

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 Систем управления и мехатроники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ»

УДК 681.2.08:53.089.6(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	М.Б. Устюжина		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ФБУ «Томский ЦСМ»	М.М. Чухланцева	Кандидат тех. наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	В.Ю. Конотопский	Кандидат эконом. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	В.Н. Извеков	Кандидат тех. наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий каф. СУМ	В.Е. Губин	Кандидат тех. наук		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по направлению 27.04.01
«Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения.	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Р2	выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Р3	выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий.	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК- 1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24), Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Продолжение таблицы

P4	выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества.	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводит анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений.	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25) Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Универсальные компетенции		
P6	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5) Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P7	эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P9	ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки (специальность) Стандартизация и метрология
Кафедра Систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ51	Устюжиной Марии Борисовне

Тема работы:

Разработка методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1653/с от 13.03.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Наименование объекта проектирования: методика калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов.</p> <p>Аналитический обзор по литературным источникам с целью выявления особенностей использования комбинированных и многодиапазонных средств измерений.</p> <p>Определение требований к разработке методики калибровки.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,</i></p>	<p>Особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений.</p> <p>Анализ современного состояния проведения калибровочных работ в Российской Федерации.</p> <p>Разработка методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ».</p>

конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность. Выводы по результатам работы.
---	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация
--	-------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	В.Ю. Конотопский
Социальная ответственность	В. Н. Извеков

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

Особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, законодательные требования к эталонам единиц величин, эталонная база Российской Федерации, порядок проведения аттестации и утверждения государственных эталонов в ФБУ «Томский ЦСМ»

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ФБУ «Томский ЦСМ»	М.М. Чухланцева	Кандидат тех. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	М.Б. Устюжина		

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
 Уровень образования – магистратура
 Кафедра Кафедра систем управления и мехатроники
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2017	Особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений	20
03.04.2017	Анализ современного состояния проведения калибровочных работ в Российской Федерации	20
13.05.2017	Разработка методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ»	20
16.06.2017	Выводы по результатам апробации методики калибровки	15
14.05.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
05.05.2017	Социальная ответственность	10
13.06.2017	Выполнение раздела на иностранном языке	5

Составил:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ФБУ «Томский ЦСМ»	Чухланцева М.М.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин В.Е.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ51	Устюжина Мария Борисовна

Институт	Кибернетики	Кафедра	Систем управления и мехатроники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

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

- Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*
- Нормы и нормативы расходования ресурсов*
- Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ*
- Разработка устава научно-технического проекта*
- Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок*
- Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- График проведения и бюджет НИИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	В.Ю. Конотопский	Кандидат эконом. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	М.Б. Устюжина		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ГМ51	ФИО Устюжина Мария Борисовна
-----------------	---------------------------------

Институт	Кибернетики	Кафедра	Систем управления и мехатроники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>На стадии разработки методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов обработка полученной информации с средств измерений производится на компьютере, состоящего из системного блока и монитора, поэтому выполняемые работы сводятся к взаимодействию с персональным компьютером.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Вредные и опасные факторов, возникающие при работе с компьютером:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата рабочей зоны; – повышенная пульсация светового потока; – уровень шума на рабочем месте; – повышенный уровень вибрации; – повышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений в рабочей зоне – повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; – повышенный уровень статического электричества <p>Проводится анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты <p>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность;
---	---

	– пожаровзрывобезопасность
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	Охрана окружающей среды: <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы)
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Защита в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – компоновка рабочей зоны

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	В.Н. Извеков	Кандидат тех. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	М.Б. Устюжина		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 163 страницы, 14 рисунков, 36 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: эталоны единиц величин, комбинированные и многодиапазонные средства измерений, методика калибровки, неопределенность измерений.

Объектом разработки является методика калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов.

Цель работы – разработка типовой методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ» и обработка измерений, полученных при калибровке.

В процессе исследования проводилось определение особенностей применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, анализ современного состояния проведения калибровочных работ в Российской Федерации и разработка методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ».

В результате проделанной работы разработан алгоритм проведения калибровки и методика калибровки многофункциональных калибраторов.

Область применения: планируется применять разработанную методику калибровки в проведении аттестации эталонов ФБУ «Томский ЦСМ».

Значимость работы: разрабатываемая методика калибровки, которая необходима при проведении аттестации эталонов единиц величин.

Выпускная квалификационная работа выполнена при помощи текстового редактора Microsoft Word 7.0 и предоставлена в распечатанном виде.

Оглавление

	С.
Введение	14
1 Особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений	16
1.1 Законодательные требования к эталонам единиц величин. Эталонная база Российской Федерации	17
1.1.1 Законодательные требования к эталонам единиц величин.	17
1.1.2 Эталонная база Российской Федерации	18
1.2 Порядок проведения аттестации и утверждения государственных эталонов в ФБУ «Томский ЦСМ»	21
1.3 Способы выражения точности эталонов	25
1.4 Виды и особенности комбинированных и многодиапазонных средств измерений электрических величин, применяемых в ФБУ «Томский ЦСМ»	29
1.5 Выводы и постановка задачи исследования	33
2 Анализ современного состояния проведения калибровочных работ в Российской Федерации	35
2.1 Калибровка средств измерений, как вид деятельности в области обеспечения единства измерений. Нормативно-правовая база калибровочных работ	35
2.2 Аккредитация на право проведения калибровки средств измерений.	38
2.3 Требования к калибровочным лабораториям	41
2.4 Порядок проведения калибровки средств измерений в ФБУ «Томский ЦСМ»	45
2.5 Выводы и постановка задачи исследования	48
3 Разработка методики калибровки комбинированных и	50

многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ»

3.1 Требования к структуре и содержанию методики калибровки средства измерений	50
3.2 Описание и принцип действия U1401B	51
3.3 Выбор структурной схемы и алгоритма калибровки	53
3.4 Оценивание неопределённости измерений при передаче размера единицы величины эталоном	60
3.5 Выводы по результатам апробации методики калибровки	63
4 Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение	65
4.1 Организация и планирование работ	65
4.1.1 Продолжительность этапов работ	66
4.1.2 Расчет накопления готовности проекта	69
4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	70
4.2.1 Расчет затрат на материалы	70
4.2.2 Расчет заработной платы	71
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог	72
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	72
4.2.5 Расчет амортизационных расходов	74
4.2.6 Расчет прочих расходов	74
4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки	75
4.2.8 Расчет прибыли	75
4.2.9 Расчет НДС	76
4.2.10 Цена разработки НИР	76
4.3 Оценка экономической эффективности проекта	76
4.4 Оценка научно-технического уровня НИР	76

5 Социальная ответственность	78
5.1 Производственная безопасность	78
5.1.1 Производственная санитария	80
5.1.1.1 Микроклимат рабочей зоны метролога	80
5.1.1.2 Освещение рабочего места	81
5.1.1.3 Воздействие шума	84
5.1.1.4 Опасность воздействия электромагнитного и ионизирующего излучения	85
5.1.2 Техника безопасности. Электробезопасность	86
5.2 Экологическая безопасность	87
5.3 Работа в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность	88
5.3.1 Причины возникновения пожара	89
5.3.2 Профилактика пожара	89
5.3.3 Первичные средства пожаротушения	91
5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности	92
Заключение	94
Список использованных источников	95
Приложение А (обязательное). Методика калибровки многофункциональных калибраторов	101
Приложение Б (обязательное). Сертификат о калибровке	115
Приложение В (обязательное). Протокол калибровки	116
Приложение Г (обязательное). Раздел, выполненный на иностранном языке	153

Введение

В настоящее время, единство измерений в стране достигается в результате функционирования государственной системы обеспечения единства измерений, которая включает комплекс нормативно-правовых и нормативно-технических документов, эталонов единиц величин, назначенные Правительством Российской Федерации федеральные органы исполнительной власти, федеральные государственные предприятия и учреждения, а также другие аккредитованные в установленном порядке организации. Организации гарантируют, образуют и реализовывают установленную законодательством Российской Федерации систему государственных регулирующих мероприятий, направленных на достижение и поддержание единства измерений в Российской Федерации.

Основой нормативно-правовой базы обеспечения единства измерений в Российской Федерации является статья 71 пункт «р» Конституции Российской Федерации [1], относящая метрическую систему и исчисление времени, эталоны и стандарты к ведению Российской Федерации.

В развитие статьи 71 Конституции Российской Федерации был разработан и принят Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». В законе указано, что сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на 19 видов деятельности, а также на эталоны единиц величин [2].

В соответствии со статьей 7 Федерального Закона от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» государственные эталоны единиц величин, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежат аттестации и утверждению [2].

Согласно приказу от 22.01.2014 №36 «Об утверждении рекомендаций по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к

утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» для аттестации держатель эталона разрабатывает паспорт эталона и правила содержания и применения эталона, включающие раздел «Методика периодической аттестации эталона», а также методику калибровки эталона [3].

