряжения V_{y1} от измеренного значения x в диапазоне от 0,01 до 0,1 В. По формуле (2.11) вычисляем значение относительной погрешности результата измерений напряжения:

$$\delta_{\Sigma c} = \frac{(V_{y2} - V_{y1})^2}{(V_{y2} - V_{y1})^2 - V_{y1}^2} \quad (3.4)$$

Полученные значения относительной погрешности приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Значение относительной погрешности в зависимости от разности напряжений

Напряжение в первом такте V_{y1} , В	Напряжение во втором такте V_{y2} , В	Разность напряжений $V_{y2}-V_{y1}$, В	Скорректированное напряжение $V_{\Sigma c}$, В	Относительная погрешность $\delta_{\Sigma c}$
0,0101	0,0108	0,0007	0,0094	0,4827
0,0201	0,0208	0,0007	0,0194	0,1214
0,0301	0,0308	0,0007	0,0294	0,0541
0,0401	0,0408	0,0007	0,0394	0,0305
0,0501	0,0508	0,0007	0,0494	0,0195
0,0601	0,0608	0,0007	0,0594	0,0136

Продолжение таблицы 3.3

Напряжение в первом такте V_1 , В	Напряжение во втором такте V_2 , В	Разность напряжений $V_2 - V_1$, В	Скорректированное напряжение V_c , В	Относительная погрешность δ_c
0,0701	0,0708	0,0007	0,0694	0,0099
0,0801	0,0808	0,0007	0,0794	0,0076
0,0901	0,0908	0,0007	0,0894	0,0060
0,1001	0,1008	0,0007	0,0994	0,0049

Зависимость относительной погрешности от измеренного значения показана на рисунке 3.1.

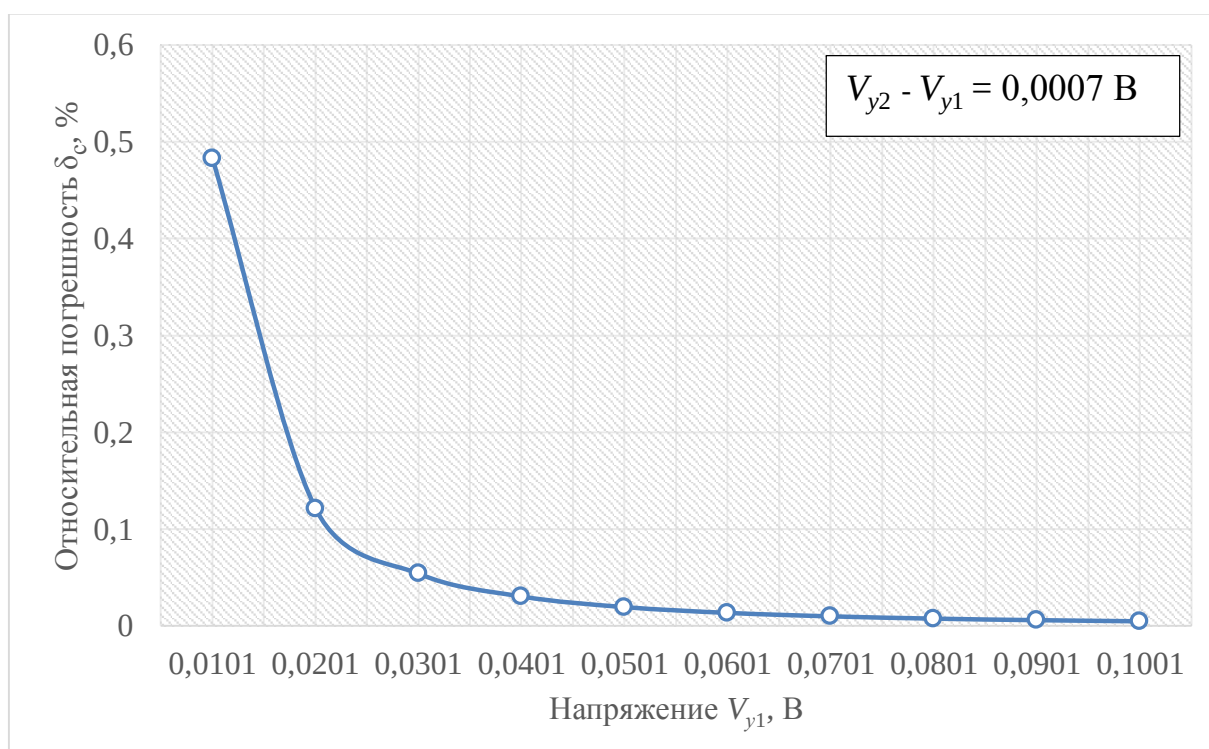


Рисунок 3.1 – Относительная погрешность скорректированного результата измерений

В таблице 3.4 приведены значения погрешности скорректированного результата измерений δ_{sc} .

