

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			
Особенности расчета характеристик погрешности физико-химических измерений			

УДК 543.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	В.И. Вольф		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. КИСМ	С. В. Муравьев	Доктор техн. наук, профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. КИСМ	О.В. Стукач	Доктор техн. наук		

Планируемые результаты обучения по направлению 27.03.01

«Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
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 <i>EURACEиFEANI</i>
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 <i>EURACEиFEANI</i>
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 <i>EURACEиFEANI</i>
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 <i>EURACEиFEANI</i>
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 <i>EURACEиFEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
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 <i>EURACEиFEANI</i>

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 <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
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 <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

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

 (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	В.И. Вольф

Тема работы:

Особенности расчета характеристик погрешности физико-химических измерений

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№958/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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 ГОСТ Р ИСО 5725-1 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.
- 3 ГОСТ Р 8.563-2009 Методики (методы) измерений.
- 4 МИ 1317-2004 Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров

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 Номенклатура характеристик погрешности физико-химических величин 1.1 Перечень характеристик погрешности 1.2 Классификация характеристик погрешности 1.3 Связь характеристик погрешности физико-химических величин с характеристиками погрешности других видов величин 2 Анализ методик расчета характеристик погрешности физико-химических величин 2.1 Метод добавок 2.2 Метод с заранее известным значением 2.3 Метод сбалансированного эксперимента с однородными уровнями 3 Анализ методик экспериментального определения характеристик погрешности 4 Социальная ответственность 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация, выполненная в программе Microsoft PowerPoint

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	А. В. Хаперская
Социальная ответственность	И. Л. Мезенцева

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. КИСМ	С.В. Муравьев	Доктор техн. наук, профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	В.И. Вольф		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Г21	В.И. Вольф

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	Произведен анализ рабочего места человека, который будет работать с полученной в ВКР разработкой. Данная разработка окажет огромную помощь инженерам метрологам при расчетах метрологических характеристик физико-химических измерений. В работе будет описан перечень используемых характеристик, а также унификация терминологии данной сферы деятельности. Кроме того, на примере будет показан расчет метрологических характеристик физико-химических измерений с использованием одного из представленных методов. Сократится время на поиски нужной информации Областью применения данной разработки: стандартизация и метрология, аналитическая химия, хеометрика.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная 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	В качестве вредных факторов выделены: повышенный уровень шума на рабочем месте, повышенный уровень электромагнитных излучений, недостаточная освещенность рабочей зоны, нервно-психические перегрузки. В качестве опасных вредных факторов выделены: возможность поражения электрическим током и возникновения пожара. На рабочем месте, оборудованном ПК, отсутствуют источники механической и термической опасности. В компании регулярно проводятся меры по пожаро- и электробезопасности.
2. Экологическая безопасность:	Деятельность не связана с производством, поэтому влияние на окружающую среду минимально. Рассмотрена утилизация бытовых отходов.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее типичной ЧС является возникновение пожара. Данный фактор рассмотрен в п.2.2.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Компоновка рабочей зоны, а также параметры, рассмотренные в п.5.2, соответствуют нормам.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	В.И. Вольф		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Г21	В.И. Вольф

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	1 Структура работ в рамках научного исследования. 2 Определение трудоемкости выполнения работ. 3 Составление графика проведения научного исследования. 4 Определение бюджета научно-технического исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

График проведения научного исследования

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	А.В. Хаперская			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г21	В.И. Вольф		

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2016	Номенклатура характеристик погрешности физико-химических величин	
18.02.2016	Перечень характеристик погрешности	
24.02.2016	Классификация характеристик погрешности	
26.02.2016	Связь характеристик погрешности физико-химических величин с характеристиками погрешности других видов величин	
1.03.2016	Анализ методик расчета характеристик погрешности физико-химических величин	
10.03.2016	Анализ методов расчета	
23.03.2016	Анализ результатов	
8.04.2016	Социальная ответственность	
22.04.2016	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
27.05.2016	Оформление расчетно-пояснительной записки	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. КИСМ	С.В. Муравьев	Доктор техн. наук, профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
КИСМ	О.В. Стукач	Доктор техн. наук		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 86 с., 4 рис., 27 табл., 19 источников.

Ключевые слова: характеристика погрешности, результат измерений, физико-химическая величина, повторяемость, прецизионность.

Объектом исследования являются характеристики погрешности физико-химических измерений.

Цель работы – сравнительный анализ методик расчета характеристик погрешности результатов измерений физико-химических и физических величин.

В процессе исследования проводилось теоретическое ознакомление с методами, сравнение с альтернативными методами, практическая реализация на примере одного из представленных методов.

В результате исследования был проведен сравнительный анализ методик расчета характеристик погрешности результатов измерений физико-химических и физических величин, выявлены особенности расчета показателей точности физико-химических величин, рассчитаны характеристики результатов измерений массовой концентрации кобальта цифровым цветометрическим методом.

Степень внедрения: результаты использованы при выполнении гранта РНФ № 14-19-00926

Область применения: метрология, аналитическая химия, хеометрика.

Экономическая эффективность/значимость работы: полученный анализ становится проще для обработки, понимания и реализации, следовательно, сокращаются временные, а также вычислительные ресурсы на решение поставленной задачи.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

физическая величина (ФВ): свойство материального объекта или явления, общее в качественном отношении для многих объектов или явлений, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

результат анализа: среднее значение (среднее арифметическое или медиана) результатов единичного анализа.

точность: степень близости результата анализа к истинному (или в его отсутствие принятому опорному) значению.

правильность: степень близости среднего значения, полученного на основе большой серии результатов единичного анализа к истинному.

прецизионность: степень близости друг к другу результатов единичного анализа (результатов анализа), полученных в конкретных регламентированных условиях.

повторяемость: прецизионность в условиях повторяемости.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. РМГ 29-2013 Метрология. Основные термины и определения.
2. ГОСТ Р ИСО 5725-1 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.
3. ГОСТ Р 8.563-2009 Методики (методы) измерений.
4. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

Оглавление

С.

Введение	13
1 Номенклатура характеристик погрешности физико-химических величин.....	14
1.1 Перечень характеристик погрешности.....	16
1.2 Классификация характеристик погрешности	21
1.3 Связь характеристик погрешности физико-химических измерений с характеристиками погрешности других видов измерений	24
2 Анализ методик расчета характеристик погрешности физико-химических величин	28
2.1 Метод добавок	29
2.2 Метод с заранее известным значением	34
2.3 Метод сбалансированного эксперимента с однородными уровнями.....	39
2.4 Перечень характеристик погрешности инструментальных методов анализа	40
3 Анализ методик экспериментального определения характеристик погрешности	44
4 Социальная ответственность	48
4.1 Анализ выявленных вредных факторов рабочего помещения	49
4.2 Анализ выявленных опасных факторов рабочего помещения	53
4.3 Экологическая безопасность.....	56
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	57
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	59
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	61

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	61
5.2 Анализ конкурентных технических решений	62
5.3 Технология QuaD.....	65
5.4 SWOT- анализ	67
5.5 Структура работ в рамках научного исследования	70
5.6 Определение трудоемкости выполнения работ	71
5.7 Составление графика проведения научного исследования	72
5.8 Определение бюджета научно-технического исследования	74
5.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	80
Заключение	84
Список использованных источников	85

Введение

В различных отраслях промышленности, в экологических, медико-биологических и клинических исследованиях часто возникает необходимость идентификации того или иного вещества, а также количественной оценки его содержания. Эти виды измерений называют физико-химическими, а также рассматривают в рамках химического анализа. Научно-обоснованное повышение достоверности результатов химического анализа и физико-химических измерений, выявление и минимизация их погрешностей требуют знания особенностей расчета и анализа их характеристик. Эта информация содержится в большом количестве нормативных документов, что вызывает трудности при ее поиске. Кроме того, не все документы используют единую и современную терминологию.

Очевидно, что чем более ответственное решение принимается на основании результатов измерений, тем более жесткие требования к ним предъявляются, тем в меньшей степени результаты измерений должны зависеть от субъективного мнения экспериментатора.

Целью работы является сравнительный анализ методик расчета характеристик погрешности результатов измерений физико-химических величин и традиционных физических величин.

В процессе работы был проведен сравнительный анализ методик расчета характеристик погрешности результатов измерений физико-химических и физических величин, выявлены особенности расчета показателей точности физико-химических величин, рассчитаны характеристики результатов измерений массовой концентрации кобальта цифровым цветометрическим методом.

1 Номенклатура характеристик погрешности физико-химических величин

Под физико-химическими измерениями обычно понимают все измерения, которые тем или иным образом связаны с контролем составов веществ, изделий и материалов. Различными методами могут проводиться измерения химического состава разных веществ, так как в процессе измерения в большинстве случаев проводят измерение какого либо свойства материала, и после этого уже находят из связи состав-свойство.

Таким свойством могут быть механические, оптические свойства, тепловые и электромеханические. Отсюда следует сделать вывод о том, что физико-химические измерения опираются в сути своей на уже рассмотренные виды измерений.

В таблице 1 указаны основные характеристики погрешности, как в области измерений физико-химических величин, так и в области физических величин. [1]

Таблица 1 – Характеристики погрешности присущие области измерений ФХВ И ФВ.

Качественная характеристика анализа	Показатель качества (количественная характеристика) методики анализа	Формы представления показателей качества методики анализа (приписанных характеристик погрешности и ее составляющих)

Точность	Показатель точности методики анализа – приписанная характеристика погрешности методики анализа	Границы (Δ_n , Δ_b), в которых погрешность любого из совокупности результатов анализа находится с принятой вероятностью P – интервальная оценка, или $\pm \Delta$, P , при $\Delta = \Delta_n = \Delta_b = Z\sigma(\Delta)$, где Z – квантиль распределения, зависящий от его типа и принятой вероятности P . Среднее квадратическое отклонение – $\sigma(\Delta)$ погрешности результатов анализа, полученных во всех лабораториях, применяющих данную методику анализа, - точечная оценка.
Правильность	Показатель правильности методики анализа – приписанная характеристика систематической погрешности методики анализа	Θ , σ_c , где Θ – математическое ожидание (оценка) систематической погрешности методики анализа; $\sigma(\Delta_c)$ – среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической погрешности методики анализа - точечная оценка. Примечание – Θ может быть введена в результат единичного анализа в качестве поправки.
Правильность	Показатель правильности методики анализа – приписанная характеристика систематической погрешности методики анализа	Границы ($\Delta_{c.n}$, $\Delta_{c.b}$), в которых систематическая погрешность методики анализа находится с принятой вероятностью P – интервальная оценка, или $\pm \Delta_c$, P , где $\Delta_{c.b} = \Delta_{c.n} = \Delta_c = Z\sigma_c$
Повторяемость	Показатель повторяемости методики анализа – приписанная характеристика случайной погрешности результатов единичного анализа, полученных в условиях повторяемости	Среднее квадратическое отклонение результатов единичного анализа, полученных по методике в условиях повторяемости – σ_r . Предел повторяемости* – r_n для n результатов параллельных определений, регламентируемых методикой анализа

Воспроизводимость	Показатель воспроизводимости методики анализа – приписанная характеристика случайной погрешности результатов анализа, полученных в условиях воспроизводимости	Среднее квадратическое отклонение всех результатов анализа, полученных по методике в условиях воспроизводимости – σ_R . Предел воспроизводимости** – R для двух результатов анализа.
* В национальных стандартах принято обозначение d. ** В национальных стандартах принято обозначение D.		