Целью работы является разработка методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов и обработка измерений, полученных при калибровке.

По ходу работы решались следующие задачи:

- изучение особенностей применения эталонов;
- анализ проведения калибровочных работ в РФ;
- разработка методики калибровки и оценивания неопределенности комбинированных и многодиапазонных эталонов;
- экспериментальное исследование метрологических характеристик мультиметра-калибратора U1401B с использованием разработанной методики.

В первой главе рассматриваются особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и приведены виды и особенности комбинированных и многодиапазонных средств измерений ФБУ «Томский ЦСМ».

Во второй главе приведен анализ современного состояния проведения калибровочных работ и порядок проведения калибровки средств измерений ФБУ «Томский ЦСМ».

Третья глава посвящена разработке методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ».

Четвертая и пятая главы посвящены финансовому менеджменту, ресурсоэффективности, ресурсосбережению и социальной ответственности.

В заключение приведены итоги работы и сделаны выводы.

1 Особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Единство измерений – это такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в РФ единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы. В РФ допущены к применению единицы величин Международной системы единиц, принятой Генеральной конференцией по мерам и весам, рекомендованные Международной организацией по законодательной метрологии. Это подтверждено постановлением Правительства РФ от 31.10.2009 г. № 879 «Положение о единицах величин, допускаемых к применению в РФ» [4].

Решение задачи обеспечения единства измерений требует тождественности единиц одной и той же величины, которые передаются средствами измерения. Это достигается путем точного воспроизведения и хранения единиц физических величин и передачи их размеров используемым средствам измерений. Воспроизведение, хранение и передача размеров единиц осуществляется с помощью эталонов.

Государственные эталоны единиц величин образуют эталонную базу Российской Федерации. Они не подлежат приватизации. Они содержатся и применяются в государственных научных метрологических институтах [2].

Государственные первичные эталоны единиц величин подлежат утверждению федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в области обеспечения единства измерений, а именно Росстандарт. Также он вносит сведения о государственных эталонах единиц величин в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Порядок утверждения, содержания, сличения и применения

государственных первичных эталонов единиц величин, порядок передачи единиц величин от государственных эталонов, порядок установления обязательных требований к эталонам единиц величин, используемым для обеспечения единства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, порядок оценки соответствия этим требованиям, а также порядок их применения устанавливается Правительством Российской Федерации [2].

1.1 Законодательные требования к эталонам единиц величин. Эталонная база Российской Федерации

1.1.1 Законодательные требования к эталонам единиц величин.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 23.09.2010 №734 обязательные требования к эталонам единиц величин устанавливаются Росстандартом при утверждении эталонов единиц величин. Установление обязательных требований к эталонам единиц величин осуществляется по результатам первичной аттестации. Оценка соответствия эталонов единиц величин обязательным требованиям к этим эталонам осуществляется в формах первичной и периодической аттестации [5].

В состав эталонов единиц величин могут входить основные технические средства, в том числе средства измерений, которые применяются при воспроизведении, хранении и передаче единиц величин, контроле за соблюдением требований к условиям их содержания и применения. Также входят вспомогательные технические средства, в том числе информационно-вычислительные комплексы, сооружения, специальные платформы и фундаменты, специальные здания и помещения, обеспечивающие выполнение установленных требований к эталонам единиц величин, условиям их содержания и применения.

Приказом Росстандарта утверждается наименование эталона единицы величины, присваивается ему номер, определяется его состав,

устанавливаются обязательные метрологические, технические требования (характеристики) и правила содержания и применения эталона единицы величины, а также его межаттестационный интервал.

Обязательные метрологические требования к эталонам единиц величин распространяются на характеристики (параметры) эталонов единиц величин, влияющие на результат и показатели точности измерений, а также на условия, при которых эти характеристики (параметры) должны быть обеспечены [5].

Росстандарт заносит информацию об утвержденных эталонах единиц величин в Сведения об эталонах единиц величин.

1.1.2 Эталонная база Российской Федерации

Эталонная база Российской Федерации включает в себя систему государственных первичных эталонов, которые воспроизводят единицы величин с наивысшей точностью, достижимой при существующих научно-технических возможностях в данной области измерений. В настоящее время эталонная база Российской Федерации насчитывает 165 государственных первичных эталона единиц величин. Распределение государственных первичных эталонов по областям измерений приведено в таблице 1 [6].

Таблица 1 – Распределение государственных первичных эталонов по областям измерений

Область измерений	Количество государственных первичных эталонов		Измерительные возможности	
	абс., шт.	отн.,%	абс., шт.	отн.,%
Акустика, ультразвук и вибрация	9	5	72	4
Масса, сила, давление и вязкость	27	16	66	4
Длина и угол	16	10	21	1
Фотометрия и радиометрия	22	13	108	7
Термометрия	17	10	137	8
Время и частота	1	1	36	2
Электричество и магнетизм	44	27	325	20
Радиация и ионизирующие	14	8	329	20

излучения				
Физико-химические измерения	15	9	556	34
Всего	165	100	1650	100

Государственные первичные эталоны передают единицы величин подчиненным эталонам и через них – средствам измерений, применяемым в различных отраслях экономики, социальной сфере и оборонном комплексе страны. В их число входит более 61 тыс. эталонов единиц величин, сведения о которых содержатся в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

Существует вид вторичных эталонов – военные эталоны единиц величин, разработанные по заказу Министерства обороны Российской Федерации и признанные Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии в качестве исходных для обороны и безопасности Российской Федерации.

Состав и научно-технический уровень эталонной базы Российской Федерации охватывает все области измерений и обеспечивает решение большинства практических задач промышленности, обороны и безопасности государства и экономики в целом.

Высокий уровень развития эталонной базы Российской Федерации подтверждается положительными результатами сличений государственных первичных эталонов с международными эталонами и национальными эталонами иностранных государств. На начало 2017 года по количеству признанных и опубликованных Международным бюро мер и весов измерительных возможностей, определяемых по результатам международных сличений эталонов, представленная в таблице 2, Российская Федерация занимает второе место в мире, уступая лишь Соединенным Штатам Америки, на третьем месте Германия [6].

Таблица 2 – Измерительные возможности по результатам сличений эталонов

Страна/Область измерений	США	Россия	Германия	Китай	Великобритания
Акустика,	32	72	76	53	42

ультразвук и вибрация					
Масса, сила, давление и вязкость	108	66	201	67	49
Длина и угол	49	21	95	80	55
Фотометрия и радиометрия	133	108	76	27	129
Термометрия	89	137	117	42	62
Время и частота	11	36	25	28	12
Электричество и магнетизм	321	325	161	144	180
Радиация и ионизирующие излучения	532	329	266	195	180
Физико-химические измерения	885	556	548	707	479
Всего	2160	1650	1565	1343	1188

Однако по ряду таких областей измерений, как измерения массы, силы, давления и вязкости, длины и углов, фотометрия и радиометрия, физико-химические измерения, Российская Федерация отстает от уровня ведущих стран мира.

В мире активно ведутся работы по обновлению эталонной базы исходя из потребностей промышленности, науки и техники, здравоохранения, экологии, обороны и безопасности. Внедрение и освоение новых наукоемких инновационных технологий предъявляют повышенные требования к точности и диапазонам проводимых измерений. Поэтому важными характеристиками базы государственных первичных эталонов являются ее моральное устаревание и физический износ. База государственных первичных эталонов постоянно обновляется как за счет совершенствования существующих эталонов, так и в результате создания новых эталонов. Динамика возраста эталонной базы изображена на рисунке 1 [6].