Для того чтобы наглядно представить условие работоспособности метода необходимо построить график зависимости относительной погрешности скорректированного результата измерений от разности напряжений, полученных в первом и втором тактах возьмем 10 точек в диапазоне от 0,01 до 0,1 В, и для каждой точки определим, как изменяется относительная погрешность. Зависимость представлена на рисунке 3.2.

Таблица 3.4 – Значения погрешности скорректированного результата измерений $\delta_{эс}$ в начальной и конечной точке диапазона

Разность напряжений ($V_{y1} - V_x$), В	$V_x = 0,01$ В			$V_x = 0,1$ В		
	V_{y1} , В	V_{y2} , В	$\delta_{эс}$, %	V_{y1} , В	V_{y2} , В	$\delta_{эс}$, %
-0,0007	0,0093	0,0086	0,5641	0,0993	0,0986	0,0049
-0,0006	0,0094	0,0088	0,4050	0,0994	0,0988	0,0036
-0,0005	0,0095	0,0090	0,275	0,0995	0,0990	0,0025
-0,0004	0,0096	0,0092	0,1722	0,0996	0,992	0,0016
- 0,0003	0,0097	0,0094	0,0957	0,0997	0,0994	0,0008
- 0,0002	0,0098	0,0096	0,0415	0,0998	0,0996	0,0003
- 0,0001	0,0099	0,0098	0,0101	0,0999	0,0998	0
0	0,0100	0,0100	0,0001	0,1000	0,1000	0,0001
0,0001	0,0101	0,0102	0,0097	0,1001	0,1002	0
0,0002	0,0102	0,0104	0,0383	0,1002	0,1004	0,0003
0,0003	0,0103	0,0106	0,0848	0,1003	0,1006	0,0008
0,0004	0,0104	0,0108	0,1467	0,1004	0,1008	0,0016
0,0005	0,0105	0,0110	0,0225	0,1005	0,1010	0,0025
0,0006	0,0106	0,0112	0,3182	0,1006	0,1012	0,0036
0,0007	0,0107	0,0114	0,4256	0,1007	0,1014	0,0048

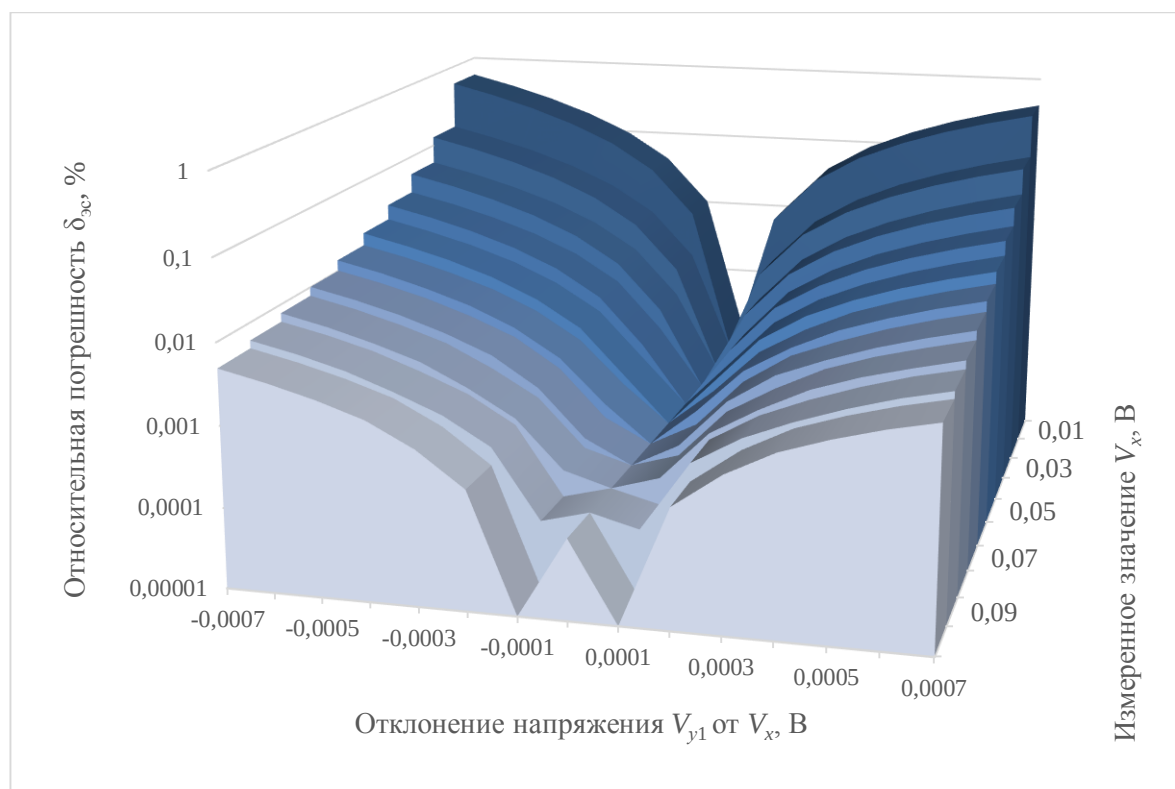


Рисунок 3.2 – Зависимость погрешности $\delta_{эс}$ от разности напряжений ($V_{y1}-V_x$) в каждой точке диапазона от 0,01 до 0,1 В