1.1 Перечень характеристик погрешности

Для описания точности метода измерений зачастую используют термины: «правильность» и «прецизионность» в ГОСТ Р ИСО 5725. Для характеристики степени близости среднего арифметического значения большого числа результатов измерений к истинному или же к тому, которое приняли за опорное используют термин «правильность», а для характеристики степени близости результатов измерений друг к другу уже используют термин «прецизионность».

Измерения, которые были выполнены не при одинаковых обстоятельствах и не на одинаковых материалах обычно не могут дать одинаковые результаты. Вследствие чего возникает необходимость рассмотреть такое понятие как «прецизионность».

В большинстве случаев, такие ситуации можно объяснить неизбежными случайными погрешностями, которые возникают при любом процессе измерения, кроме того, нельзя полностью контролировать и факторы, влияющие на результаты измерений.

При интерпретации результатов измерений необходимо учитывать данную изменчивость.

К примеру, фактическую разницу между какой - либо точной величиной и полученным результатом измерения невозможно определить в том случае, когда она принадлежит области неизбежных случайных погрешностей процедуры измерения. Также, когда разница между результатами измерений находится в данной области, сравнение результатов измерений двух сильно отличающихся материалов не даст серьезной разницы в качестве.

За исключением различий между предпочтительно идентичными образцами, на изменчивость результатов выполненных одним методом измерений могут оказывать влияние разные факторы, например, такие как:

- параметры окружающей среды (влажность, температура);
- используемое оборудование;
- оператор;
- калибровка оборудования;
- интервал времени между измерениями.

Как правило, будут большие различия между результатами измерений, которые выполняли разные операторы и/или с помощью различного оборудования, и результатами, которые были выполнены в течение небольшого интервала времени одним оператором, который использовал одно и то же оборудование.

Для выражения изменчивости измерений, которые повторяются, необходимо пользоваться термином «прецизионность».

Условия повторяемости и воспроизводимости, это два условия прецизионности, которые были весьма необходимыми и очень полезными для представления изменчивости метода измерений.

Те факторы, которые были указаны выше, в условиях повторяемости, считают постоянными, и обычно они не имеют особенность влиять на изменчивость, однако же все эти факторы переменны и оказывают влияние на изменчивость результатов измерений в условиях воспроизводимости.

Отсюда стоит сделать вывод о том, что воспроизводимость и повторяемость являются двумя крайними случаями прецизионности, где

первый случай характеризует максимальную изменчивость результатов, а второй минимальную. Другие промежуточные условия допустимы только тогда, когда один или же несколько факторов имеют свойство изменяться и использоваться при определенных обстоятельствах. Как правило, прецизионность выражают в терминах стандартных отклонений.

В случаях, когда косвенно или прямо можно представить истинное значение измеряемой величины, имеет смысл говорить о правильности метода измерений.

Можно использовать принятое опорное значение измеряемой величины, когда невозможно точно определить истинное значение при применении ряда измерительных методов. Для примера стоит привести случай, когда имеются соответствующие стандартные образцы, или же существует принятое опорное значение, которое можно установить с помощью ссылки на другой известный метод измерений, или же на крайний случай приготовить известный образец.

Однако, говоря о правильности тех или иных методов измерений, стоит провести исследование посредством сравнения принятого опорного значения и уровнем результатов, которые были получены с помощью этого метода.

Именно в терминах систематической погрешности или же смещения выражают правильность.

Чаще когда используемый метод измерений не позволяет полностью определить элемент, или же в случае, когда наличие одного элемента препятствует нахождению другого, именно так в химическом анализе и проявляется систематическая погрешность.

По отношению к терминам «правильность» и «прецизионность» обычно используют обобщающий термин «точность», подробно речь о котором идет в ГОСТ Р ИСО 5725-1.

Раньше использование термина «точность» распространялось ли на одну часть, которую сейчас мы называем правильностью, позже стало понятно, что термином «точность» можно выразить и вторую часть, суммарное отклонение

результата от опорного значения, которое можно получить, как систематическими, так и случайными причинами.

Однако стоит отметить тот факт, что в отечественной метрологии погрешность результатов измерений и точно, следует определять сравнением результата измерений с действительным значением измеряемой физической величины, которые являются можно сказать эталонными значениями измеряемых величин, выраженными в узаконенных единицах.

Когда отсутствует надобность в эталонах, которые смогут обеспечить воспроизведение, а также хранение и передачу определенных значений единиц величин, которые будут необходимы для оценки точности результатов измерений, за действительное значение обычно принимают математическое ожидание заданной совокупности результатов измерений. Так происходит, как в отечественной, так и в международной практике.

Именно в термине «принятое опорное значение» отражена данная ситуация (пункты 3.5 и 3.6 ГОСТ Р ИСО 5725-1) и рекомендуется для использования в этих случаях и в отечественной практике.

До настоящего времени термины «прецизионность» и «правильность» в отечественных нормативных документах по метрологии не использовались.

Однако «правильность» – уровень схождения истинного или действительного к результатам полученных измерений. А когда эталона измеряемой величины нет, то «правильность» - это уровень схождения принятого опорного значения к среднему значению, которое было получено, основываясь на множественные результаты испытаний.

Стоит сказать, что «прецизионность» – это уровень близости независимых результатов измерений друг к другу, которые были получены в результате конкретных установленных условий. Данная характеристика будет зависеть только от случайных факторов, и эта характеристика никак не имеет ничего общего с истинным значением некоторой измеряемой величины (п. 3.12 ГОСТ Р ИСО 5725-1).

Обычно меру прецизионности вычисляют как среднеквадратическое отклонение результатов измерений, которые будут выполнены в определенных условиях.

От выбранных исходных условий и будут зависеть все количественные значения мер прецизионности.

Такие экстремальные показатели прецизионности, как сходимость, повторяемость и воспроизводимость регламентируют и в отечественных нормативных документах (п. 3.12-3.20 ГОСТ Р ИСО 5725-1).

Резюмируя все выше сказанное, стоит отметить основные характеристики результатов физико-химических измерений: повторяемость, правильность и прецизионность.

Правильность – уровень схожести среднего значения, которое обычно могут получить из большой числа результатов измерений, каждое из которых может состоять из нескольких наблюдений, к опорному значению измеряемой величины. Показателем правильности является значение систематической погрешности, составляющие, которой применительно к химическому анализу будут рассмотрены ниже.

Прецизионность – уровень схожести свободных друг от друга результатов измерений одинаковой величины, полученных при конкретных регламентированных условиях их выполнения. Прецизионность никак не относится к установленному значению используемой величины и правильности результата измерения и зависит только от случайных погрешностей. Повторяемость (сходимость) – прецизионность результатов измерений в условиях повторяемости, когда результаты измерения находят по одинаковой методике и одинаковых образцах, используют одну и ту же лабораторию и все того же оператора, который в свою очередь использует одинаковое оборудование и средства измерений в пределах короткого интервала времени (нескольких часов).

Кроме того, стоит сказать про важность параметра точности.

Точность – уровень схожести всех результатов измерения к опорному значению измеряемой величины.

Высокая точность будем в том случае, если будет маленькая погрешность измерения. В отличие от погрешности, которая по определению выражается в единицах измеряемой величины, точность, как правило, также как и относительная погрешность выражается в долях или процентах от истинного или принятого опорного значения.

1.2 Классификация характеристик погрешности

Говоря о метрологических характеристиках физико-химических измерений, следует отметить, что они разительно отличаются от простых метрологических характеристик. При выполнении данных измерений следует учесть следующие метрологические характеристики:

- восстановление;
- предел обнаружения;
- смещение;
- периодичность;
- воспроизводимость;
- перехват.

Восстановление или коэффициент восстановления в настоящее время используется для того, чтобы указать выход анализируемого вещества в концентрировании или экстракции в стадии аналитического метода, расчет производится по формуле (1):

$$x = \frac{Q_{a(вых)}}{Q_{a(вх)}}; \quad (1)$$

где $Q_{a(вх)}$ – входные данные;

$Q_{a(вых)}$ – восстановленное количество аналита.

Термин восстановление также используется для обозначения отношения наблюдаемого значения $x_{набл}$, полученный из аналитического процесса

калибровки с помощью графа, деленная на эталонное значение $x_{\text{этал}}$, расчет производится по формуле (2):

$$R'_A = \frac{x_{\text{набл}}}{x_{\text{этал}}}; \quad (2)$$

где R'_A – восстановление;

$x_{\text{набл}}$ – наблюдаемое значение;

$x_{\text{этал}}$ – эталонное значение.

Предел обнаружения – малая концентрация определяемого препарата в пробе, сигнал от которого возможно надёжно отличить от фона. Как правило, границу обнаружения принимают равным тройному значению обычного отличия шумового сигнала. Иначе говоря, сигнал, равный или превосходящий степень сигнала, поставленный для предела обнаружения, с определенной вероятностью более 99 % будет значить, что собственно он относится к искомому компоненту.

Смещение – составляющая погрешности результата измерения, которая остается постоянной или же последовательно изменяется при повторяющихся измерениях одинаковой физической величины.

В том случае, когда происходит замена или изменение какого из порядковых номеров элемента, происходит повторяемость неких свойств физических или же химических у простых веществ или же сложных соединений, это и будут называть периодичность. Главным образом, здесь существует связь с повторяемостью электронного строения определенных атомов в связи с увеличением их порядкового номера, иначе говоря, заряда ядра и числа электроном в атоме.

Воспроизводимость измерений – это качество измерений (результатов анализов), отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах) по данной методике. Воспроизводимость характеризуется относительным

средним квадратическим отклонением. Наблюдения и измерения могут быть равноточными и неравноточными.

Для построения графика калибровочной прямой необходимо знать несколько параметров, которые будут нужны при расчете значений.

Количество наблюдений – общее количество точек, измеренное при получении калибровочной функции. Обозначается символом: m .

Степени свободы – число наблюдений минус число установленных параметров. Для обозначения используют символ: ν .

Независимая переменная – величина выбирается произвольно, когда выполняется процесс калибровки. Здесь имеет обозначение: x_j . Предполагается, что это значение не несет никакой ошибки.

Зависимая переменная – количество измеренных значений и нанесенных на график как функция независимых переменных. Здесь обозначается как: y_j . Данный параметр подвержен ошибкам и отклонениям. При проведении анализа, эта величина измеряется или вычисляется по известному измеренному сигналу.

Уравнение для функционала – уравнение, выражающее линейное соотношение между зависимыми и независимыми переменными. Имеет следующий вид:

$$Y = a + bx, \quad (3)$$

где a – пересечение с осью y ;

b – наклон линии, оба параметра рассчитывается по методу наименьших квадратов.