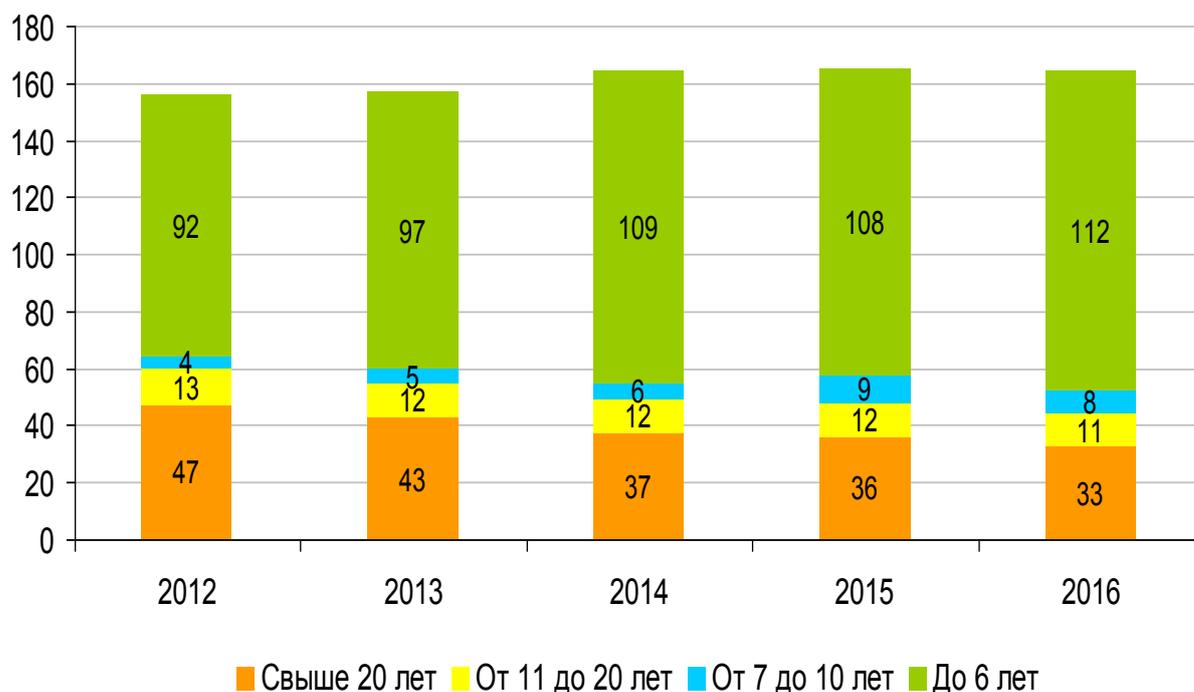


Рисунок 1 – Динамика возраста эталонной базы

Периодичность обновления национальных эталонов передовых иностранных государств составляет сегодня (5 – 7) лет. В Российской Федерации лишь 50 процентов эталонов имеют срок службы менее 5 лет, а средний возраст государственных первичных эталонов составляет около 11 лет.

1.2 Порядок проведения аттестации и утверждения государственных эталонов в ФБУ «Томский ЦСМ»

В соответствии со статьей 7 Федерального Закона от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» государственные эталоны единиц величин, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежат аттестации и утверждению [2].

Аттестация и утверждение государственных эталонов единиц величин проводятся в целях установления (оценки) соответствия обязательным требованиям к эталонам единиц величин, используемых для обеспечения

единства измерений в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений в стране.

Оценка соответствия эталонов единиц величин обязательным требованиям к этим эталонам осуществляется в формах первичной и периодической аттестации.

Решение об утверждении государственного эталона единицы величины принимается Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии.

Аттестация государственных эталонов единиц величин в ФБУ «Томский ЦСМ» проводится в соответствии с Рекомендациями по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и Методическими материалами по организации процедур утверждения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, и формированию реестра эталонов единиц величин в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений ФГУП «ВНИИФТРИ» [7].

Аттестация государственного эталона единицы величины включает в себя:

- поверку (калибровку) средств измерений, используемых для передачи единицы величины и вспомогательных средств измерений;
- проведение испытаний и оценку соответствия дополнительного оборудования (метрологического и технического) требованиям, установленным для него в эксплуатационной документации;
- проверку работоспособности и правил содержания эталона.

Аттестации подлежат все государственные эталоны единиц величин, принадлежащие ФБУ «Томский ЦСМ».

Для организации работ по аттестации государственных эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования

обеспечения единства измерений, в ФБУ «Томский ЦСМ» приказом директора создаётся комиссия, председателем которой назначается заместитель директора по метрологии, в состав входят начальники отделов поверки и соответствующие должностные лица [7].

На основании предоставленных данных об эталонах от отделов поверки, в том числе с учетом вновь вводимых в эксплуатацию, заместителем директора по метрологии составляется и утверждается директором график проведения аттестации государственных эталонов единиц величин по месяцам с указанием конкретных эталонов, применяемых в подразделениях.

На каждый государственный эталон единицы величины, закрепленный (используемый) за отделом, работниками отделов поверки ФБУ «Томский ЦСМ», назначенными начальниками отделов, разрабатываются следующие документы [7]:

- паспорт государственного эталона единицы величины. При оформлении паспорта эталона эталону присваивается регистрационный номер к приказу Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 января 2014 года № 36;

- правила содержания и применения государственного эталона единицы величины, включая Методику аттестации эталона;

- характеристики государственного эталона единиц величин.

Согласно утвержденным графикам организуется и проводится поверка (калибровка) каждого средства измерений, используемого при передаче единицы величин, в соответствии с государственной, локальной поверочной схемой и методикой поверки (калибровки). По результатам поверки (калибровки) оформляются удостоверяющие документы: Свидетельство о поверке с обязательным приложением протокола поверки (Сертификат о калибровке с обязательным приложением протокола калибровки) и делаются их сканкопии в формате PDF на CD носителе.

Проверка работоспособности и правил содержания эталона включает:

– проверку соответствия средств измерений, используемых для передачи единицы величины и вспомогательных средств измерений, дополнительного метрологического и технического оборудования установленным для него требованиям, включая требования к маркировке, наличию знаков поверки (калибровки) и защитных пломб;

- функциональные испытания;
- метрологическое исследование;
- оценку условий содержания и применения эталона, нормированных в технической документации на средства измерений и вспомогательное оборудование.

После проверки комплект документов предоставляется на комиссию для проведения оценки соответствия государственного эталона единицы величины на соответствие государственной, локальной поверочной схеме и заданным требованиям (при проведении государственных испытаний).

При положительном заключении комиссии о соответствии государственного эталона единицы величины государственной поверочной схеме и заданным требованиям (при проведении государственных испытаний) оформляется Свидетельство об аттестации государственного эталона единицы величины с присвоением регистрационного и Заявка на утверждение и регистрацию государственного эталона единицы величины. Заявка оформляется на группу эталонов, аттестуемых в одном плановом периоде времени [7].

Заявка на утверждение государственного эталона единицы величины, прошедшего первичную аттестацию, и комплект документов направляются во ФГУП «ВНИИМС», уполномоченную Росстандартом организацию, для контроля полноты и правильности их подготовки и в Росстандарт на утверждение эталона.

В случае полученных замечаний от ФГУП «ВНИИМС» к полноте или правильности оформления документов, осуществляется устранение

отмеченных недостатков и документы вновь направляются на утверждение с оформлением новой заявки.

Результатом утверждения государственного эталона единицы величины обязательным требованиям к эталонам является Приказ Росстандарта.

После утверждения государственного эталона единицы величины Росстандартом сведения об утвержденном государственном эталоне вносятся ФГУП «ВНИИФТРИ», уполномоченная Росстандартом организация, в соответствующий раздел Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений.

1.3 Способы выражения точности эталонов

В соответствии ГОСТ 8.381-2009 «Способы выражения точности» неопределенность измерений, осуществляемых при выражении единицы величины, а так же при предоставлении ее размера эталонам, записывают или в абсолютной форме (в единицах измеряемой величины), или в относительной форме [8].

Производя оценку расширенной неопределенности измерений при выражении единицы величины вторичных эталонов доверительную вероятность (уровень доверия) следует принимать, равной 0,95.

При выражении точности эталонов неопределенностью измерений выражая единицу величины и предоставляя ее размерность, следует указывать стандартную неопределенность, определяемую по типу А или по типу В, так же можно указать суммарную стандартную неопределенность или расширенную неопределенность измерений [8].

Стандартную неопределенность измерений при выражении единицы величины эталоном, определяемую по типу А, рассчитывают по формуле 1:

$$u_A(\bar{x}_i) = \sqrt{\sum_{q=1}^{n_i} \frac{(x_{iq} - \bar{x}_i)^2}{n_i(n_i - 1)}}, \quad (1)$$

где x_{iq} - q -й результат измерений i -й входной величины;

n_i - число результатов измерений;

\bar{x}_i - среднее арифметическое значение результатов измерений i -й входной величины.

Рассчитывая стандартную неопределенность измерений по типу В, в качестве первоначальных данных можно использовать [8]:

- данные об измерении величин, влияющих на результат измерений входных величин, и данные о зависимости результатов измерений входных величин;

- данные, полученные в результате опыта о поведении и свойствах приборов и материалов;

- данные о калибровке, поверке, сведения изготовителя о приборе и другие сведения о приборе;

- неопределенности справочных данных, используемых констант.

При отсутствии информации о значении величины следует считать, что ее значения внутри указанного диапазона распределены равномерно. К примеру, для i -й измеряемой величины нижняя и верхняя границы соответственно равны a_{i-} и a_{i+} .

Стандартную неопределенность измерений при выражении единицы величины эталоном, определяемую по типу В, в данном случае рассчитывают по формуле 2:

$$u_B(\bar{x}_i) = \frac{a_i}{\sqrt{3}}, \quad (2)$$

где $a_i = \frac{a_{i+} - a_{i-}}{2}$.

В случае когда интервал от a_i до b_i , несимметричен стандартную неопределенность измерений, определяемую по типу В, рассчитывают по формуле 3:

$$u_B(\bar{x}_i) = \sqrt{\frac{(b_i - a_i)^2}{12}} = \frac{|b_i - a_i|}{2\sqrt{3}}. \quad (3)$$

Суммарную стандартную неопределенность измерений $u_c(\bar{y})$ при выражении единицы величины в случае некоррелированных оценок $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$ рассчитывают по формуле 4:

$$u_c(\bar{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial \bar{x}_i} \right)^2 u^2(\bar{x}_i)}, \quad (4)$$

где $u(\bar{x}_i)$ - стандартная неопределенность измерений i -й входной величины, вычисленная по типу А или по типу В.