Данные таблицы 3.4 и рисунка 3.2 показывают, как значение экспериментальной скорректированной погрешности измерений $\delta_{эс}$ зависит от отклонения напряжения ($V_{y1}-V_x$) в каждой точке диапазона от 0,01 до 0,1 В. На графиках видно, что максимальная коррекция достигается, когда значение ($V_{y1}-V_x$) изменяется от 0 до 0,0001 В.

Экспериментальная проверка функции уменьшения систематической погрешности ИК, подтверждает правильность её выполнения теоретическими и экспериментальными результатами. Метод уменьшения, основанный на обратном преобразовании, позволяет значительно повысить точность измерений сопротивления – более, чем на два порядка.

Поскольку при вычислении скорректированного результата измерений используются только мультипликативные операции над результатами двух измерений – возведение в квадрат и деление – скорректированный результат не зависит от знаков и всегда уменьшается по абсолютной величине.

Изменение относительной погрешности скорректированного результат измерений в начале диапазона представлено на рисунке 3.3, в конце диапазона на рисунке 3.4.

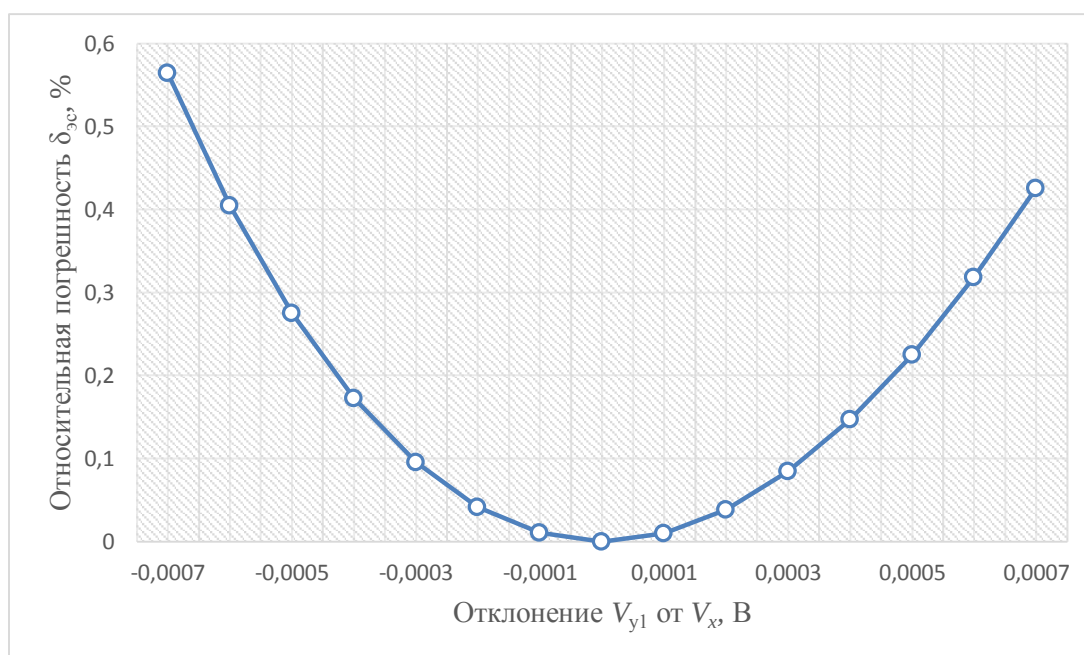


Рисунок 3.3 – Зависимость погрешности $\delta_{эс}$ от разности напряжений ($V_{y1}-V_x$) в начальной точке диапазона ($V_x=0,01$ В)