Наклон (англ. Slope) – это параметр b в уравнении калибровки. Ниже представлена формула для расчета (4):

$$\hat{b} = \frac{m \sum x_j y_j - \sum x_j \sum y_j}{m \sum x_j^2 - (\sum x_j)^2}, \quad (4)$$

где x_j – независимая переменная

y_j – зависимая переменная

m – количество наблюдений

Перехват (англ. Intercept) –это параметр А в уравнении калибровки. Ниже представлена формула, по которой можно провести расчет(5):

$$\hat{a} = \frac{\sum y_j \sum x_j^2 - \sum x_j \sum x_j y_j}{m \sum x_j^2 - (\sum x_j)^2} = (\sum y_j - b \sum x_j)/m; \quad (5)$$

где x_j – независимая переменная

y_j –зависимая переменная

m – количество наблюдений

b – наклон

1.3 Связь характеристик погрешности физико-химических измерений с характеристиками погрешности других видов измерений

Отдельное внимание стоит уделить и номенклатуре характеристик.

Ниже приведена номенклатура характеристик.

1. Свойства, необходимые для определения результатов измерений (без введения поправок):

- вид выходного кода для цифровых средств измерений;
- функция преобразования измерительного преобразователя, а также измерительного прибора с неименованной шкалой;
- цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- значение однозначной меры;

2. Динамические погрешности средств измерений (переходная характеристика, АЧХ, АФХ и т.д.).

3. Характеристики чувствительности средств измерений к влияющим величинам;

Наибольшее распространение на практике получили следующие характеристики:

- точность;
- диапазон показаний шкалы;
- цена деления;

- порог чувствительности СИ;
- диапазон измерений шкалы;
- вариация и др.

При оценке точности используют предел допустимой погрешности, известно, что именно это значение является наибольшим значением погрешности средства измерений, которое установлено НТД для используемого средства измерений, и при всем этом, оно должно считаться пригодным к использованию.

Под ценой деления шкалы стоит понимать отличие между числовыми значениями величин, которые записаны у двух рядом находящихся отметок шкалы.

В свою очередь, ценой деления будет называться то расстояние, которое находится между серединами двух рядом находящихся отметок.

Часть метрологических свойств ориентируются на статические данные. Например, диапазон измерений и диапазон показаний.

Та область, которая ограничена начальным и конечным значениями будет являться областью значений шкалы, и в свою очередь будет называться диапазоном показаний.

Под термином «рабочая часть шкалы» следует понимать и представлять область значений измеряемой величины, для которой допустимые погрешности средства измерения нормированы.

В некоторых случаях бывает так, что диапазон показаний и измерений совпадают, в этом случае можно сказать, что статистическая характеристика пропорциональна, или же даже прямолинейна.

Чувствительностью средства измерений называют его возможность показать реакцию на измерение входного сигнала. Оценить чувствительность можно, если свести отношение изменения выходного сигнала к вызвавшему его изменение входного сигнала.

Свойство стабильности у показаний средства измерений и называется вариацией.

Именно в неоднозначности степени статической характеристики прибора при уменьшении или увеличении измеряемой величины и может проявиться вариация.

Некая составляющая устройства, которая представляет собой симбиоз отметок и нанесенных у части из них отметок чисел отчетов или же других возможных используемых символов, которые могут соответствовать ряду друг за другом идущих значений величины, и называется шкала.

Характеристики погрешности физико-химических величин:

В аналитической химии под пределом обнаружения обычно понимают то минимальное количество определяемого препарата в пробе, сигнал от которого возможно отличить наглядно от фона.

За предел обнаружения чаще всего принимают значение стандартного отклонения шумового сигнала, которое утраивают. Другими словами можно сказать, что такой полученный сигнал, который получается равным или даже может превышать уровень, установленный ранее для искомого предела обнаружения, где вероятность будет ясно более 99% и будет означать, что он может относиться к искомому компоненту.

Калибровочная кривая – это выражение соотношения между показанием и соответствующим измеренным значением величины.

Приведем пример построения калибровки для спектрофотометрического метода анализа.

Оптическая плотность окрашенных растворов находится в линейной зависимости от концентрации окрашенного вещества в растворе. Об этом свидетельствует закон Бугера – Ламберта – Бера:

$$A = \varepsilon Cl, \quad (6)$$

где A – оптическая плотность;

ε – молярный коэффициент погашения;

C – молярная концентрация раствора, моль/л;

l – толщина кюветы, см.

Отсюда вывод о виде калибровочного графика отсюда однозначен: график должен быть прямой линией и исходить из нуля.

Исходя из этого, можно провести параллель, и понять, что предел обнаружения это ни что иное как разрешающая способность. А если мы строим график калибровочной прямой для физико-химических измерений, то для не физико-химических измерений мы можем построить график функции преобразования.

Отсюда стоит сделать вывод, что существует связь между характеристиками погрешности физико-химических измерений и другими характеристиками физических измерений. Сравнение приведем в таблице 2.

Таблица 2 – Связь между характеристиками физико-химических измерений и другими метрологическими характеристиками

Характеристики погрешности ФХИ	Характеристики погрешности ФИ
Предел обнаружения	Разрешающая способность
Калибровочная кривая	Функция преобразования
Диапазон определяемых содержаний	Диапазон измерений
Смещение	Систематическая погрешность

2 Анализ методик расчета характеристик погрешности физико-химических величин

Метод титрования и метод прямых измерений являются одними из главных инструментов в физико-химическом анализе и аналитической химии.

Во втором методе принимают во внимание зависимость физико-химического свойства препарата от природы анализируемого вещества и его концентрации. Наиболее часто на практике используются следующие методы прямого количественного определения с помощью ФХИ:

- метод добавок.
- метод градуировочного графика;
- метод молярного свойства;

При использовании данных методов обычно используют стандартные растворы или же стандартные образцы.

При использовании метода градуировочного графика необходимо измерить и знать интенсивность аналитического сигнала у некоторого числа стандартных образцов или растворов разной концентрации. Исходя из полученных данных строится график по отношению:

$$I = f(C), \quad (7)$$

где C – количество искомого вещества в стандартном растворе или образце.

Далее снова делаем измерение интенсивности сигнала изучаемой пробы, с помощью градуировочного графика находим уже искомую концентрацию изучаемого компонента.

В случае использования метода молярного свойства необходимо проводить измерения AC у нескольких разных образцов или же растворов. Далее необходимо рассчитать молярное свойство по формуле:

$$A = \frac{I}{c}, \quad (8)$$

где A – интенсивность аналитического сигнала, пропорциональная 1 моль вещества.

После всех проделанных рекомендаций измеряют интенсивность сигнала изучаемой пробы в тех же условиях, далее необходимо рассчитать концентрацию анализируемого вещества по соотношению $c = \frac{I}{A}$.

Использование метода добавок обычно необходимо в тех случаях, когда так проба, которую мы анализируем, содержит достаточно большое количество инородных компонентов, кроме того, который нужно определить. При использовании данного метода в первую очередь необходимо измерить интенсивность аналитического сигнала пробы, после этого уже в саму пробу добавляют известный заранее объем стандартного раствора до определенной концентрации c_{cm} , далее снова производят замер полученного интенсивности сигнала.

$$c_x = c_{cm} \frac{I_x}{I_{x+cm} - I_x}, \quad (9)$$

где c_x – количество искомого компонента;

I_x – интенсивность АС пробы;

I_{x+cm} – интенсивность АС после добавки стандартного раствора.

Связь интенсивности аналитического сигнала с концентрацией вещества во всех трех методах необходимо выражать линейным соотношением.

В области концентраций, которые необходимо проанализировать, необходимо строго соблюдать выше приведенное соотношение.

В методе титрования изучаемый раствор разбавляется раствором, где уже заранее известна концентрация. По ходу титрования проводится измерение интенсивности АС и соответственно строится кривая титрования.

2.1 Метод добавок

2.1.1 Оценка показателей прецизионности (повторяемости и воспроизводимости) методики анализа

Необходимость использования рабочих проб очень важна при оценке показателей повторяемости и воспроизводимости. Однако, все пробы, которые

будут использованы для проведения анализа должны быть однородными и самое важное, стабильными на протяжении всего эксперимента.

Основываясь на полученную зависимость σ_R от количества искомого компонента необходимо разбить весь диапазон измерений на небольшие поддиапазоны, именно в этих пределах и принимают постоянство σ_R .

2.1.2 Оценка показателя правильности методики анализа

В соответствии с 6.1.11, 6.1.12 и приложением Г ГОСТ Р ИСО 5725-1 необходимо проводить организацию эксперимента, когда необходимо провести оценку показателя правильности.

В общем случае необходимый для расчета массив экспериментальных данных для каждого m -го поддиапазона с принятым постоянным значением показателя воспроизводимости методики анализа получают в соответствии с методикой анализа в виде серии L результатов анализа определяемого компонента в пробе без добавки (x) и в пробе с добавкой (x'), максимально варьируя при этом условия проведения анализа: разные лаборатории, разное время, разные операторы, разные наборы мерной посуды и т.д. [2]

Важно, чтобы число результатов L как с добавкой, так и без нее совпадало, и весь анализ проходил в одинаковых условиях.

С учетом приложения Г ГОСТ Р ИСО 5725-1 необходимо определять выбор числа L . Также важно обратить внимание на зависимость от возможной неопределенности оценки систематического погрешности используемой методики.

Если методикой анализа предусмотрено выполнение параллельных определений для получения результата анализа, то x_1 и x'_1 представляют собой результаты анализа, средние из результатов параллельных определений.

Полученные данные записывают в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты анализа пробы и пробы с добавкой при использовании метода добавок

Номер результата анализа L	Результаты анализа пробы без добавки x_l	Результаты анализа пробы с добавкой x'_l	Значение экспериментально найденной добавки
1	X_1	X'_1	$x_{д1} = x'_1 - x_1$
...			...
l	x_l	X'_l	$x_{дl} = x'_l - x_l$
..	...	...	...
L	x_L	X'_L	$x_{дL} = x'_L - x_L$

Далее рассчитывают значения следующих величин:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^L x_l}{L} - \text{среднее значение результатов анализа пробы без добавки;} \quad (10)$$

$$\bar{x}' = \frac{\sum_{i=1}^L x'_l}{L} - \text{среднее значение результатов анализа пробы с добавкой;} \quad (11)$$

$$\bar{x}_д = \frac{\sum_{i=1}^L (x'_l - x_l)}{L} - \text{среднее значение экспериментально найденной добавки;} \quad (12)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^L (x_l - \bar{x})^2}{L-1}} \quad \text{СКО, характеризующее случайный разброс результатов анализа пробы без добавки;} \quad (13)$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^L (x'_l - \bar{x}')^2}{L-1}} \quad \text{СКО, характеризующее случайный разброс результатов анализа пробы с добавкой;} \quad (14)$$

$$\theta = \bar{x}_д - C - \text{оценку математического ожидания систематической погрешности методики анализа,} \quad (15)$$

где C - аттестованное значение добавки к пробе;

$$t = \frac{|\theta|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{L} + \frac{S_2^2}{L} + \frac{\Delta_{доб}^2}{3}}} - \text{рассчитанное значение t-критерия}, \quad (16)$$

где $\Delta_{доб}$ - погрешность аттестованного значения добавки к пробе.

Расчетное значение t сравнивают с $t_{табл}$ при числе степеней свободы $f = L-1$ и доверительной вероятности $P = 0,95$ (значения $t_{табл}$ приведены в приложении Е, таблица Е.2 [2]).