Суммарную стандартную неопределенность измерений $u_c(\bar{y})$ в случае коррелированных оценок $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$ рассчитывают по формуле 5:

$$u_c(\bar{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial \bar{x}_i} \right)^2 u^2(\bar{x}_i) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{\partial f}{\partial \bar{x}_i} \frac{\partial f}{\partial \bar{x}_j} r(\bar{x}_i, \bar{x}_j) u(\bar{x}_i) u(\bar{x}_j)}, \quad (5)$$

где $u(\bar{x}_i)$ - стандартная неопределенность измерений i -й входной величины, вычисленная по типу А или по типу В.

Расширенную неопределенность измерений U с заданным уровнем доверия P рассчитывают по формуле 6:

$$U = k_P u_c(\bar{y}), \quad (6)$$

где k_P - коэффициент охвата, соответствующий выбранному уровню значимости P ;

$u_c(\bar{y})$ - суммарная стандартная неопределенность измерений при воспроизведении единицы величины, вычисленная в соответствии с формулами 4 или 5.

Расширенную неопределенность измерений при выражении единицы величины эталона $U(0,95)$ для уровня доверия 0,95 рассчитывают по формуле 7:

$$U(0,95) = 2u_c(\bar{y}). \quad (7)$$

При переходе размера единицы величины вторичным эталонам неопределенность измерений определяют:

- или суммарной стандартной неопределенностью u_c , определенной стандартными неопределенностями измерений при переходе размера единицы величины от первичного вторичному эталону, рассчитанными по типу А и по типу В, а также нестабильностью эталонов,

- или расширенной неопределенностью измерений при переходе размера единицы величины от первичного эталона $U(0,95)$ для уровня доверия 0,95 и нестабильностью эталонов.

В случае когда стандартные неопределенности измерений при переходе размера единицы величины от первичного эталона, определяемые по типу А и по типу В, и нестабильность вторичного эталона записывают отдельно, то их обозначают в виде, указанном для первичного эталона.

Нестабильность вторичного эталона за указанный интервал времени определяют при переходе размера единицы величины от первичного эталона.

Кроме того в ГОСТ 8.381 «Способы выражения точности» указаны способы выражения точности групповых эталонов

Групповой эталон – средств измерений одного типа, номинального значения или диапазона измерений, которые в совокупности образуют эталон, с целью увеличения точности воспроизводства единицы либо ее хранения [9].

Групповые эталоны разделяют на групповые эталоны постоянного или переменного составов.

Стандартную неопределенность типа А u_A группового эталона определяют стандартной неопределенностью среднего арифметического значения результатов сличений мер $u_A(\bar{x})$ или стандартной неопределенностью среднего взвешенного значения результатов сличений мер $u_A(\bar{x})$, которые входят в состав группового эталона, в зависимости от того, какое значение величины предназначено групповому эталону [8].

Стандартную неопределенность типа В ^uВ группового эталона определяют стандартной неопределенностью меры, которая входит в состав группового эталона, в случае когда стандартные неопределенности типа В этих мер значительно мало их разделяют между собой. В случае когда, стандартные неопределенности мер имеют значительные отличия, за стандартную неопределенность типа В ^uВ группового эталона следует принимать стандартную неопределенность той меры, которая считается наибольшей [8].

1.4 Виды и особенности комбинированных и многодиапазонных средств измерений электрических величин, применяемых в ФБУ «Томский ЦСМ»

В качестве комбинированных и многофункциональных средств измерений могут использоваться:

- калибраторы;
- мультиметры;
- приборы многофункциональные;
- компаратор-калибраторы;
- и другие.

В отделе электромагнитных средств измерений при проведении поверки и калибровки применяется многофункциональный калибратор Fluke 5502E. Внешний вид Fluke 5502E представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Многофункциональный калибратор Fluke 5502E

Калибратор многофункциональный Fluke 5502E предназначен для:

- воспроизведения напряжения постоянного тока;
- воспроизведения силы постоянного тока;
- воспроизведения электрического сопротивления постоянному току;
- воспроизведения напряжения переменного тока;
- воспроизведения силы переменного тока;
- воспроизведения электрической емкости;
- формирования сигналов синусоидальной, прямоугольной, треугольной формы.

Калибратор – микропроцессорный прибор генераторного типа, обладающий возможностью автоматической калибровки по внутриприборным мерам, самодиагностикой, стандартными интерфейсами IEEE-488, RS-232. Основной частью калибратора являются встроенные прецизионные источники сигналов различной формы, опорными из которых являются источник напряжения постоянного тока, кварцевый генератор частоты, термопреобразователь напряжения переменного тока в постоянное напряжение, набор высокоточных и высокостабильных резисторов. Технические характеристики представлены в таблице 3 [10].

Таблица 3 - Технические характеристики Fluke 5502E

Функции	Диапазон
Напряжение постоянного тока	от 0 до ± 1020 В
Сила постоянного тока	от 0 А до 20,5 А
Напряжение переменного тока	от 1 мВ до 1020 В от 10 Гц до 500 кГц
Сила переменного тока	от 29 мкА до 20,5 А от 10 Гц до 30 кГц
Формы сигналов	Синусоида, прямоугольный, треугольник, усеченная синусоида
Сопротивление	от 0 Ом до 1100 МОм
Емкость	от 220 пФ до 110 мкФ
Частота	от 0,01 Гц до 2 МГц

С помощью калибратор Fluke 5502E можно осуществлять поверку и калибровку:

- портативные и настольные аналоговые и цифровые мультиметры с количеством разрядов до 4,5;
- токовые клещи;
- щитовые измерители;
- регистраторы данных;
- и другие средства измерений.

Далее в качестве эталона используется мультиметр 3458А, внешний вид которого изображен на рисунке 3. Мультиметр предназначен для измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока, сопротивления и частоты.



Рисунок 3 – Мультиметр 3458А

Принцип действия мультиметра основан на преобразовании входного аналогового сигнала с помощью АЦП в цифровой код с низким уровнем шумов, последующей его математической обработке и отображении результатов измерений на дисплее. Технические характеристики представлены в таблице 4 [11].

Таблица 4 - Технические характеристики 3458А

Функции	Диапазон
Напряжение постоянного тока	от 0 до ± 1000 В
Сила постоянного тока	от 0 А до 1 А
Напряжение переменного тока	от 0 до 1000 В от 1 Гц до 10 МГц
Сила переменного тока	от 0 А до 1 А от 1 Гц до 10 кГц
Сопротивление	от 0 Ом до 1 ГОм
Частота	от 40 Гц до 10 МГц

Для проведения измерений мультиметр непосредственно подключаются к измерительной цепи. Управление процессами измерений и обработка данных осуществляется при помощи встроенного микропроцессора. Результаты измерений отображаются на 8,5 разрядном дисплее в цифровом виде. Мультиметры позволяют проводить математическую обработку результатов измерений. Результаты измерений могут быть сохранены как во встроенной памяти приборов, так и переданы на внешний ПК с помощью интерфейса GPIB.

Также в работе отдела используется «Энергомонитор-3.1КМ», внешний вид которого изображен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Энергомонитор-3.1КМ

Предназначен для измерений электроэнергетических величин в однофазных и трехфазных цепях в промышленной области частот, напряжений, токов, углов фазового сдвига, частоты, активной, реактивной и полной мощности. Технические характеристики представлены в таблице 5 [12].

Таблица 5 - Технические характеристики «Энергомонитор-3.1КМ»

Функции	Диапазон
Напряжение переменного тока	от 0,1 до 576 В
Сила переменного тока	от 5 мА до 120 А
Фазовый угол между напряжением и током первой гармоники одной фазы	от 0° до 360°
Частота переменного тока	от 40 до 70 Гц

Используется для калибровки и поверки эталонов и рабочих средств измерений электроэнергетических величин.

Может применяться самостоятельно, в комбинации с персональным компьютером, расширяющим его многофункциональные способности, а таким же образом в составе специальных и многоцелевых поверочных установок.

1.5 Выводы и постановка задачи исследования

В данной главе на основании нормативной документации, публикаций периодических изданий и других источников приведены особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. Отражены законодательные требования к эталонам единиц величин, также приведен порядок проведения аттестации и утверждения государственных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ», в котором прописано, что при проведении первичной аттестации эталонов необходимо разработать методику аттестации эталона, а также методику калибровки. Приведены способы выражения точности эталонов, где указано, что точность эталонов может выражаться неопределенностью измерений. Для этого необходимо

рассчитать стандартную неопределенность измерений при воспроизведении единицы величины эталоном, оцениваемая по типу А, по типу В, суммарную стандартную и расширенную неопределенность измерений.