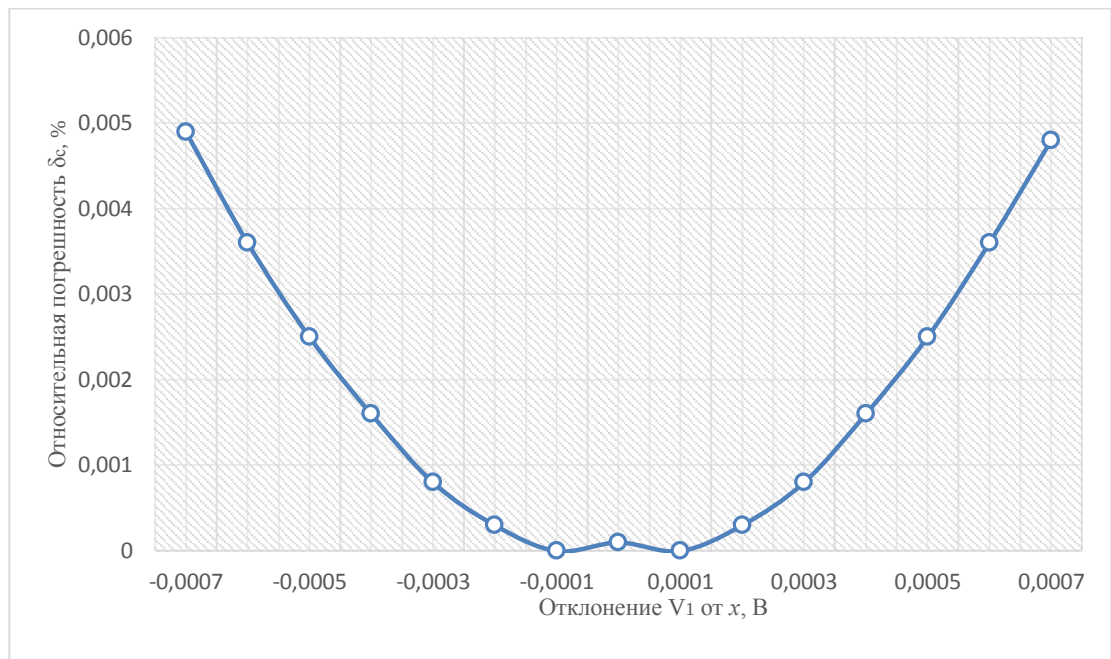


Рисунок 3.4 – Зависимость погрешности $\delta_{эч}$ от разности напряжений ($V_{y1}-V_x$) в конечной точке диапазона ($V_x=0,1$ В)

Данные графики наглядно отображают условие работоспособности мультипликативного метода повышения точности измерений.

Исходя из теоретических и практических исследований можно сделать вывод, что зависимость относительной погрешности от значений, полученных в первом и во втором тактах из обратно пропорциональной зависимости переходит в квадратичную.

4 Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий в которых будет реализовываться разработка, полученная в ходе написания ВКР, а именно, метод повышения точности измерений, в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

В дальнейшем, разработку, полученную в ходе написания данной ВКР, будет использовать инженер-метролог. Рабочим местом является лаборатория, рабочей зоной является стол с приборами.

В данном разделе указаны такие вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как электромагнитное излучение, неоптимальный микроклимат помещения, недостаточность освещения и такой опасный фактор, как электрический ток. Так же указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного или чрезмерного воздействия.

Так же были указаны ЧС, которые могут произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае их возникновения.

4.1 Профессиональная социальная безопасность

При работе с электрическими приборами возникают различные вредные факторы, которые негативно воздействуют на организм человека. Также, при работе с электрическими приборами возникают опасные факторы, их перечень представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по мультипликативной коррекции систематической погрешности цифровых средств измерений

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Реализация метода мультипликативной коррекции систематической погрешности цифровых СИ.	1. Повышенная напряженность электромагнитного поля; 2. Превышение уровня электромагнитных излучений; 3. Недостаток естественного освещения; 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Электрический ток.	Требования при выполнении работ сидя устанавливаются ГОСТ 12.2.032-78 [10]. Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [11]. Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2011 [12]. Параметры электромагнитного излучения устанавливаются СанПиН 2.2.4.1191-03 [13]. Требования по электробезопасности устанавливаются ГОСТ Р 12.1.019-2009 [14]. Требования по пожарной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [15]. Требования по взрывобезопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ [16]. Требования к организации труда устанавливаются Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ [17].

4.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений - метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости

движения воздуха и теплового излучения; комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, на тепловое состояние человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. Показатели микроклимата: температура воздуха и его относительная влажность, скорость его движения, мощность теплового излучения.

Основные виды работ, выполняемые инженером-метрологом, по степени физической тяжести, относятся к категории легких работ. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно СанПиН 2.2.4.548 [11], предоставлены в таблице 4.2, а допустимые величины показателей приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.2 - Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория Ia(до 139)	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	Категория Ia(до 139)	20-22	22-26	40-60	0,1

Таблица 4.3 - Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория Ia(до 139)	20-21,9	19-26	15-75	0,1
Теплый	Категория Ia(до 139)	21-22,9	20-29	15-75	0,1

В помещении необходимо предусмотреть систему отопления, функционирующую в зимнее время. Она обеспечивает достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха.