Если $t \leq t_{табл}$, то оценка систематической погрешности незначима на фоне случайного разброса, и в этом случае ее принимают равной нулю ($\Theta=0$).

Если $t > t_{табл}$, то оценка систематической погрешности значима на фоне случайного разброса и для принятия решения о приемлемости методики анализа вводят еще один критерий:

$$|\Theta| \leq \varepsilon \sigma_R,$$

где ε может принимать значения от 0,5 до 1 в зависимости от используемых в методике метода, условий, средств измерений и т.п., а также характеристик объекта анализа.

В случае выполнения данного критерия чаще всего принимают решение о необходимости введения на значение Θ поправки.

В том случае, если же назначенный критерий не выполнен, то методику отправляют на доработку.

При незначимости Θ или при принятом для методики анализа решении о введении в результаты анализа поправки показатель правильности методики анализа, верхнюю ($\Delta_{с.в}$) и нижнюю ($\Delta_{с.н}$) границы, в которых неисключенная систематическая погрешность методики анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$, рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{с.в} = |\Delta_{с.н}| = \Delta_c = 1,96 \sqrt{\frac{S_1^2}{L} + \frac{S_2^2}{L} + \frac{\Delta_{доб}^2}{3}} = 1,96 \sigma_c \quad (17)$$

Если отсутствует возможность проведения эксперимента в различных лабораториях и все данные от экспериментов получают в одной и той же лаборатории в условиях прецизионности внутрилабораторной (серии

результатов единичного анализа получают в разное время, разные операторы, используя разные партии реактивов одного типа, разные наборы мерной посуды и т.п.). Результаты единичного анализа внутри каждой серии получают в условиях повторяемости. В этом случае показатель правильности методики анализа (границы, в которых неисключенная систематическая погрешность методики анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$) рассчитывают по формуле

$$\Delta_{с.в} = |\Delta_{с.н}| = \Delta_c = 1,96 \sqrt{\frac{kS_{л1}^2}{L} + \frac{kS_{л2}^2}{L} + \frac{\Delta_{доб}^2}{3}} = 1,96\sigma_c, \quad (18)$$

где $S_{л1}$, $S_{л2}$ – выборочные СКО результатов анализа пробы без добавки и пробы с добавкой, рассчитанные в соответствии с 9.3.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1 на основе результатов, полученных в условиях внутрилабораторной прецизионности;

k – коэффициент, учитывающий условия проведения эксперимента. k может принимать значения от 1,2 до 2,0.

2.1.3 Оценка показателя точности методики анализа

Верхнюю (Δ_v) и нижнюю (Δ_n) границы, в которых погрешность результата анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$, рассчитывают по формуле:

$$\Delta_v = |\Delta_n| = \Delta = 1,96 \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_c^2} = 1,96\sigma(\Delta) \quad (19)$$

При незначимости Θ или при принятии решения о введении поправки в результат анализа.

В случае, если учет $\Theta(C)$ при вычислении показателя правильности методики анализа:

$$\Delta_{с.в(н)} = \Theta \pm 1,96\sigma_c \quad (20)$$

где $\Delta_{с.в(н)}$ – верхняя и нижняя границы, в которых систематическая погрешность методики анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$, не приводит к превышению приписанной характеристики погрешности результата анализа над нормой погрешности, поправку в результат на значение $\theta(C)$ можно не вносить.

В этом случае показатель точности методики анализа рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{в(н)} = \theta \pm 1,96\sigma(\Delta) \quad (21)$$

При необходимости по найденным для каждого из поддиапазонов измерений значениям Δ устанавливают функциональную зависимость Δ от содержания определяемого компонента для всего диапазона измерений с учетом рекомендаций 6.5. [2]

2.2 Метод с заранее известным значением

2.2.1 Оценка показателей прецизионности (повторяемости и воспроизводимости) исследуемой методики анализа

Оценка показателей повторяемости и воспроизводимости исследуемой методики анализа может быть проведена с использованием рабочих проб. Общие требования к организации эксперимента и методы оценки аналогичны рассмотренным в 6.1-6.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1.

Все пробы, которые будут принимать участие в проводимом эксперименте должны быть однородными и постоянными на протяжении всего эксперимента.

На основе установленной зависимости σ_R от содержания определяемого компонента с учетом 6.5.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1 диапазон измерений разбивают на поддиапазоны, в пределах которых можно принять постоянство σ_R .

2.2.2 Оценка показателя правильности методики анализа

Показатель правильности исследуемой методики анализа оценивают в каждом интервале (поддиапазоне) содержания определяемого компонента, для которого установлено постоянство показателей воспроизводимости исследуемой методики и методики сравнения.

Для оценки показателя правильности исследуемой методики в каждом поддиапазоне используют не менее одной пробы анализируемого вещества (материала) с содержанием определяемого компонента, соответствующим данному поддиапазону.

Организация проведения эксперимента по оценке показателя правильности исследуемой методики анализа должна быть осуществлена в соответствии с 6.1.11, 6.1.12 и приложением Г ГОСТ Р ИСО 5725-1.

В общем случае для каждого из m поддиапазонов в соответствии с требованиями исследуемой методики и методики сравнения получают по L результатов анализа, максимально варьируя при этом условия проведения анализа: разные лаборатории, разное время, разные операторы, разные наборы мерной посуды и т.п.

Анализ одной и той же пробы по исследуемой методике и методике сравнения проводят в одинаковых условиях, причем число L результатов анализа одной пробы, выполненных по исследуемой методике и методике сравнения, должно совпадать.

Число L результатов анализа выбирают в соответствии с приложением Г ГОСТ Р ИСО 5725-1 в зависимости от возможной неопределенности оценки систематической погрешности исследуемой методики анализа.

Если исследуемой методикой анализа и (или) методикой сравнения предусмотрено выполнение параллельных определений для получения результата анализа, то x_l и (или) x_l^c представляют собой результаты анализа, средние из результатов параллельных определений.

Полученные результаты представляют в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Результаты анализа рабочих проб, полученные по исследуемой методике и методике сравнения.

Номер результата анализа l	Результаты анализа по исследуемой методике x_l	Результаты анализа по методике сравнения x_l^c	θ_l
1	x_1	x_1^c	θ_1
...	...	...	...
l	x_l	x_l^c	θ_l
L	x_L	x_L^c	θ_L

Рассчитывают величины:

$$\theta_l = x_l - x_l^c, l = 1, \dots, L, \quad (22)$$

где x_l и x_l^c - результаты анализа проб, полученные по исследуемой методике и методике сравнения соответственно.

Полученные значения θ_l вносят в таблицу 4.

Рассчитывают СКО, характеризующее разброс результатов анализа, полученных по исследуемой методике и методике сравнения:

$$S^c = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^L (\theta_l - \theta)^2}{L-1}}, \quad (23)$$

$$\theta = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \theta_l. \quad (24)$$

Проверяют значимость расхождения результатов анализа, полученных по исследуемой методике и методике сравнения, по t-критерию. Для этого рассчитывают значение t:

$$t = \frac{|\theta|}{\sqrt{\frac{S^{c2}}{L} + \frac{\Delta_M^2}{(1,96)^2}}}, \quad (25)$$

где Δ_M – установленная характеристика погрешности результатов анализа, полученных при соблюдении требований и правил методики сравнения, и сравнивают полученное значение с $t_{табл}$ при числе степеней свободы $f = L - 1$ для доверительной вероятности $P = 0,95$. Значения $t_{табл}$ приведены в приложении Е, таблица Е.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1.

Если $t \leq t_{табл}$, то делают вывод о незначимости расхождения результатов анализа, выполняемых по обеим методикам. В этом случае принимают равным нулю.

Если $t > t_{табл}$, то делают вывод о значимости расхождения результатов анализа и для принятия решения о приемлемости методики анализа вводят еще один критерий: $|\theta| \leq \varepsilon \sigma_R$,

где ε может принимать значения от 0,5 до 1 в зависимости от используемых в методике метода, условий, средств измерений и т.п., а также характеристик объекта анализа.

При выполнении данного критерия может быть принято решение (с учетом примечания к 8.4.1) о введении в результаты анализа, получаемые при реализации данной методики, поправки на значение θ .

Если данный критерий не выполняется, принимают решение о доработке методики.

При незначимости θ или при принятом для методики анализа решении о введении в результаты анализа поправки показатель правильности методики анализа – верхнюю $\Delta_{с.в}$ и нижнюю $\Delta_{с.н}$ границы, в которых неисключенная систематическая погрешность методики анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$, рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{с.в} = |\Delta_{с.н}| = \Delta_c = 1,96 \sqrt{\frac{S^{c2}}{L} + \frac{\Delta_M^2}{(1,96)^2}} = 1,96 \sigma_c, \quad (26)$$

В случае невозможности организации эксперимента в разных лабораториях экспериментальные данные получают в одной лаборатории в условиях внутрिलाбораторной прецизионности (серии результатов единичного анализа получают в разное время, разные операторы, используя разные партии реактивов одного типа, разные наборы мерной посуды и т.п.). Результаты единичного анализа внутри каждой серии получают в условиях повторяемости. В этом случае показатель правильности методики анализа (границы, в которых неисключенная систематическая погрешность методики анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$) рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{c.в} = |\Delta_{c.н}| = \Delta_c = 1,96 \sqrt{\frac{kS_{\text{л}}^2}{L} + \frac{\Delta_M^2}{(1,96)^2}} = 1,96\sigma_c, \quad (27)$$

где $S_{\text{л}}^c$ – выборочное СКО результатов анализа, рассчитанное в соответствии с 8.3.4 и 8.3.5 ГОСТ Р ИСО 5725-1 на основе результатов, полученных в условиях внутрिलाбораторной прецизионности;

k – коэффициент, учитывающий условия проведения эксперимента. k может принимать значения от 1,2 до 2,0.

2.2.3 Оценка показателя точности методики анализа

Верхнюю и нижнюю границы, в которых погрешность результата единичного анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$, рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{\text{в}} = |\Delta_{\text{н}}| = \Delta = 1,96 \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_c^2} = 1,96\sigma(\Delta), \quad (28)$$

При незначимости θ или при принятии решения о введении поправки в результат анализа.

В случае, если учет $\theta(C)$ при вычислении показателя правильности методики анализа:

$$\Delta_{c.в(н)} = \theta \pm 1,96\sigma_c, \quad (29)$$

где $\Delta_{c.в(н)}$ – верхняя и нижняя границы, в которых систематическая погрешность методики анализа находится с принятой вероятностью $P = 0,95$, не приводит к превышению приписанной характеристики погрешности результата анализа над нормой погрешности, поправку в результат на значение $\theta(C)$ можно не вносить.

В этом случае показатель точности методики анализа рассчитывают по формуле:

$$\Delta_{\text{в(н)}} = \theta \pm 1,96\sigma(\Delta) \quad (30)$$

При необходимости по найденным для каждого из поддиапазонов значениям Δ устанавливают функциональную зависимость Δ от содержания

определяемого компонента для всего диапазона действия методики анализа с учетом рекомендаций 6.5 ГОСТ Р ИСО 5725-1.