Таким образом, очевидна необходимость разработки методики калибровки эталонов для специалистов, работающих в области метрологического обеспечения.

2 Анализ современного состояния проведения калибровочных работ в РФ

2.1 Калибровка средств измерений, как вид деятельности в области обеспечения единства измерений. Нормативно-правовая база калибровочных работ

Понятие «калибровка средств измерений» появилось впервые в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений» 1993 года [13]. Калибровка была определена как совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерения, не подлежащего государственному контролю и надзору. Это понятие заменило, с одной стороны, «ведомственную поверку», а, с другой - «аттестацию средств измерений», при которой оценивались действительные значения метрологических характеристик.

В статье 23 Закона РФ 1993 года указывалось, что заинтересованные лица могут обратиться в Государственные метрологические институты или в Органы Государственной метрологической службы (региональные ЦСМ), чтобы аккредитоваться на «право проведения калибровочных работ». При этом под «правом проведения калибровки» понималось право выдавать сертификаты о калибровке от имени органа или организации, которые их аккредитовали. Все ЦСМ и метрологические институты были аккредитующими органами Российской калибровочной службы, что было зафиксировано в Правилах по метрологии, являющихся подзаконными актами, прошедшими регистрацию в Минюсте РФ. На ФГУП «ВНИИМС» были возложены функции научно-методического центра Российской системы калибровки, которые включали разработку нормативных документов, регламентирующих калибровочную деятельность, регистрацию и ведение Реестра, координацию деятельности субъектов и другие. В конце 90-х годов прошлого столетия были созданы несколько отраслевых систем калибровки

средств измерений, документы которых учитывали специфические требования и особенности проведения работ на предприятиях.

Принятие в 2008 году Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» [2] не принесло существенных изменений в калибровочную деятельность. Несмотря на то, что в Федеральном законе принято новое определение калибровки средства измерения, а в статье 18 сформулированы базовые требования к калибровке вне сферы государственного регулирования, практически все калибровки средств измерений, по-прежнему, выполнялись по действующим методикам поверки.

После создания Федеральной службы по аккредитации и вступления в силу Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» [14] деятельность Российской системы калибровки и отраслевых систем калибровки существенно изменилась. Аккредитация организаций, выполняющих калибровку средств измерений, стала исключительной компетенцией Федеральной службы по аккредитации в соответствии с критериями, сформулированным на базе требований ГОСТ ИСО/МЭК 17025 к калибровочным лабораториям [15]. Разработаны и внедрены национальные и межгосударственные документы по стандартизации, устанавливающие новые требования к выполнению калибровки и разработке методических документов. Повышение уровня требований и новый порядок аккредитации привели к тому, что количество аккредитованных организаций, выполняющих калибровку средств измерений, непрерывно уменьшается в течение последних двух лет. Российская система калибровки и отраслевые системы калибровки пересматривают свои документы в соответствии с новыми требованиями к калибровочной деятельности и внедряют собственные формы, порядок и критерии признания компетентности.

В настоящее время действуют три определения понятия калибровки средства измерения:

1) наиболее часто применяемое определение из статьи 2 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» [2]: «Совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений»;

2) определение из РМГ 29 [16]: «Совокупность операций, устанавливающих соотношение между значением величины, полученным с помощью данного средства измерений и соответствующим значением величины, определенным с помощью эталона с целью определения метрологических характеристик этого средства измерений»;

3) определение международного словаря по метрологии VIM3 [17]: «Операция, в ходе которой при заданных условиях на первом этапе устанавливают соотношение между значениями величин с неопределенностями измерений, которые обеспечивают эталоны, и соответствующими показаниями с присущими им неопределенностями, а на втором этапе на основе этой информации устанавливают соотношение, позволяющее получать результат измерения исходя из показания».

Несмотря на существенные различия, приведенные определения не противоречат друг другу. Если первое определение формулирует цель калибровки, то третье определение содержит функциональное описание процедуры. Определение из РМГ 29 содержит элементы обоих вышеупомянутых определений. Поскольку действующие определения понятия калибровки средств измерения дополняют друг друга, то это открывает возможности для того, чтобы в новых документах сформулировать базовое определение и различные модификации для конкретных приложений.

За последнее десятилетие международные организации по метрологии, стандартизации и аккредитации существенно пересмотрели подход к калибровочным работам. Ключевыми изменениями в этой области прикладной метрологии являются следующие новации:

– в международном словаре по метрологии принято новое определение калибровки, не совпадающее с принятым в отечественной практике;

– три последовательных издания стандарта ИСО 17025 привели к внедрению новых требований к условиям и методам выполнения калибровки средств измерений, включая обязательную оценку неопределенности результатов, проведение проверки квалификации калибровочных лабораторий и другие;

– проведение калибровки средств измерений и эталонов единиц величин является обязательным условием метрологической прослеживаемости, которая является основным критерием международного признания результатов измерений.

2.2 Аккредитация на право проведения калибровки средств измерений

Аккредитация на право проведения калибровочных работ осуществляется по заявлению в национальный орган по аккредитации и является необязательной. Имея данную аккредитацию при проведении работ, исполнитель обеспечивает заказчику качество выполненной калибровки.

Можно выделить три этапа становления в РФ единой системы аккредитации:

1-й этап. В качестве Федерального органа исполнительной власти, осуществляющего аккредитацию в области обеспечения единства измерения, после выхода ФЗ № 102 «Об обеспечении единства измерений» определена Федеральная служба по аккредитации – Росаккредитация [2].

2-й этап. Вступление в силу ФЗ № 412-ФЗ от 28.12.2013 г. «Об аккредитации в национальной системе аккредитации», закрепившего за Федеральной службой по аккредитации полномочия единого национального органа по аккредитации, а также установившего универсальные правила

аккредитации в национальной системе, соответствующие международным стандартам [14].

3-й этап. Было введено в действие Приказ Минэкономразвития России от «30» мая 2014 г. № 326 «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации». Это позволило установить единые критерии аккредитации и перечень документов, подтверждающих соответствие заявителя и аккредитованного лица критериям аккредитации [18].

Следует также отметить, что в области аккредитации в Российской Федерации общепризнаны международные требования к системе менеджмента качества, регламентированные ИСО 9001-2011, а также критерии аккредитации испытательных лабораторий, регламентированные в ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2009 [15].

Сравнительный анализ показал, что введение единых критериев не отменяет действие ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», поскольку критерии являются своего рода «дополнением» данного стандарта и направлены на обеспечение выполнимости ФЗ № 102 «Об обеспечении единства измерений».

В ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2009 установлены общие требования к компетентности лабораторий в проведении испытаний и/или калибровки, включая отбор образцов, испытания и калибровку, проводимые по стандартизованным и не стандартизованным методикам и методикам, разработанным лабораторией. ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 содержит требования, как к системе менеджмента, так и к технической компетентности лабораторий. Однако требования носят общий характер.

Кроме этого новые критерии аккредитации установлены на основании положений международных стандартов в области аккредитации таких как: ИСО 9001:2011, ИСО/МЭК17025-2009, ИСО/МЭК 17011:2004.

В соответствии с приказом Минэкономразвития России от «30» мая 2014 г. № 326 юридические лица, индивидуальные предприниматели, выполняющие работы и (или) оказывающие услуги по обеспечению единства измерений могут быть аккредитованы на право проведения калибровки средств измерений [18].

При изучении критериев можно выделить основные ресурсы, на которые нужно сделать акцент:

- руководство по качеству;
- персонал;
- эталонная база.

Первым пунктом указано наличие системы менеджмента качества, а также соблюдение требований, установленных в руководстве по качеству. Руководство по качеству является основополагающим документом (совокупностью документов) и должно содержать требования системы менеджмента качества.

Руководство по качеству представляет собой перечень документов (правила, приказы, распоряжения, журналы), которые необходимо предоставить при проведении процедуры аккредитации, а также руководствоваться ими в процессе деятельности лаборатории.

Разработанное заявителем или аккредитованным лицом, выполняющим работы и калибровке средств измерений, руководство по качеству также должно предусматривать дополнительные критерии. В руководстве по качеству должно содержаться [18]:

- требования к оформлению свидетельства об аттестации эталонов единиц величин с указанием прослеживаемости к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин - к

национальным эталонам единиц величин иностранных государств;

– требования к оформлению сертификата калибровки с указанием прослеживаемости к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин - к национальным эталонам единиц величин иностранных государств;

– требования к учету и хранению и калибровочных клейм;

– требования к оформлению протоколов и результатов калибровки;

– требования для калибровочных работ, предусматривающие:

– наличие методик калибровки средств измерений в соответствии с областью аккредитации;

– наличие правил применения изображения знака национальной системы аккредитации.

Требования к персоналу в критериях выражены конкретно и предполагают наличие:

– высшего образования и (или) дополнительного профессионального образования по профилю, соответствующему области аккредитации;

– опыта работы по обеспечению единства измерений в области аккредитации, указанной в заявлении об аккредитации или в реестре аккредитованных лиц, не менее трех лет.