В соответствии с характеристикой помещения определен предполагаемый расход свежего воздуха. Нормы подачи свежего воздуха приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
(20-40) м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция

4.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещённость — физическая величина, характеризующая освещение поверхности, создаваемое световым потоком, падающим на эту поверхность. Освещённость измеряется в Люксах (СИ) и обозначают её буквой Е.

Хорошее освещение действует тонизирующе, создаёт хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей деятельности. Улучшение освещённости способствует улучшению работоспособности даже в тех случаях, когда процесс труда практически не зависит от зрительного восприятия.

Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы; равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и отсутствие резких теней; величина освещения постоянна во времени (отсутствие пульсации светового потока); оптимальная направленность светового потока и оптимальный спектральный состав; все элементы осветительных установок должны быть долговечны, взрыво-, пожаро-, электробезопасны.

Работа с приборами относится к зрительным работам средней точности для помещений жилых и общественных зданий. Согласно СП 52.13330.2011 [12], такие помещения должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий при зрительной работе средней точности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
					Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Коэффициент пульсации освещённости К _п , %, не более	КЕО е _н , %, при	
							Верхнем или комбинированном	Боковом
Высокой точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	20	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	20	2,0	0,5

4.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

В качестве источника электромагнитного излучения в данной работе рассматриваются средства измерения и электрические приборы.

Степень и характер воздействия ЭМП на организм человека зависят: от интенсивности излучения; частоты колебаний; поверхности тела облучаемого;

индивидуальных особенностей организма; режима облучения (непрерывный или прерывистый) продолжительности воздействия; комбинированного действия других факторов производственной среды.

В диапазонах промышленной частоты, радиочастот, инфракрасного и частично ультрафиолетового света электромагнитные поля оказывают тепловое воздействие.

Если механизм терморегуляции тела не способен рассеять это избыточное тепло, возможно повышение температуры тела. Некоторые органы и ткани человека, обладающие слабо выраженной терморегуляцией, более чувствительны к облучению (мозг, глаза, почки, кишечник).

Перегревание отдельных тканей и органов ведёт к их заболеваниям, а повышение температуры тела на 1 °С и выше вообще не допустимо.

Влияние электромагнитных излучений заключается не только в их тепловом воздействии. Микропроцессы, протекающие в организме под действием излучений, заключаются в поляризации макромолекул тканей и ориентации их параллельно электрическим силовым линиям, что может приводить к изменению свойств молекул; особенно для человеческого организма важна поляризация молекул воды.

Длительное и систематическое воздействие на человека полей ВЧ и УВЧ вызывает:

- Повышенную утомляемость;
- головную боль;
- сонливость;
- гипертонию;
- боли в области сердца.

Длительное и систематическое воздействие на человека полей СВЧ вызывает, кроме того:

- Изменения в крови;
- катаракту (помутнение хрусталика глаза);
- нервно-психические заболевания [18].

Согласно СанПиН 2.2.4.1191 [13], предельно допустимые уровни энергетических экспозиций электромагнитного поля диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц, не должны превышать значений, приведенных в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот ≥ 30 кГц - 300 ГГц

Диапазоны частот	Предельно допустимые уровни энергетической экспозиции		
	По электрической составляющей, (В/м) ² × ч	По магнитной составляющей, (А/м) ² × ч	По плотности потока энергии (мкВт/см ²) × ч
30 кГц - 3 МГц	20000,0	200,0	-
3 - 30 МГц	7000,0	-	-
30 - 50 МГц	800,0	0,72	-
50 - 300 МГц	800,0	-	-
300 МГц - 300 ГГц	-	-	200,0

4.1.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Измерительные приборы должны подключаться к сети питания имеющей защитное заземление.

Соединять и разъединять вилки, розетки электрических соединений допускается только при выключенном сетевом выключателе.

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

- Непосредственное прикосновение к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением;
- соприкосновение с конструктивными частями, оказавшимися под напряжением.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает

тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

- недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения;
- защитное заземление, зануление или отключение;
- вывешивание предупреждающих надписей;
- контроль за состоянием изоляции электрических установок;
- использование дополнительных средств защиты.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019 [14].

4.2 Экологическая безопасность

В связи с тем, что основным средством работы являются средства измерения и электрические приборы, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

Данная проблема является мировой. На сегодняшний день во многих странах внедрены альтернативные источники энергии (солнечные батареи,

энергия ветра). Еще одним способом решения данной проблемы является использование энергосберегающих систем.

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести сточные воды и бытовой мусор.

Сточные воды здания относятся к бытовым сточным водам. За их очистку отвечает городской водоканал.

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминисцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага. Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке.

Утилизация средств измерений и электрических приборов осуществляется сотрудниками университета и предусматривает следующую поэтапность:

- 1 Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленной в акте измерительной техники, о чем имеется акт технического осмотра;

- 2 Осуществление списания перечисленной в акте измерительной техники с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;

- 3 Непосредственно утилизация измерительной техники с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы.