2.3 Метод сбалансированного эксперимента с однородными уровнями

Распределение случайной погрешности результата анализа принимают нормальным.

Для проведения эксперимента необходимы образцы, таковыми могут являться пробы материала или препарата, при этом они не должны подвергаться изменению на протяжении всего эксперимента.

На основе модели, которая приведена в 5.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1, формируется приписанная характеристика погрешности результата проводимого анализа.

На основе результатов межлабораторного эксперимента, получает математическое ожидание, которое далее можно использовать, как опорное значение (3.22, перечисление Г ГОСТ Р ИСО 5725-1) при контроле показателей качества методики.

Показатель точности для используемой методики анализа определяют, опираясь на значение показателя воспроизводимости.

2.3.1 Оценка показателей прецизионности (повторяемости и воспроизводимости) методики анализа

Показатели воспроизводимости и повторяемости методики анализа могут быть определены с помощью ОО (по 11.1.2). Методы оценки и требования к условиям проведения эксперимента одинаковы с рассмотренными в 6.1-6.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1.

Определяют отношение σ_R к содержанию определяемого компонента, принимая во внимание 6.5.2 ГОСТ Р ИСО 5725-1. Если необходимо, то

диапазон измерений делят на поддиапазоны. В пределах этих поддиапазонов допустимо принимать постоянство σ_R .

2.3.2 Оценка показателя точности методики анализа

Формула расчета верхней и нижней границ, в пределах которой погрешность результатов анализа определяется с вероятностью 95%, выглядит следующим образом:

$$\Delta_B = |\Delta_H| = \Delta = 1,96\sigma_R \quad (31)$$

Данный метод оценки используется в том случае, когда применить другие методы из разделов 6-10, 12 ГОСТ Р ИСО 5725-1 не возможно.

Когда используется данный метод определения показателя точности методики анализа, следует иметь в виду единообразие измерений, но не единство измерений.

2.4 Перечень характеристик погрешности инструментальных методов анализа

Предел определения, правильность, селективность, точность, чувствительность и воспроизводимость являются самыми важными характеристиками физического или же физико-химического метода анализа.

При изменении концентрации вещества чувствительность может охарактеризовать и измерение аналитического сигнала.

Чувствительность метода определяется изменением величины сигнала при изменчивости концентрации. Коэффициент чувствительности случить количественной мерой чувствительности:

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta C}, \quad (32)$$

где S – численное значение tg (тангенса) угла наклона градуировочной прямой: $S = \operatorname{tg} \alpha$.

При использовании регистрирующих приборов вырастает чувствительность инструментальных методик анализа:

- для титриметрического метода: 10^{-1} %,
- для гравиметрического: 10^{-2} %,
- для фотометрических методов: 10^{-3} – 10^{-5} %,
- для современных инструментальных методов: 10^{-10} %.

Следующие факторы оказывают значительное влияние на чувствительность используемого метода.

1. Интенсивность аналитического сигнала. Высокая интенсивность измеряемого вещества влечет за собой и чувствительного самого метода.

Метод рефрактометрии обладает низкой чувствительностью, из-за преломления светового луча, которое является малоинтенсивным свойством. Следовательно, отсюда делаем вывод о том, что данный метод стоит использовать только в случае анализа концентрированных растворов.

Высокой же чувствительностью обладают абсорбционная и эмиссионная спектроскопия, методы, которые позволяют проводить измерение для определения микроконцентрации вещества в растворе.

2. Чувствительность детекторов сигнала в приборе. Высокая чувствительность метода зависит от высокой чувствительности детектора сигнала.

Предел определения обозначается $C_{min,P}$. Это минимальная концентрация, которая с доверительной вероятностью P рассчитывается следующим образом:

$$C_{min,P} = \frac{I_{min} - \bar{I}_{хол}}{S}, \quad (33)$$

где I_{min} – минимальное значение АС, измеряемое на данном приборе;

S – коэффициент чувствительности;

$\bar{I}_{хол}$ – среднее значение АС холостой пробы. [2]

$C_{min,P}$ в химических методиках анализа, как правило, превышает 10^{-3} %. В инструментальных же методиках анализа $C_{min,P}$ может быть находиться в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-10} %, зависимо от выбранного метода. Данный

диапазон предела определения сопоставим с содержанием вещества в пробе на уровне от 10^{-6} г до 10^{-15} г.

Такая характеристика, как точность, включает в себя понятия воспроизводимость и правильность.

Точность характеризуется ошибкой (относительной погрешностью) определения. Как правило, методы, являющиеся более чувствительными, обладают меньшей точностью, потому что они используются при крайне малых концентрациях. И, как следствие, точность химических методов анализа (менее чувствительный метод) составляет 0,1 – 0,5 %, в то время как точность инструментальных методов (более чувствительный метод) в среднем будет равна 2 – 5 %.

Термин правильность также можно охарактеризовать, как близость истинного и полученного значения аналитического сигнала (рисунок 1).

В таких случаях систематическая погрешность является количественной мерой правильности.

Добавочным источником систематической погрешности в инструментальных методах, в отличие от химических, является факт использования приборов.

Воспроизводимость выявляет случайные ошибки измерения, кроме того отражает степень разброса повторных измерений (рисунок 1).

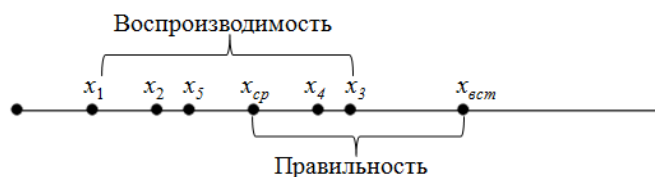


Рис. 1. Правильность и воспроизводимость анализа

Стабильность работы приборов, в инструментальных методах, значительно влияет на воспроизводимость результатов, в отличие от химических методов анализа.

Избирательность или же селективность дает возможность определять концентрацию искомого компонента без помех, которые могут исходить от других используемых компонентов в пробе.

Разную селективность имеют разные инструментальные методы анализа. К примеру, селективным методом будет являться фотометрия пламени, а неселективным - рефрактометрия, так как рефрактометрию используют только в тех случаях, когда необходимо проанализировать индивидуальные вещества или же совсем простые смеси, которые бы состояли не более чем из 2-3 компонентов.

3 Анализ методик экспериментального определения характеристик погрешности

Использование метода добавок обычно необходимо в тех случаях, когда так проба, которую мы анализируем, содержит достаточно большое количество инородных компонентов, кроме того, который нужно определить. При использовании данного метода в первую очередь необходимо измерить интенсивность аналитического сигнала пробы, после этого уже в саму пробу добавляют известный заранее объем стандартного раствора до определенной концентрации $C_{ст}$, далее снова производят замер полученного интенсивности сигнала.

Цифровой цветометрический анализатор для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения ЦЦА 2.1 используется для измерения физико-химических величин. Данное устройство предназначено для измерения массовой концентрации элементов и веществ, которые обладают тем или иным цветом или же образуют некие цветные соединения.

Для проведения эксперимента необходимо придерживаться следующего алгоритма действий.

За основу берем стандартный образец, добавляем в него дистиллированную воду. Кроме того необходимо использовать пластинки и прибор ЦЦА 2.1 для определения RGB и dE_{rgb} .

Полученные данные записываем в таблицу 5.

Таблица 5– Определение цветовых координат RGB.

C, мг/л	R	G	B	dE_{rgb}
0	255	217	0	0
0,05	255	208	31	32,2
0,1	243	205	82	54,6
0,25	176	171	82	122,8
0,5	119	152	110	186,6

Строим график для наглядного представления. В настройках при построении графика указываем необходимость указания уравнения на графике, а также помещаем величину достоверности аппроксимации (R^2), и указываем вид аппроксимации (линейная или полиномиальная), в нашем случае линейная. Значение величины достоверности аппроксимации должно стремиться к единице. В данном случае $R^2 = 0,9969$.

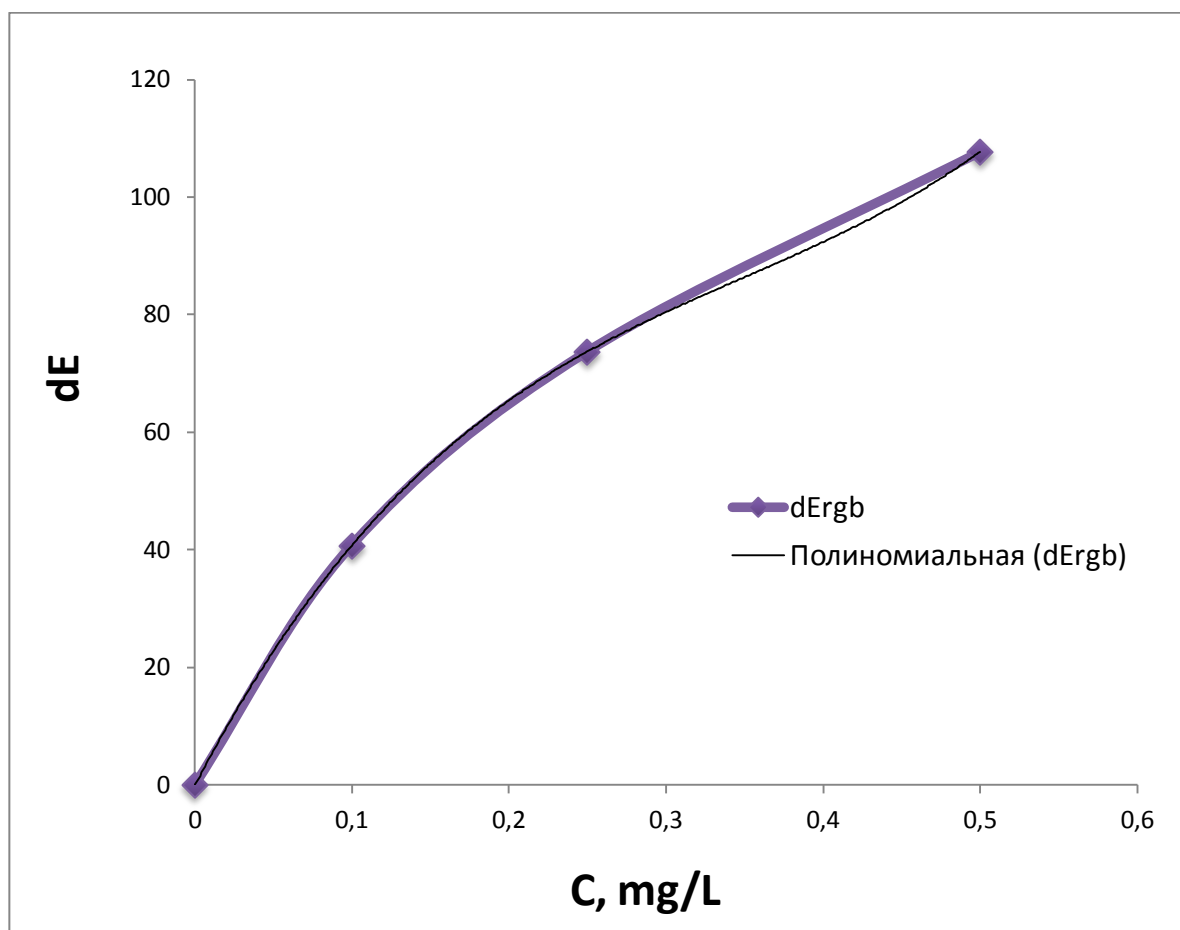


Рис. 2 – Калибровочная прямая

Далее производим четыре параллельных измерения с определенными добавками, и находим корни C_1, C_2 для полученного уравнения:

$$y = -549,6x^2 + 620,4x, \quad (34)$$

и рассчитываем среднее значение, СКО, доверительный интервал и относительное СКО, по формулам представленным по разделу 2.