Также необходимо наличие свидетельств об аттестации эталонов единиц величин, свидетельств о поверке и (или) сертификатов калибровки средств измерений, в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации в области обеспечения единства измерений.

2.3 Требования к калибровочным лабораториям

В настоящее время в функционируют 4 вида калибровочных лабораторий, которые представлены на рисунке 5 [19].

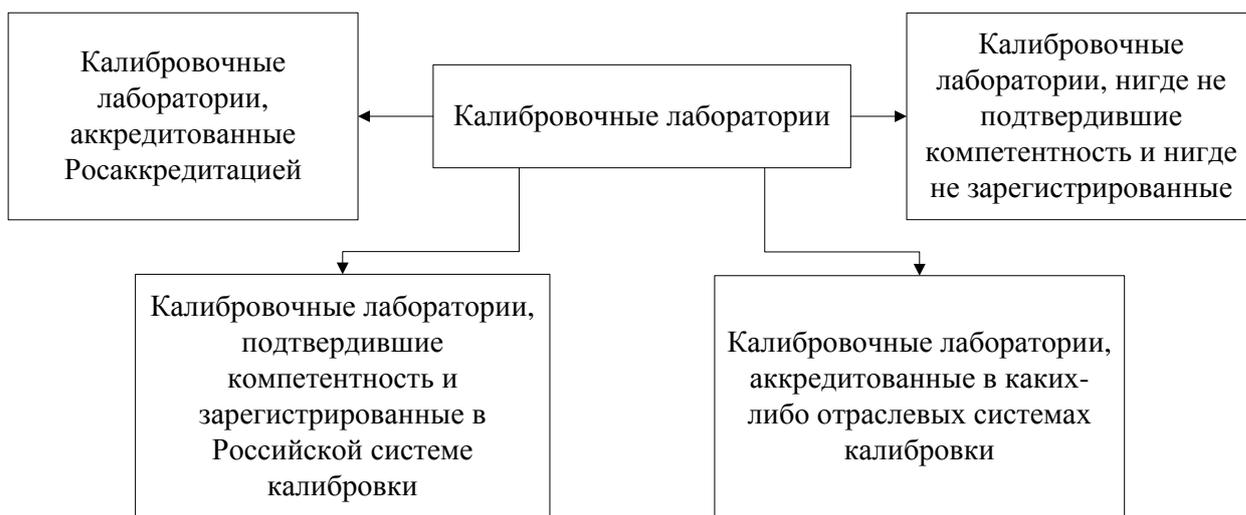


Рисунок 5 – Виды калибровочных лабораторий

У каждого из приведенных видов калибровочных лабораторий имеются свои цели, преимущества и недостатки, которые рассмотрим подробнее.

Целью калибровочной лаборатории, аккредитованные Росаккредитацией, является международное признание результатов калибровки в случае принятия Росаккредитации в Международную организацию аккредитованных лабораторий (ILAC).

На 1 августа 2016 г. в Росаккредитации аккредитовались около 150 калибровочных лабораторий.

Требования, предъявляемые данному виду калибровочной лаборатории, изложены в критериях аккредитации в соответствии с Приказом Минэкономразвития от 30 мая 2014 г. № 326 [18].

Преимущества, приобретаемые калибровочной лабораторией, аккредитованной в Росаккредитации, является возможность применения результатов калибровки при поверке и перспектива международного признания результатов калибровки.

Недостатком же является недопустимость консультационной помощи со стороны экспертов, участвующих в процедуре проверки, большие материальные затраты заявителей с учетом командировочных расходов комиссии экспертов. Также формализованный подход к оценке соответствия

и, вследствие этого, наличие существенной субъективной составляющей в процедуре аккредитации и появление ряда фирм, которые за большие деньги предлагают с гарантией решить все проблемы с аккредитацией.

Целью Российской системы калибровки (далее – РСК) и калибровочных лабораторий при проведении оценки и подтверждения компетентности и регистрации в РСК является обеспечение единства измерений в стране вне сферы государственного регулирования.

Требованиями в этом случае являются требования РСК и ГОСТ ИСО/МЭК 17025, которые изложены в руководящем документе РСК РД РСК 02-2014 «Порядок организации деятельности Российской системы калибровки» [20].

Преимущества этой процедуры:

- проведение предварительной работы по оценке соответствия под руководством экспертов РСК;

- 2-х уровневая работа по оценке и подтверждению соответствия – Уполномоченная экспертная организация РСК (далее – УЭО РСК) и Исполнительный орган РСК, контролирующей деятельность как калибровочной лаборатории, так и УЭО РСК, обеспечивающий единый подход как к организации калибровочной деятельности, регламентируемой Руководством по качеству, так и к оформлению результатов калибровки;

- снижение стоимости процедуры оценки и подтверждения соответствия за счет минимизации командировочных расходов, т. к. выездные проверки осуществляются региональными УЭО РСК;

- оказание консультационной и методической помощи калибровочной лаборатории на протяжении всего срока действия Свидетельства о регистрации в РСК.

На 1 августа 2016 г. в Российской системе калибровки зарегистрировано около 550 калибровочных лабораторий, 70 УЭО РСК и 169 экспертов РСК.

Недостатком можно считать отсутствие перспективы международного признания результатов калибровки путем вступления в ILAC.

Целью создания отраслевых систем калибровки является необходимость унификации калибровочной деятельности в отрасли и введения контроля за ней.

Требования, как правило, устанавливаются отраслевым документом, утверждаемым руководителем, чаще всего не имеющим непосредственного отношения к метрологии.

Преимуществом можно считать профессиональная подготовка экспертов в части специфики калибровочной деятельности конкретной отрасли и отсутствие, в некоторых случаях, прямых материальных затрат на процедуру «аккредитации», т. к. оплата работы комиссии осуществляется в ряде случаев отраслевым административным органом.

Недостатком является правила, устанавливаемые в отрасли, даже в части калибровки средств измерений, могут идти в противоречие с интересами потребителей.

Целью калибровочных лабораторий, нигде не подтвердившие компетентность и нигде не зарегистрированные считается выполнение производственных функций.

Требование для данного вида калибровочной лабораторий является пункт 1 статьи 18 Федерального закона «Об обеспечении единства измерений». В котором изложено, что калибровка должна осуществляться с использованием эталонов, прослеживаемых к государственным эталонам единиц величин [2].

Преимуществом является полная независимость от контроля с какой-либо стороны и отсутствие расходов на процедуру подтверждения соответствия установленным требованиям.

Недостатки в ряде случаев это неконкурентоспособность калибровочной лаборатории и неподтвержденное качество выполнения калибровочных работ.

Несмотря на различия в деятельности у участников есть общие подходы.

1) объект их деятельности - средства измерений, используемые вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений;

2) предмет деятельности - калибровка средств измерений;

3) законодательная база, регламентирующая калибровочную деятельность - Федеральный закон Об обеспечении единства измерений». установивший практически единственное требование к калибровочным лабораториям - это требование к эталонам, применяемым при калибровке средств измерений, которые должны быть прослеживаемости к государственным эталонам единиц величин;

4) нормативная база, в соответствии с которой осуществляется калибровка средств измерений, т. е. методики калибровки или, точнее сказать, методики, используемые при калибровке;

5) принцип добровольности принятия решения, к какому виду калибровочных лабораторий относиться.

2.4 Порядок проведения калибровки средств измерений в ФБУ «Томский ЦСМ»

В настоящее время ФБУ «Томский ЦСМ» сертифицирован на соответствие требования стандарта ISO 9001:2015, где в область сертификации системы менеджмента качества входит калибровка средств измерений.

Порядок проведения работ по калибровке средств измерений включает в себя следующие этапы [21]:

- планирование работ по калибровке средств измерений;
- прием СИ на калибровку от заказчика;
- калибровка средств измерений в отделах поверки;
- оформление результатов калибровки средств измерений.

Планирование работ по калибровке средств измерений начинается на этапе подачи заявок на выполнение работ, по форме, представленной на официальном сайте ФБУ «Томский ЦСМ».

Для того, чтобы заключить договор на проведение калибровки средств измерений необходимо заполнить заявку на заключение договора. Оба экземпляра договора визируются ведущим юрисконсультантом, подписываются директором или уполномоченным по доверенности лицом и передаются на подписание заказчику. Один подписанный экземпляр возвращается в ФБУ «Томский ЦСМ» ведущему юрисконсульту.

Прием средств измерений на калибровку в ФБУ «Томский ЦСМ» от юридических и физических лиц, индивидуальных предпринимателей г. Томска сотрудники группы приема средств измерений (ГП СИ) ПЭО.

В обязанности ГП СИ входит [21]:

- проверка внешнего вида, комплектности, правильности заполнения заявки;
- формирование и выдача счетов для оплаты с использованием договора на проведение калибровки средств измерений, утвержденным преysкурантом цен;
- формирование в программе 1С: «Бухгалтерия» квитанции на сдачу СИ на калибровку и на получение средств измерений из калибровки;
- размещение средств измерений на стеллажах «в поверку/ на калибровку» ГП СИ (склад), закрепленных за отделами поверки СИ по видам измерений, либо за отдельным предприятием.