Количество деталей, содержащих драгоценные металлы, оформляется отдельным актом [19].

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004 [15] и

ГОСТ 12.1.010 [16].

Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Лаборатория, в которой будет выполняться работа, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть:

- Токи короткого замыкания;
- электрические перегрузки;
- выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов;
- курение в неположенных местах.

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар в лаборатории, необходимо:

- Содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы поводится влажная уборка всех помещений;
- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из помещения с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;
- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- Правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;

- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;
- наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь планом пожарной эвакуации.

4.4 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности

4.4.1 Эргономические требования к рабочему месту

В процессе работы, все используемые предметы должны находиться в зоне досягаемости. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости приведено на рисунке 4.1.

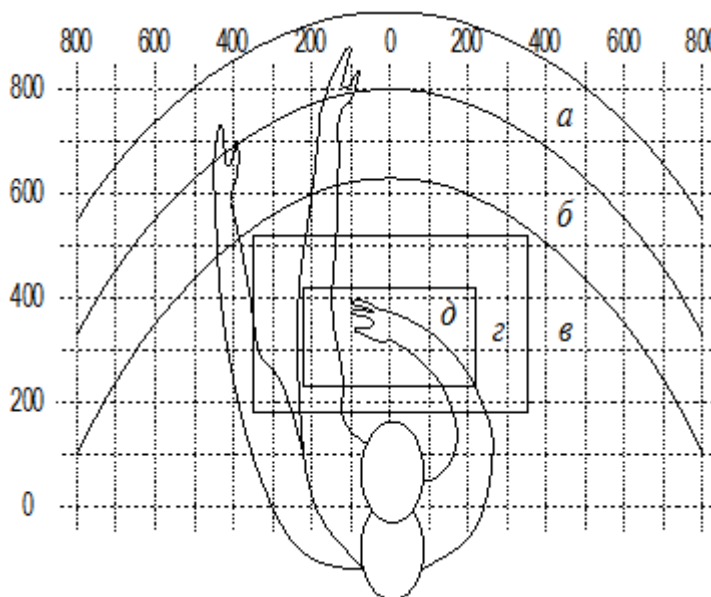


Рисунок 4.1 - Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости

На рисунке 4.1 введены следующие обозначения:

- а - зона максимальной досягаемости;
- б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в - зона легкой досягаемости ладони;
- г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

- Калибратор Fluke 5520A размещается в зоне а (слева);
- Магазин сопротивления Р4831 размещается в зоне а (справа);
- Вольтметры В7-22А размещаются в зоне б (посередине);

4.4.2 Окраска и коэффициенты отражения

Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения.

Источники света, такие как светильники и окна, которые дают отражение от поверхности экрана, значительно ухудшают точность знаков и влекут за собой помехи физиологического характера, которые могут выразиться в значительном напряжении, особенно при продолжительной работе. Отражение, включая отражения от вторичных источников света, должно быть сведено к минимуму. Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены шторы и экраны.

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

Окна ориентированы на юг: - стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета; пол – зеленый.

Окна ориентированы на север: – стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета; пол – красновато-оранжевый.

Окна ориентированы на восток: м стены желто-зеленого цвета, пол – зеленый или красновато-оранжевый.

Окна ориентированы на запад: – стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый.

4.4.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно трудовому кодексу РФ [17]:

- Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю.
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральная служба по труду и занятости населения (Минтруда России Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России)).
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ВКР включает в себя аналитический обзор метода обратного преобразования и его экспериментальную проверку. Следовательно, исследования, проведенные в рамках написания ВКР, не несут больших денежных затрат.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» будут рассмотрены:

- потенциальные потребители результатов исследования;
- анализ конкурентных технических решений;
- SWOT - анализ
- структура работ в рамках научного исследования;
- трудоемкость выполнения работ;
- график проведения научного исследования;
- бюджет научно-технического исследования (НТИ).

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того, чтобы определить потенциальный потребителей научной разработки необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование рынка методов повышения точности измерений приведено на рисунке 5.1.

По итогам сегментирования определены основные сегменты данного рынка. Методы повышения точности необходимо внедрять в крупные компании. Метод обратного преобразования, реализуемый в рамках данной ВКР необходимо внедрить в средние компании, поскольку в мелких компаниях метод обратного преобразования уже реализуется, а такой сегмент, как «крупные компании» является привлекательным для внедрения

разработки в будущем. Внедрение данного метода на рынок возможно путем публикаций научных статей в журналах.