Исходя из полученных результатов заполняем таблицу 6 и таблицу 7.

Таблица 6 – Результаты измерения с добавкой 0,08 мг/л

C, мг/л	R	G	B	dE_{rgb}	C1	C2
1	243	203	39	40	1,2	0,08
2	249	208	47	50	1,2	0,07
3	248	203	39	40	1,2	0,06
4	241	202	42	50	1,2	0,08

Таблица 6.1 – Результаты расчетов корней уравнения (34) для добавки 0,08 мг/л

Концентрация	Ср.знач.	СКО	Доверительный интервал	Относительное СКО
C1	1,2	0,005	0,01	0,005
C2	0,08	0,005	0,01	0,07

Таблица 7 – Результаты измерения с добавкой 0,3 мг/л

C, мг/л	R	G	B	dE_{rgb}	C1	C2
1	169	169	112	150	1	0,2
2	179	172	115	140	1	0,3
3	169	174	123	160	0,8	0,4
4	177	177	119	150	1	0,2

Таблица 7.1 – Результаты расчетов корней уравнения (78) для добавки 0,3 мг/л

Концентрация	Ср.знач.	СКО	Доверительный интервал	Относительное СКО
C1	0,8	0,02	0,03	0,02
C2	0,3	0,02	0,03	0,05

Отсюда делаем вывод, что из корней C1 и C2, принимаем как результирующий C2, так как наш диапазон до 0,5.

Исходя из полученных результатов, производим расчет характеристик погрешности для результатов измерений с добавкой 0,08 мг/л в таблице 8, и для добавки 0,3 в таблице 9.

Таблица 8 – Расчет характеристик погрешности для результатов измерений с добавкой 0,08 мг/л

Характеристика	Обозначение	Расчетная формула	Числовое значение
Оценка математического ожидания	Θ	Формула (15)	–0,001
Дисперсия, характеризующая разброс ср. арифм.	S_m^2	Формула (13)	3
Погрешность аттестованного значения образца	Δ_{om}	Формула (19)	0,00008
Значение t критерия	t_m	Формула (16)	0,5
Верхняя граница	$\Delta_{с. в. м.}$	Формула (17)	0,005
Оценка показателя точности	$\Delta_{в. н.}$	Формула (21)	0,005

Таблица 9 – Расчет характеристик погрешности для результатов измерений с добавкой 0,3 мг/л

Характеристика	Обозначение	Расчетная формула	Числовое значение
Оценка математического ожидания	Θ	Формула (15)	0,03
Дисперсия, характеризующая разброс ср. арифм.	S_m^2	Формула (13)	0,0003
Погрешность аттестованного значения образца	Δ_{om}	Формула (19)	0,0003
Значение t критерия	t_m	Формула (16)	4
Верхняя граница	$\Delta_{с. в. м.}$	Формула (17)	0,02
Оценка показателя точности	$\Delta_{в. н.}$	Формула (21)	0,02

Рассмотренная методика расчета цифрового цветометрического анализа состава веществ может быть использована как типовая методика для расчетов цветометрических аналитических методов.

4 Социальная ответственность

В выпускной квалификационной работе рассматриваются метрологические характеристики физико-химических измерений. Кроме того, огромное внимание уделяется анализу методов расчета и их унификации. Определяется классификация и перечень основных метрологических характеристик физико-химических измерений. По итогу выполнения работы должны получить пример расчета метрологических характеристик одного из представленных методов.

При работе с данной разработкой вся работа должна осуществляться с использованием компьютера. Работа с компьютером вызывает значительное умственное напряжение и нагрузку пользователя, высокую напряженность зрительной работы и является причиной достаточно ощутимой нагрузки на мышцы рук при длительной работе с мышью и клавиатурой. Для оптимального поддержания рабочей позы пользователя необходимо рациональное расположение требуемых элементов и рациональная конструкция рабочего места. Также при работе с компьютером необходимо рационально распределять время на работу и отдых. При несоблюдении правильного режима возможны проявления болезненных ощущений, усталости, нервного напряжения и т.п.

Для обеспечения безопасности работников, общества и окружающей среды был разработан комплекс мероприятий режимного, технического, правового и организационного характера, благодаря которому можно минимизировать негативные последствия проектируемой деятельности.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 [8] по интенсивности энерготрат работа за компьютером относится к категории Ia, т.е. такая работа не подразумевает значительных физических напряжений и производится сидя.

Таким образом, основным инструментом, использовавшимся в работе для достижения поставленных целей, является персональный компьютер. Описанные работы проходили в помещении.

4.1 Анализ выявленных вредных факторов рабочего помещения

4.1.1 Повышенная или пониженная влажность воздуха

Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды данных помещений, который определяется совместно действующими на организм человека температурой, относительной влажностью и скоростью движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей.

Нормативные требования к отдельным показателям микроклимата, их сочетаниям, разработанные на основе изучения теплообмена и теплового состояния человека в микроклиматических камерах и в производственных условиях, а также на основе клинических и эпидемиологических исследований, изложены в СанПиН 2.2.4.548—96. [9]

В таблице 10 приведены оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях для категории работ Ia СанПиН 2.2.4.548—96.

Таблица 10 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ Ia (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	60-40	не более 0,1
Теплый	23-25	22-26	60-40	не более 0,1

Таблица 11 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Теплый	21,0-22,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,2
Холодный	20,0-21,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,1

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Это такие мероприятия, как:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими;
- применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадания их в рабочую зону;
- установка систем вентиляции, кондиционирования, отопления.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления.

По степени физической тяжести работа метролога относится к категории лёгких работ.

4.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Производственное освещение является неотъемлемым элементом условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы.

4.1.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Производственный шум представляет собой волнообразное, постоянно меняющееся движение звуковых волн, различных по высоте, интенсивности, силе и продолжительности. Источниками шума в производственных помещениях и на открытых площадках являются работающие машины и механизмы. Шум может вызвать общее и слуховое утомление, способствующее возникновению несчастных случаев. Кроме непосредственного воздействия на орган слуха, шум влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Характерными являются жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, апатию, ослабление памяти, бессонницу.

Уровень громкости шума измеряют в децибелах. Шум, превышающий 50 дБ, вызывает снижение работоспособности. Болезненные явления у человека начинаются при воздействии на него шума, громкость которого выше 74 дБ.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». [10]

Помещения, в которых для работы используются ПК не должны граничить с помещениями, в которых уровни шума превышают нормируемые значения. В помещениях, оборудованных ПК, при выполнении основной работы на ПК уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБА.[9]

Мерами, позволяющими бороться с шумами на производстве, являются правильный монтаж оборудования, замена и совершенствование отдельных его частей, вызывающих шум. Защита от шума достигается разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты.

Основным источником шума являются персональные компьютеры и периферийные устройства (мониторы, принтеры и сканеры). К дополнительным источником шума можно отнести работающие светильники люминесцентных ламп.

4.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека. Для людей, использующих в своей работе автоматизированные информационные системы на основе персональных компьютеров, основным источником ионизирующего излучения являются мониторы, особенно дисплеи с электронно-лучевыми трубками. Влияние ионизирующего излучения на организм человека может приводить к торможению функций кроветворных органов, снижению сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям, нарушению нормальной свертываемости крови и другим неблагоприятным последствиям.

Для снижения вредного воздействия на работника законодательство установлены определенные нормы и требования к персональному компьютеру и рабочему месту пользователя. Основным требованием в СанПиН 2.2.2.542-96 [10]. Конструкция монитора должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса монитора при любых положениях регулирующих устройств и не должна превышать $7,74 \cdot 10 \text{ А/кТ}$, что соответствует эквивалентной дозе, равной 0,1 мбэр/час (100 мкр/час).

В таблице 12 представлены предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах. [11]

Таблица 12 – Предельно-допустимые уровни напряженности на рабочих местах

Время воздействия за рабочий день, мин	Условия воздействия			
	общее		локальное	
	ПДУ напряженности кА/м	ПДУ магнитной индукции мТл	ПДУ напряженности кА/м	ПДУ магнитной индукции мТл
0 - 10	24	30	40	50
11 - 60	16	20	24	30
61 - 480	8	10	12	15

Для понижения уровня напряженности электромагнитного поля следует использовать мониторы с пониженным уровнем излучения, устанавливать защитные экраны, устранять неисправности. А для профилактики компьютерного зрительного синдрома, улучшения визуальных показателей видеомониторов, повышения работоспособности, снижения зрительного утомления возможно применение защитных очков со спектральными фильтрами, разрешенных Минздравом России для работы с персональным компьютером.

4.2 Анализ выявленных опасных факторов рабочего помещения

4.2.1 Электрический ток

Электронасыщенность современного производства формирует электрическую опасность, источником которой могут быть электрические сети, электрифицированное оборудование и инструмент, вычислительная и организационная техника, работающая на электричестве. Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Электрические установки, к которым относятся и персональные компьютеры, представляют для человека потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться комплектующих, находящихся под напряжением.

Согласно [8], работа велась в помещении без повышенной опасности, так как оно не характеризовалось наличием признаков повышенной опасности поражения электрическим током.

В рабочем помещении установлены приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50Гц, что является потенциально опасным. Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства:

- защитные оболочки;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляция рабочего места;
- защитное отключение;
- предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности;
- заземление корпусов устройств. [12]

Перед началом работы необходимо убедиться, что выключатели и розетка закреплены и не имеют оголённых токоведущих частей, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры. К организационно-техническим мероприятиям защиты можно отнести инструктаж по технике безопасности.

4.2.2 Пожарная безопасность

Пожар – неконтролируемое горение, приводящее к ущербу и возможным человеческим жертвам. Опасными факторами пожара, воздействующими на людей, являются:

- открытый огонь;
- искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения, дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Основными причинами пожаров от электрического тока является короткое замыкание, перегрузки электрических установок, переходные сопротивления и искрения. Причинами короткого замыкания могут неправильный выбор сечения и марки кабелей приводов, износ и различные механические повреждения изоляций. Перегрузка электрических цепей вызывает нагрев электрических установок, снижение диэлектрических свойств

изоляции и ее воспламенение. Большие переходные сопротивления вызывают нарушения диэлектрических свойств изоляции и ее возгорание.

Согласно СНиП 21-01-97 [13], По пожарной безопасности данное производство 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.

Пожарная безопасность должна обеспечиваться:

- системой предотвращения пожара;
- системой противопожарной защиты;
- организационно-техническими мероприятиями.

Систему предотвращения пожара составляет комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключение возможности возникновения пожара. Для предупреждения возникновения пожаров необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- предотвращать образования горючей среды (применение негорючих материалов);
- не допускать образования источника зажигания (электрооборудование соответствующего исполнения);
- ограничивать массу горючих веществ в помещении.