Из группы приема средства измерения разносятся по лабораториям соответствующих отделов поверки средств измерений работниками эксплуатационно-технического отдела. Перенос средств измерений осуществляется в специально предназначенной для этого таре.

Калибровка средств измерений может производиться как на территории ФБУ «Томский ЦСМ», так и на территории заказчика.

Место калибровки выбирает заказчик, исходя из экономических факторов и возможности транспортировки калибруемых средств измерений и эталонов. Место проведения калибровки согласовывается с начальниками отделов поверки средств измерений.

Начальниками отделов поверки средств измерений проводится ежедневное планирование работ по калибровке средств измерений на основании оперативных заявок и поступивших из группы приема средств измерений: определяется число сотрудников, работающих в лабораториях непосредственно в ФБУ «Томский ЦСМ», на «выезде», направленных в командировки.

На ежедневных планерках работа распределяется между работниками, назначенными начальником отдела.

Калибровка средств измерений осуществляется в установленные договором сроки (плановая – в течение 15 рабочих дней, срочная – в течение 3-х), по утвержденным методикам калибровки на конкретное средств измерений, с обязательным контролем условий проведения калибровки [21].

Данные экспериментальных исследований, полученные в процессе калибровки, заносятся в протокол. Формы протоколов для сдаваемых на калибровку средств измерений указаны в нормативных документах на калибровку средств измерений.

Внесение изменений или дополнений в подготовленные и подписанные протоколы не допускается.

На откалиброванное средства измерений выписывается «Сертификат о калибровке средств измерений», на которое наносится оттиск калибровочного клейма.

Сертификат о калибровке регистрируют в журнале регистрации сертификатов о калибровке средств измерений. Условия производственной среды при проведении калибровки обязательно контролируются и регистрируются в журнале [21].

Откалиброванные средства измерений переносятся из отделов поверки средств измерений в группу приема средств измерений работниками ЭТО и помещаются на стеллаж «поверенные СИ/откалиброванные СИ» склада.

Работники группы приема делают отметку в квитанции на сдачу средств измерений, на калибровку о дате поступления средств измерений из лаборатории и оповещают Заказчика о выполнении работ.

При наличии оплаты, квитанции на получение средств измерений и доверенности на получение средств измерений средства измерений выдаются Заказчику вместе со счет - фактурой и двумя экземплярами акта сдачи-приемки работ (оказанных услуг). Один, подписанный со стороны Заказчика, экземпляр акта возвращается в ФБУ «Томский ЦСМ» [21].

2.5 Выводы и постановка задачи исследования

В данной главе на основании нормативной документации, публикаций периодических изданий и других источников выполнен анализ современного состояния проведения калибровочных работ в Российской Федерации. Приведен анализ определения понятия «калибровка», где действующие определения понятия калибровки средств измерения дополняют друг друга, а это имеет возможность для того, чтобы в новых документах сформулировать базовое понятие. Исследованы основные критерии при аккредитации на право проведения калибровочных работ в национальной системе аккредитации, в котором особое внимание уделяется руководству по качеству, персоналу и эталонной базе. Также отражены виды калибровочных лабораторий, их преимущества и недостатки. Не смотря на то, что ФБУ «Томский ЦСМ» проводит калибровку средств измерений, так как сертифицирован на соответствие требования стандарта ISO 9001:2015, на данный момент ФБУ «Томский ЦСМ» стремится аккредитоваться в Россаккредитации на право проведения калибровочных работ.

Таким образом, для расширения объемов калибровочных работ необходима разработка нормативно-правовых актов, в которые входит методика калибровка, адекватно устанавливающего сферу компетенции органа по метрологии при проведении калибровки.

3 Разработка методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ»

Измерения, выполняемые в процессе калибровки должны проводиться по методике калибровки. Данная методика разрабатывается в соответствии с нормативной документацией, в которой приводятся структура и содержание разделов методики калибровки. В связи с отсутствием методики калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов, оформленного в виде нормативного документа либо локального нормативного акта, является целесообразным ее разработать.

3.1 Требования к структуре и содержанию методики калибровки средства измерений

Для определения структуры, необходимо произвести сопоставительный анализ нормативных документов. Рекомендации по содержанию методики калибровки регламентированы ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [15], ГОСТ Р 8.879 [22] и Р РСК 002 [23].

Проведенный сопоставительный анализ показал, что структура содержания методик калибровки практически идентичны друг другу.

Методика калибровки обязательно должна содержать такие разделы как: технические требования, требования к квалификации калибровщиков и по обеспечению безопасности, подготовка и процедура калибровки, обработка результатов измерений, а в заключении оформление результатов калибровки.

Структуры содержания методик калибровки носят рекомендательный характер, поэтому могут полностью не применяться. В связи с этим нами предложена следующая структура методики калибровки:

- вводная часть;
- технические требования;

- требования к квалификации калибровщиков;
- требования по обеспечению безопасности;
- подготовка к процедуре калибровки;
- процедура калибровки;
- оценка неопределённости измерений при калибровке;
- оформление результатов калибровки;
- приложения.

3.2 Описание и принцип действия мультиметра-калибратора U1401B

Мультиметр-калибратор U1401B предназначен для измерения параметров электрических цепей постоянного и переменного тока, определения работоспособности полупроводниковых диодов, тестирования электрических цепей на непрерывность, а также воспроизведения напряжения и силы постоянного тока.

Область применения – электротехника, электроприводы, промышленная автоматизация, системы распределения энергии и электромеханическое оборудование.

Мультиметр-калибратор U1401B представляет собой многофункциональный портативный измерительный прибор, конструктивно выполненный в специальном пластмассовом ударопрочном корпусе. Внешний вид мультиметра-калибратора U1401B представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Внешний вид мультиметра-калибратора U1401B

На передней панели средства измерений находятся функциональные клавиши, поворотный переключатель, входные и выходные разъёмы, необходимые для соединения измерительных проводов и подключения их к измеряемой (тестируемой) цепи, жидкокристаллический цифровой дисплей. Включение и выключение средства измерений, выбор режимов измерения осуществляется при помощи поворотного переключателя. Для переключения пределов измерений и выбора специальных функций при измерениях нужны функциональные клавиши.

Для проведения измерений средство измерений непосредственно подключают к измеряемой цепи. Процесс измерения отображается на жидкокристаллическом цифровом дисплее в виде цифровых значений результатов измерений, индикаторов режимов измерений, индикаторов единиц измерений и предупреждающих индикаторов. Технические характеристики представлены в таблице 6 [24].

Таблица 6 - Технические характеристики U1401B

Режим работы	Функции	Диапазон
--------------	---------	----------

Измерение	Напряжение постоянного тока	от 0 до 250 В
	Сила постоянного тока	от 0 до 500 мА
	Напряжение переменного тока	от 0 до 250 В от 45 Гц до 20 кГц
	Сила переменного тока	от 0 до 500 мА от 45 Гц до 5 кГц
	Сопротивление	от 0 Ом до 50 МОм
Воспроизведение	Напряжение постоянного тока	от 0 до 15 В
	Сила постоянного тока	от 0 до 25 мА

Принцип работы мультиметра-калибратора U1401В заключается в преобразовании входного аналогового сигнала с помощью АЦП, последующей математической обработкой измеренных величин в зависимости от алгоритма расчета измеряемого параметра и отображении результатов на жидкокристаллическом дисплее.

3.3 Выбор структурной схемы и алгоритма калибровки

К способам калибровки средств измерений относятся следующие:

1) прямое измерение калибруемым измерительным прибором величины, воспроизводимой эталонной мерой. Структурная схема представлена на рисунке 6 [25].

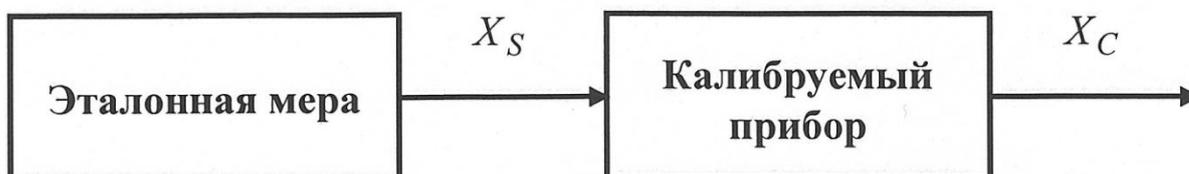


Рисунок 6 – Структурная схема калибровки средства измерений с помощью эталонной меры

Этот метод широко применяется при калибровке различных средств измерений, например, в области электрических и магнитных измерений при определении метрологических характеристик измерительных приборов

непосредственной оценки, предназначенных для измерения тока, напряжения, частоты. Основой метода является проведение одновременных измерений одного и того же значения физической величины калибруемым и эталонным средствами измерений. При калибровке с помощью данного метода устанавливают некоторое значение величины X и сравнивают результаты измерения (показания) этой величины с калибруемым X_c и эталонными X_s средствами измерений. Показания эталона рассматривают как действительные значения величины. Достоинством метода является простота, наглядность, отсутствие необходимости применения сложного оборудования.