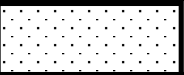
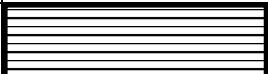
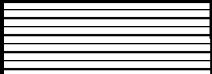
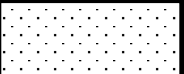
		Методы повышения точности измерений			
		Метод вспомогательных измерений	Метод обратного преобразования	Метод образцовых сигналов	Тестовый метод
Размер	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок 5.1 - Карта сегментирования рынка по методам повышения точности измерений:

 - Фирма А,  - Фирма Б,  - Фирма В.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений необходимо проводить для того, чтобы оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов, и внести коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять конкурентам.

Для того, чтобы выявить ресурсоэффективность научной разработки и определить направления для ее будущего повышения, необходимо провести анализ конкурентных технических решений позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.1.

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

Таблица 5.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	5	4	5	0,25	0,20	0,25
2. Энергоэкономичность	0,07	4	4	3	0,28	0,28	0,21
3. Надежность	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
4. Безопасность	0,20	3	3	4	0,60	0,60	0,80
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,20	5	4	4	1,00	0,80	0,80
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	3	5	0,16	0,12	0,20
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	5	4	4	0,35	0,28	0,28
6. Финансирование научной разработки	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,60
Итого	1	41	37	31	4,49	3,84	3,87

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Уязвимость позиции конкурентов заключается в том, что их разработки относительно не надежны, имеют небольшую функциональную мощность и сроки эксплуатации разработок конкурентов малы, а также они имеют невысокую конкурентоспособность, поэтому имеется возможность занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка.

Конкурентное преимущество разработки заключается в том, что метод повышения точности, разрабатываемый в рамках ВКР, имеет высокий

уровень надежности и функциональной мощности, а также данный метод удобен в эксплуатации. Если рассматривать данный метод с точки зрения экономической эффективности, то можно сказать, что метод не требует больших финансовых затрат, срок эксплуатации больше чем, у разработок конкурентов, и конкурентоспособность разработки выше.

5.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, данный вид анализа позволяет определить сильные и слабые стороны проекта, выявить возможностей и угрозы для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней и внутренней среде, результаты SWOT-анализа представлены в таблице 5.2:

Таблица 5.2 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие бюджетного финансирования. С3. Уникальность разработки	Слабые стороны научно - исследовательского проекта: Сл1. Узкая направленность разработки. Сл2. Устаревшее оборудование Сл3. Высокая степень износа оборудования
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Низкая активность конкурентов		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

5.4 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР) и непосредственно студент (С), выполняющий написание бакалаврской ВКР.

В данном подразделе был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках проведения исследования, а также приведены исполнители по каждому виду работ. Данный перечень представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Перечень работ, этапов и распределение исполнителей

Основные этапы	Номер работы	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материала по теме	С
	3	Выбор направления исследования	НР, С
	4	Календарное планирование работ по теме	С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение теоретического материала по выбранному направлению	С
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С
	7	Проведение эксперимента	С
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	С
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	НР, С

5.5 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости выполнения работ для каждого исполнителя является важным моментом, т.к. трудовые затраты чаще всего являются основной частью стоимости проведенного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемое значение трудоемкости выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость заданной i -ой работы, чел.-дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной i -ой работы, раб. дн.;

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

5.6 Составление графика проведения научного исследования

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

Для удобства разработки графика необходимо перевести длительность каждого этапа работ из рабочих дней в календарные.

Продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях T_{ki} рассчитывается по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (5.4)$$

где T_{pi} – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

T_{ki} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

k – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{KG}}{T_{KG} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (5.5)$$

где T_{KG} – количество календарных дней в году;

$T_{ВД}$ – количество выходных дней в году;

$T_{ПД}$ – количество праздничных дней в году.

В соответствии с производственным календарем на 2016 год календарных дней – 366, выходных и праздничных дней при шестидневной рабочей неделе – 70. Таким образом, получили значение $k = 1,24$.

Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 5.4.

На основании таблицы 5.4 был построен календарный план-график. Данный график строится для наибольшего по длительности исполнения работ в рамках исследовательской работы на основании таблицы 5.5 с разбиением по месяцам, а затем по декадам за период времени написания дипломной работы. При этом на графике работы для научного руководителя выделены косой штриховкой, а студента – сплошной заливкой.

Таблица 5.4 – Временные показатели проведения НТИ

Номер работы	Исполнители	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях T_{pi} , раб. дн.	Длительность работ в календарных днях T_{ki} , кал. дн.
		t_{min} , чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.	$t_{ожі}$, чел.-дн.		
1	НР	1	2	1,4	1,4	2
2	С	7	10	8,2	8,2	10
3	НР, С	4	7	5,2	2,6	3
4	С	4	6	4,8	4,8	6
5	С	25	30	27	27	33
6	С	20	25	22	22	27
7	С	6	9	7,8	7,8	10
8	С	5	7	5,8	5,8	7
9	НР,С	2	3	2,4	1,2	1