Систему противопожарной защиты составляет комплекс организационных и технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материального ущерба от него. К системе противопожарной защиты относятся такие мероприятия, как:

- применение строительных конструкций с нормируемым пределом огнестойкости;
- организация пожарной сигнализации;

- использование установок автоматического пожаротушения:
 - спринклерных и дренчерных;
- организация правильной эвакуации людей - необходимо установить размеры и количество эвакуационных выходов и время эвакуации;
- установка системы противодымной защиты (специальные люки или вентиляция).

Рабочие и служащие, вновь принятые на работу, могут быть допущены на работу только после прохождения первичного противопожарного инструктажа. Первичный противопожарный инструктаж проводят по направлению отдела кадров предприятия, а лицо, производившее этот инструктаж, делает об этом отметку на направлении и записывает в журнал фамилию, инициалы и другие данные работника, проходившего инструктаж и принимаемого на работу. Первичный инструктаж проводят в индивидуальном или групповом порядке в течение одного часа.

В рабочем помещении находится порошковый огнетушитель типа ОУ–2, установлен рубильник, обесточивающий все помещение, в коридоре имеется план эвакуации в случае пожара.

4.3 Экологическая безопасность

В общем случае под охраной окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями влияющие на следующие природные зоны:

- селитебная зона;
- атмосфера;
- гидросфера;
- литосфера.

Важнейшим элементом города является его селитебная территория — зона размещения жилой застройки, общественных центров и зон отдыха населения. При размещении зданий, строений, сооружений и иных объектов должно быть обеспечено выполнение требований в области охраны

окружающей среды, восстановления природной среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, обеспечения экологической безопасности с учетом ближайших и отдаленных экологических, экономических, демографических и иных последствий эксплуатации указанных объектов и соблюдением приоритета сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов.

Анализ воздействия данного предприятия на литосферу сводится к выбросу бытового мусора. Работа человека на персональном компьютере не оказывает заметного негативного воздействия на окружающую среду. Однако к числу источников опасности и негативного воздействия на окружающую среду можно отнести ртутные лампы, отработанные люминесцентные ртутьсодержащие трубки, обладающее свойством токсичности. Эксплуатация люминесцентных ламп требует осторожности и четкого выполнения инструкции по обращению с данным отходом. Опасное вещество ртуть содержится в лампе в газообразном состоянии. Вдыхание паров ртути может привести к тяжелому повреждению здоровья. При перегорании ртутьсодержащей лампы её замену осуществляет лицо, ответственное за сбор и хранение ламп (обученное по электробезопасности и правилам обращения с отходом). Отработанные люминесцентные лампы сдаются только на полигон токсичных отходов для меркуризации и захоронения. Запрещается сваливать отработанные люминесцентные лампы с мусором.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при работе в данном учреждении, классифицируются на:

- преднамеренные/ непреднамеренные;

- техногенные: взрывы, пожары, обрушение помещений, аварии на системах жизнеобеспечения/природные – связанные проявлением стихийных сил природы.
- экологические – это аномальные изменения состояния природной среды, такие как загрязнения биосферы, разрушение озонового слоя, кислотные дожди/ антропогенные – являются следствием ошибочных действий людей.
- биологические – различные эпидемии, эпизоотии, эпифитотии;
- комбинированные.

По скорости развития чрезвычайные ситуации могут быть: взрывные, внезапные, скоротечные, плавные. По масштабам распространения последствий: локальные, местные, территориальные. По возможности предотвращения: неизбежные (например, природные) и предотвращаемые (например, техногенные, социальные).

В данном случае в рабочем помещении могут возникать чрезвычайные ситуации (ЧС) следующего характера:

- техногенные;
- экологические;
- природные.

Наиболее типичной ЧС для нашего объекта является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д.

Для того что бы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности.

В случае возникновения ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из офисного помещения в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования к организации рабочих мест пользователей:

- Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;^[14]
- Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120см;
- На рисунке 3 схематично представлены требования к рабочему месту

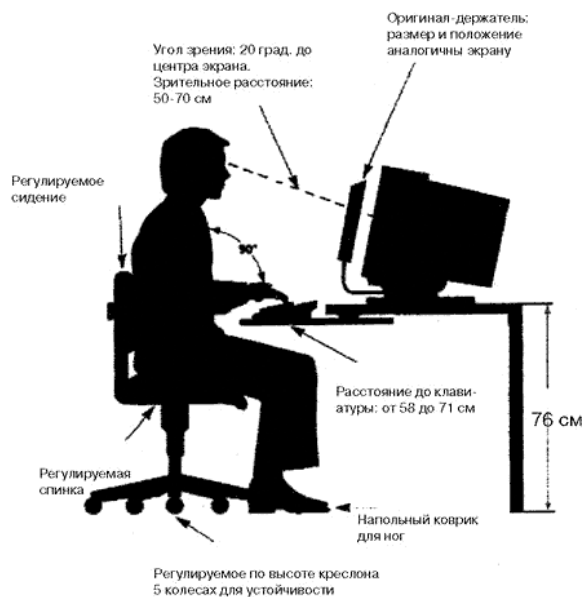


Рисунок 3 – Организация рабочего места

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- обеденный перерыв не менее 40 минут.

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ВКР включает в себя лишь аналитический обзор методик расчета метрологических характеристик физико-химических величин, а также использование одного метода на конкретном примере. Следовательно, исследования, проведенные в рамках написания дипломной работы, не несут в себе особых денежных затрат.

Таким образом, в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» будут рассмотрены лишь некоторые вопросы. Будут определены:

- 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 полного анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. В зависимости от категории потребителей необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Есть большая вероятность, что разработкой данной работы заинтересуется коммерческая организация, именно поэтому критериями сегментирования для нее будет ее месторасположение, отрасль, выпускаемая продукция и размер компании. Из выявленных критериев выбираем два наиболее значимых для рынка, и на их основании строим карту сегментирования рынка (рис.4).

		Отрасль			
		Пищевая	Нефтега- зовая	Прибор- но- строите- льная	Научно- исследо- вательс- кая
Размер компаний	Крупны е				
	Средни е				
	Мелкие				

Рис.4- Карта сегментирования рынка услуг.

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Выбирают, как правило, два-три сегмента, на которые и направляют максимальные усилия и ресурсы предприятия. Как правило, выбирают сегменты со сходными характеристиками, которые будут формировать целевой рынок.

По итогам сегментирования определили основные сегменты рынка, далее необходимо выбрать те сегменты, на которые будем ориентироваться в будущем.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;

- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

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, пример которой приведен в таблице 13. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 13 – 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. Повышение производительности труда пользователя	0,20	5	2	3	1	0,4	0,6
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,10	5	3	3	0,5	0,3	0,3
3. Помехоустойчивость	0,10	1	2	3	0,1	0,2	0,3
4. Энергоэкономичность	0,01	5	4	3	0,05	0,04	0,03
5. Надежность	0,10	5	3	4	0,5	0,3	0,4
6. Уровень шума	0,01	1	5	5	0,01	0,05	0,05
7. Безопасность	0,01	1	4	3	0,01	0,04	0,03
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	1	2	2	0,04	0,08	0,08
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	1	3	2	0,04	0,12	0,08
10. Простота эксплуатации	0,04	5	1	2	0,20	0,04	0,08
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	5	2	2	0,15	0,06	0,06
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,04	1	3	1	0,04	0,12	0,04
Экономические критерии оценки эффективности							

1. Конкурентоспособность продукта	0,02	5	5	2	0,10	0,10	0,04
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
3. Цена	0,03	4	5	1	0,12	0,15	0,03
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	5	5	2	0,30	0,30	0,12
5. Послепродажное обслуживание	0,04	4	5	4	0,16	0,20	0,16
6. Финансирование научной разработки	0,03	2	4	5	0,06	0,12	0,15
7. Срок выхода на рынок	0,01	4	2	5	0,04	0,02	0,05
8. Наличие сертификации разработки	0,04	4	2	5	0,16	0,08	0,20
Итого	1	68	66	60	3,74	2,88	2,92

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (35)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Главным преимуществом перед конкурентами будет являться параметр сокращения времени на поиски, а следовательно, повышение производительности труда пользователя. Соответственно и увеличение прибыли от качества и количества работы. Также плюсом будет являться удобство в эксплуатации, так как вся терминология будет уже унифицирована, и все методы проанализированы.

5.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QQualityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений, описанных в разделе 1.2.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) *Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:*

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) *Показатели оценки качества разработки:*

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его

технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме (таблица 14).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по столбальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,10	90	100	0,3	0,09
2. Помехоустойчивость	0,01	90	100	0,2	0,009
3. Надежность	0,01	80	100	0,1	0,008
4. Унифицированность	0,20	90	100	0,9	0,18
5. Уровень материалоемкости разработки	0,01	90	100	0,9	0,009
6. Уровень шума	0,01	85	100	0,1	0,0085
7. Безопасность	0,01	89	100	0,1	0,0089
8. Потребность в ресурсах памяти	0,20	80	100	0,3	0,16
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,02	98	100	0,4	0,0196
10. Простота эксплуатации	0,10	90	100	0,9	0,09
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,10	80	100	0,9	0,080
12. Ремонтопригодность	0,02	90	100	0,2	0,018
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,04	70	100	0,7	0,028
14. Уровень проникновения на рынок	0,03	80	100	0,8	0,024
15. Перспективность рынка	0,04	75	100	0,75	0,03
16. Цена	0,03	83	100	0,83	0,0249
17. Послепродажное	0,03	57	100	0,57	0,0171

обслуживание					
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,02	90	100	0,9	0,018
19. Срок выхода на рынок	0,01	79	100	0,79	0,0079
20. Наличие сертификации разработки	0,01	94	100	0,94	0,0094
Итого	1	1148		11,48	16,8

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot Б_i, \quad (36)$$

где $П_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$Б_i$ – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $П_{\text{ср}} = 168$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $П_{\text{ср}}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая. Делаем вывод, что разработка считается перспективной.

5.4 SWOT- анализ

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

Таблица 15 – Результаты первого этапа SWOT-анализа.

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Унификация терминологии	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки
--	--	--

	С2. Сокращение времени работы С3. Наличие бюджетного финансирования. С4. Квалифицированный персонал. ...	Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой ...
Возможности: В1. Использование сотрудниками ТПУ В2. Использование сотрудниками ЦСМ и различных метрологических центров В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Повышение стоимости конкурентных разработок ...		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT[]. Возможно использование этой

матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	0	0
	B2	+	0	+	-
	B3	-	-	+	-
	B4	+	-	0	+
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2		
	B1	-	+		
	B2	+	+		
	B3	-	-		
	B4	+	-		
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	-	-
	B2	+	+	-	+
	B3	0	+	+	-
	B4	+	-	0	+
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	0	0
	B2	0	-	-	-
	B3	+	0	+	-
	B4	-	+	+	0

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 17).

Таблица 17- Итоговая SWOT-таблица

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Унификация терминологии С2. Сокращение времени работы С3. Наличие бюджетного финансирования. С4. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой
--	--	---

	...	...
Возможности: В1. Использование сотрудниками ТПУ В2. Использование сотрудниками ЦСМ и различных метрологических центров В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт В4. Повышение стоимости конкурентных разработок ...	B1C2; B2C1C3; B3C3; B4C1C4.	B1C2;B2C1C2;B4C1
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства ...	B1C1C2; B2C1C2C4; B3C2C3; B4C1C4	B1C2;B3C1C3;B4C2C3

5.5 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 18.

Таблица 18 – 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	НР, С
Основные этапы	Номер работы	Содержание работ	Исполнитель
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
	10	Изучение альтернатив	С

5.6 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 $t_{ожі}$ рассчитывали по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (37)$$

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

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

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость заданной -ой работы, чел.-дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (38)$$

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

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

5.7 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 -ой работы в календарных днях T_{Ki} рассчитывается по формуле:

$$T_{Ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (39)$$

где $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (40)$$

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

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

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

В соответствии с производственным календарем на 2016 год праздничных дней – 14, выходных дней при шестидневной рабочей неделе – 59. Таким образом, получили значение $k_{\text{кал}} = 1,25$.

Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 19.

Таблица 19 – 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.	$t_{ож}$, чел.-дн.		
1	НР	1	2	1,4	1,4	2
2	С	7	9	7,8	7,8	10
3	НР	5	6	5,4	5,4	7
	С	5	6	5,4	5,4	7
4	НР	4	6	4,8	4,8	6
	С	4	6	4,8	4,8	6
5	С	20	25	22	22	28
6	С	14	16	14,8	14,8	19
7	С	6	9	7,8	7,8	10
8	С	1	3	1,8	1,8	2
9	НР	2	3	2,4	2,4	3
	С	4	5	4,4	4,4	6
10	С	10	12	10,8	10,8	14

На основании таблицы 19 был построен календарный план-график. Данный график строится для наибольшего по длительности исполнения работ в рамках исследовательской работы на основании таблицы 20 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 20 – Календарный план-график

Номер работы	Исполнители	T_{Ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ										
			Февраль		Март			Апрель			Май		
	НР												

Продолжение таблицы 8

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	
2	С	10												
3	НР	7												
	С	7												
4	НР	6												
	С	6												
5	С	28												
6	С	19												
7	С	10												
8	С	2												
9	НР	3												
	С	6												
10	С	14												

5.8 Определение бюджета научно-технического исследования

Планируя бюджет научно-технического исследования (НТИ), необходимо обеспечить достоверное и полное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Для определения бюджета НТИ в рамках выполнения ВКР с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работ 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.

5.8.1 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.

Т.к. исследование в рамках выполнения ВКР включает в себя лишь аналитический обзор, а также использование определенного метода на конкретном примере, то оно предусматривает затраты лишь на канцелярские принадлежности. А именно, в ходе выполнения работы была приобретена пачка бумаги формата А4 и заправлен картридж для принтера.

Материальные затраты Z_M на i -й материальный ресурс рассчитывается по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m (C_i \cdot N_{расхi}), \quad (41)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

m – количество видов материальных ресурсов, используемых для выполнения научного исследования;

C_i – цена на приобретение -го вида приобретаемого материального ресурса;

$N_{расхi}$ – количество материального ресурса -го вида, которое планируется для использования при выполнении научного исследования.

Значения цен были взяты на основании чеков после приобретения соответствующего вида продукции.

После проведения расчетов материальных затрат результаты занесли в таблицу 21.

Таблица 21 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы $З_M$, руб.
Заправка картриджа	шт.	1	250	250
Пачка бумаги формата А4	шт.	1	200	200
Итого			450	450

В ходе научно-технического исследования у приобретенных видов продукции не было остатков, следовательно, не нужно исключать стоимость возвратных отходов.

5.8.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

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

Заработная плата участников выполнения НТИ учитывает как основную заработную плату, так и дополнительную и рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (42)$$

где $З_{осн}$ – величина основной заработной платы;

$Z_{\text{доп}}$ – величины дополнительной заработной платы, принятая за 15 % от основной заработной платы.

В свою очередь основная заработная плата одного исполнителя от предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (43)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, которые выполняются исполнителем.

Среднедневная заработная плата $Z_{\text{дн}}$ определяется по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (44)$$

где Z_m – месячный должностной оклад, руб.;

M – количество месяцев работы исполнителя без отпуска за период года: при шестидневной рабочей неделе и отпуске в 48 рабочих дней значение M составляет 10,4 месяца;

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

Для расчета действительного годового фонда рабочего времени была заполнена таблица 22.

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	С
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни;	59	59
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
- отпуск;	48	48
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	244	244

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (45)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 30 % от заработной платы по тарифной ставке;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, принятый за 20 % от заработной платы по тарифной ставке;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, для Томска принятый за 1,3.

В свою очередь тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{тс}} = T_{\text{сi}} \cdot k_{\text{т}}, \quad (46)$$

где $T_{\text{сi}}$ – тарифная ставка работника первого разряда, равная 600 руб.;

$k_{\text{т}}$ – тарифный коэффициент, учитываемый по единой тарифной сетке для бюджетных организаций: для НР $k_{\text{т(НР)}}$ принимается равным 2,047; для С $k_{\text{т(С)}}$ – 1,407.

По результатам расчетов была заполнена таблица 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{т}}$	$З_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
НР	2,047	1228,20	0,3	0,2	1,3	2394,99	1413,50	14	19789,00
С	1,407	844,20	0,3	0,2	1,3	1646,19	310,86	80	24868,80
Итого									44657,80

5.8.3 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей темы

Дополнительная заработная плата учитывает величину доплат за отклонения от нормальных условий труда, предусмотренных Трудовым кодексом Российской Федерации, а также выплаты, связанные с обеспечением компенсаций и гарантий.

Дополнительная заработная плата $З_{\text{доп}}$ рассчитывается по формуле:

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

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

В результате получили следующие значения:

$$З_{\text{доп(НР)}} = 2968,35;$$

$$З_{\text{доп(С)}} = 3730,32.$$

5.8.4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Данная статья расходов отражает обязательные отчисления по нормам, установленным законодательством Российской Федерации, органам пенсионного фонда, государственного социального страхования, медицинского страхования, а также затраты на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные фонды $З_{\text{внеб}}$ рассчитывается по формуле:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент уплаты во внебюджетные фонды, принятый равным 27,1 % для учреждений, осуществляющих научную деятельность.

Величина отчислений во внебюджетные фонды представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб	$k_{\text{внеб}}$	$З_{\text{внеб}}$, руб
НР	19789,00	2968,35	0,271	6167,24
С	24868,80	3730,32	0,271	7750,14
Итого	44657,80	6716,67	-	13917,38

5.8.5 Расчет накладных расходов

В накладные расходы должны быть включены те затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, услуг связи, размножение материалов, печать и ксерокопирование материалов и т.д.

Накладные расходы $З_{\text{накл}}$ рассчитываются по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (49)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, взятый в размере 16 %.

Получили следующие значения:

$$З_{\text{накл(НР)}} = 4627,93;$$

$$З_{\text{накл(С)}} = 5815,88.$$

5.8.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Полученная в результате величина затрат на научно-исследовательскую работу является базой для формирования бюджета затрат на проект. Определение бюджета затрат на НТИ представлено в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Номер пункта
	НР	С	
Материальные затраты НТИ	-	450,00	5.4.1
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	19789,00	24868,80	5.4.2
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2968,35	3730,32	5.4.3
Отчисления во внебюджетные фонды	6167,24	7750,14	5.4.4
Накладные расходы	4627,93	5815,88	5.4.5
Бюджет затрат НТИ	33552,52	42615,14	Сумма статей с 5.4.1 по 5.4.5

5.9 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 как:

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

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).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{3730,32}{42615,14} = 0,087$$

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

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

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

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 – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 26).

Таблица 26- Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Способствует росту производительности труда	0,1	5	4	5

пользователя				
2. Удобство в эксплуатации (соответствует потребителям)	0,15	5	2	2
3. Помехоустойчивость	0,15	5	2	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,25	5	2	2
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 5*0,1 + 5*0,15 + 5*0,15 + 4*0,2 + 5*0,25 + 5*0,05 + 4*0,01 = 4,34;$$

$$I_{p-исп2} = 4*0,1 + 2*0,15 + 2*0,15 + 3*0,2 + 2*0,25 + 4*0,05 + 4*0,1 = 2,7;$$

$$I_{p-исп3} = 5*0,1 + 2*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 2*0,25 + 4*0,05 + 4*0,1 = 2,95.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \text{ и т.д.} \quad (52)$$

$$I_{исп1} = 49,8; I_{исп2} = 31,03; I_{исп3} = 33,9.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.таблица 27) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (53)$$

Таблица 27- Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	0,61	0,72
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,34	2,7	2,95
3	Интегральный показатель эффективности	49,8	31,03	33,9
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,60	0,91	1,09

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной

в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Следует сделать вывод, что исследуемый метод экономически эффективен и смело можно продолжать работы в данной сфере.

Заключение

В ходе работы был проведен сравнительный анализ методик расчета характеристик погрешности результатов измерений физико-химических и физических величин. Выявлены одинаковые по сути характеристики погрешности, имеющие разные названия в области измерений физико-химических и физических величин. Определены характеристики погрешности, присущие только измерениям физико-химических величин, а также методики расчета этих характеристик.

Выявлены особенности расчета показателей точности физико-химических величин, рассчитаны характеристики результатов измерений массовой концентрации кобальта цифровым цветометрическим методом. Эксперимент проводился с использованием разработанного на кафедре компьютерных измерительных систем и метрологии цифрового цветометрического анализатора ЦЦА 2.1, предназначенного для измерения массовой концентрации элементов и веществ, обладающих цветом или образующих цветные соединения.

Прибор создан при выполнении гранта Российского научного фонда № 14-19-00926.

Список использованных источников

- 1 ГОСТ Р 8.563-2009 Методики (методы) измерений. – М.: Стандартиформ, 2011. –16с.
- 2 ГОСТ Р ИСО 5725-1 Точность (Правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Основные положения и определения. – М: Госстандарт России, 2002.- 23с.
- 3 РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. – М: ИПКИЗдательство стандартов,2003. - 32с.
- 4 МИ 1317-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты измерений и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров. – М: Стандартиформ, 2004. – 10с.
- 5 A. Lloyd, G. Svehla, IUPAC// Nomenclature for the presentation of results of chemical analysis, London, 1994.
- 6 C. McDonagh, C.S. Burke and B.D. McCraith, Optical chemical sensor // Chemical Reviews, vol. 108, no. 2, pp. 400-422, 2008.
- 7 N. Kaur, S. Kumar, Colorimetric metal ion sensor // Tetrahedron, vol. 67, pp. 9233-9264, 2011.
- 8 Международный стандарт ICCSR26000: 2011 Социальная ответственность организации. Требования.
- 9 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

- 10 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
- 11 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.– Взамен ГОСТ 12.1.005-76; введ. 1989-01-01. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1989.
- 12 СанПиН 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003.
- 13 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – 1995
- 14 ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1983.
- 15 СНиП 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1996.
- 16 СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1996.
- 17 СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003.
- 18 ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1979.
- 19 СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений
ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1978.