Таблица 5.5 – Календарный план-график

Номер работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
			Февраль		Март			Апрель			Май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	НР	2											
2	С	10											
3	НР	3											
	С												
4	С	6											
5	С	33											
6	С	27											
7	С	10											
8	С	2											
9	НР	1											

5.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.15)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

Интегральные показатели для различных исполнений приведены ниже:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{27}{50} = 0,54;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{34}{50} = 0,68;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{30}{50} = 0,6.$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.16)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	4	3
2. Энергосбережение	0,3	3	4	5
3. Надежность	0,5	5	3	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,5 = 4,4;$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,5 = 3,5;$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,5 = 4,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя

ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр}} \text{ и т.д.} \quad (5.17)$$

$$I_{исп.1} = 8,14;$$

$$I_{исп.2} = 5,14;$$

$$I_{исп.3} = 6,83.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (5.18)$$

Таблица 5.12 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,54	0,68	0,6
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,5	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	8,14	5,14	6,83
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,58	0,75	0,83

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что наиболее эффективный вариант решения технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности это первый вариант исполнения разработки.

Заключение

Повысить точность измерений можно с помощью структурно-алгоритмических методов и чаще всего применяют метод обратного преобразования. В этом методе организация коррекции погрешностей измерительного канала сводится к разработке рационального алгоритма автоматических измерений. Коррекция погрешности измерений осуществляется с помощью дополнительных, по отношению к измерительному каналу, средств.

В данной работе рассматривался разработанный на кафедре КИСМ мультипликативный метод обратного преобразования, предназначенный для повышения точности цифровых средств измерений. Данный метод требует определения условий работоспособности, т.е. нахождения границ изменения результата измерения, получаемого во втором такте.

В ходе работы исследуемый метод был усовершенствован, а именно, были определены параметры коррекции, при которых метод работает. Аналитически была определена зависимость относительной погрешности скорректированного результата измерений от разности значений, полученных в первом и во втором тактах.

Также была проведена экспериментальная проверка условия работоспособности метода, на примере прямых измерений напряжения. Ранее было установлено, что напряжение, получаемое во втором такте может изменяться только в узком диапазоне. В ходе работы были экспериментально определены границы диапазона изменения напряжения V_{y2} .

Можно предположить, что условия работоспособности предложенного метода могут описываться уравнениями, соответствующими различным коническим сечениям: окружности, эллипсу, параболе и гиперболе. В дальнейшей работе планируется проверить эту гипотезу.

Список использованных источников

- 1 РМГ 64-2003. ГСИ. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 20 с.
- 2 В.Л. Ткалич, Р.Я. Лабковская. Обработка результатов технических измерений. – СПб.: НИУ ИТМО (Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики), 2011. – 75 с.
- 3 Бромберг Э.М., Куликовский К.Л. Тестовые методы повышения точности измерений. – М.: Энергия, 1978. – 176 с.
- 4 Пиотровский Я. Теория измерений для инженеров. – М.: Мир, 1989. – 335 с.
- 5 Muravyov S.V. Model of procedure for measurement result error correction. Proceedings of the XVI IMEKO World Congress, (September 25-28, 2000, Vienna, Austria), vol. 5, 135-139.
- 6 А. с. 911346 СССР. Устройство для измерения напряжения / Муравьев С.В., Рузаев Е.Н. // Бюлл. № 9, 1982.
- 7 Muravyov S.V., Zlygosteva G.V, Borikov V.N. Multiplicative method for reduction of bias in indirect digital measurement result // Metrology and Measurement Systems.– 2011.– Vol. 18.– № 3.– P. 481-490.
- 8 Muravyov S.V., Borikov V.N. and Natalinova N.M. Arrangement for shunts calibration // Patent on utility model.–№ 80585 (Russian Federation). Bull.–2009.–№ 4.
- 9 Т.М. Алиев, А.А. Тер-Хачатуров, А.М. Шекиханов. Итерационные метода повышения точности измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 186 с.
- 10 ГОСТ 12.2.032 -78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

- 11 Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997. – 20 с.
- 12 Свод правил: СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. М.: Минрегион России, 2011. – 74 с.
- 13 Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. М.: Минздрав России, 2003. – 39 с.
- 14 ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 28 с.
- 15 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.
- 16 ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.
- 17 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Официальный текст. - М. : Пропаганда : Омега- Л, 2002. - 176 с. : ил. - (Российская правовая библиотека).
- 18 В.С. Алексеев, И.В. Ткаченко, О.И. Жидкова. Безопасность жизнедеятельности. Сборник лекций. – М.: Эксмо, 2008. – 160 с.
- 19 Боровский, Е. Э. Промышленные и бытовые отходы [Текст]: Проблемы экологии / Е. Э. Боровский. – М. : Чистые пруды, 2007. – 32 с.: ил. – (Библиотечка газеты «Первое сентября», Серия «Химия» ; вып. 5 (17)).