Значение систематической погрешности Δ калибруемого измерительного прибора в точке его диапазона измерений, в которой проводится калибровка, определяется с помощью формулы 8:

$$\Delta = (X_C + \Delta_C) - (X_S + \Delta_S), \quad (8)$$

где X_C – показания калибруемого прибора,

Δ_C – поправка к показаниям калибруемого прибора,

X_S – значение величины, воспроизводимой эталонной мерой,

Δ_S – поправка к значению величины, воспроизводимой эталонной мерой.

2) Метод сличения калибруемого средства измерения и эталонного измерительного прибора с помощью устройства сравнения. Структурная схема изображена на рисунке 7 [25].

При реализации второго способа проводят сличение калибруемого и эталонного приборов, с помощью которых осуществляют прямые измерения величины, воспроизводимой устройством сравнения. При этом под устройством сравнения понимают техническое средство или определенную среду, посредством которых возможно выполнять сравнение друг с другом показания однородных приборов. В качестве устройств сравнения могут быть использованы, например, жидкость для сравнения показаний

ареометров; температурное поле, создаваемое термостатом, для сравнения показаний термометров; давление среды, создаваемое компрессором, для сравнения показаний манометров и др.

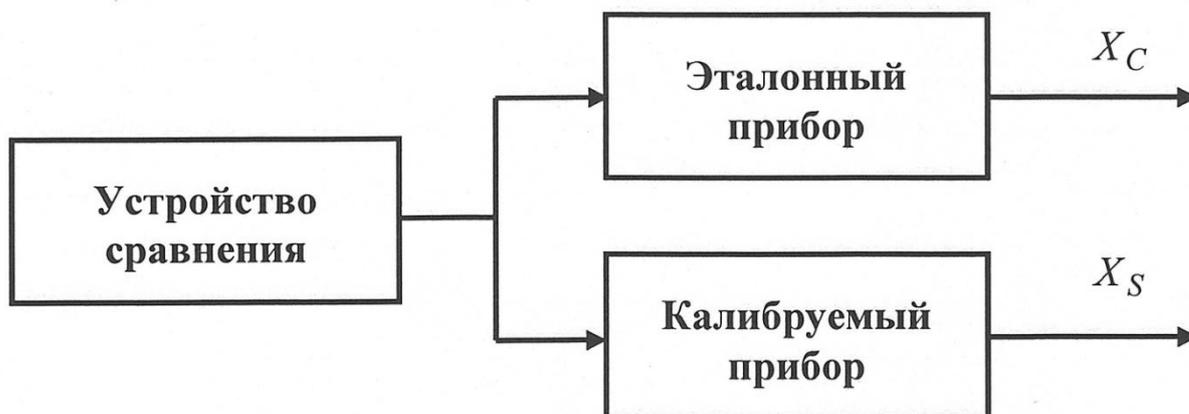


Рисунок 7 – Структурная схема калибровки средства измерения сличением с эталонным средством измерений

Значение систематической погрешности Δ калибруемого измерительного прибора в точке его диапазона измерений, в которой проводится калибровка, определяется формулой 9:

$$\Delta = (X_C + \Delta_C) - (X_S + \Delta_S) + \Delta_{УС}, \quad (9)$$

где X_C – показания калибруемого прибора,

Δ_C – поправка к показаниям калибруемого прибора,

X_S – значение величины, воспроизводимой эталонной мерой,

Δ_S – поправка к значению величины, воспроизводимой эталонной мерой;

$\Delta_{УС}$ – погрешность устройства сравнения, характеризующая неэквивалентность значений воспроизводимой величины на входах калибруемого и эталонного приборов.

3) прямое измерение эталонным измерительным прибором величины, воспроизводимой калибруемой мерой. Структурная схема представлена на рисунке 8 [25].

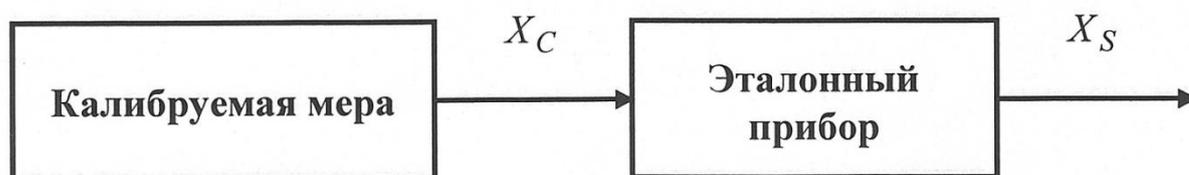


Рисунок 8 – Структурная схема калибровки меры с помощью эталонного средства измерений

Значение величины, воспроизводимой калибруемой мерой, определяется формулой 10:

$$X_C = X_S + \Delta_S, \quad (10)$$

где X_C – показания калибруемого прибора,

X_S – значение величины, воспроизводимой эталонной мерой,

Δ_S – поправка к значению величины, воспроизводимой эталонной мерой.

4) метод сличений значений, воспроизводимых калибруемой и эталонной мерами, с помощью компаратора. Структурная схема изображена на рисунке 9 [25].

В некоторых случаях оказывается невозможным сравнить показания средств измерений одной и той же величины. Измерение этих величин выполняют путем введения в схему калибровки некоторого промежуточного звена – компаратора, позволяющего косвенно сравнивать две однородные или разнородные физические величины (с помощью компаратора). Компаратором может быть средство измерения, одинокого реагирующего на сигнал как эталонного, так и калибруемого измерительного прибора. При сличении мер сопротивления, индуктивности, емкости в качестве компараторов используют мосты постоянного и переменного тока, при сличении мер ЭДС – потенциометры, при сличении мер массы калибруемой гири с эталонной – весы.

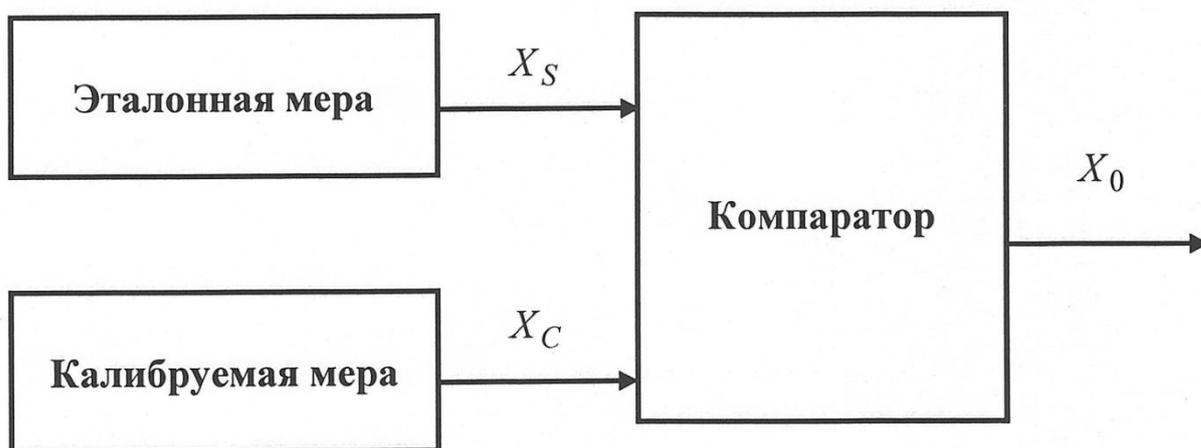


Рисунок 9 – Структурная схема калибровки меры сличением с эталонной мерой

Значение величины, воспроизводимой калибруемой мерой, определяется формулой 11:

$$X_c = (X_s + \Delta_s) + (X_0 + \Delta_0), \quad (11)$$

где X_c – показания калибруемого прибора,

X_s – значение величины, воспроизводимой эталонной мерой,

Δ_s – поправка к значению величины, воспроизводимой эталонной мерой;

X_0 – показания компаратора;

Δ_c – поправка к показаниям компаратора.

При калибровке мультиметра-калибратора U1401В используется метод прямого измерения калибруемым измерительным прибором величины, воспроизводимой эталонной мерой при измерении величин. Способ прямого измерения эталонным измерительным прибором величины, воспроизводимой калибруемой мерой применяется при воспроизведении величин.

На основании структуры разработан общий алгоритм проведения калибровки, приведенный на рисунке 10, который может быть положен в основу типовой методики калибровки.

В алгоритме отражена последовательность работ по проведению калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов.



Рисунок 10 – Алгоритм проведения калибровки

Также подробно в форме алгоритма представлен этап калибровки «Определение действительных значений метрологических характеристик», изображенный на рисунке 11.

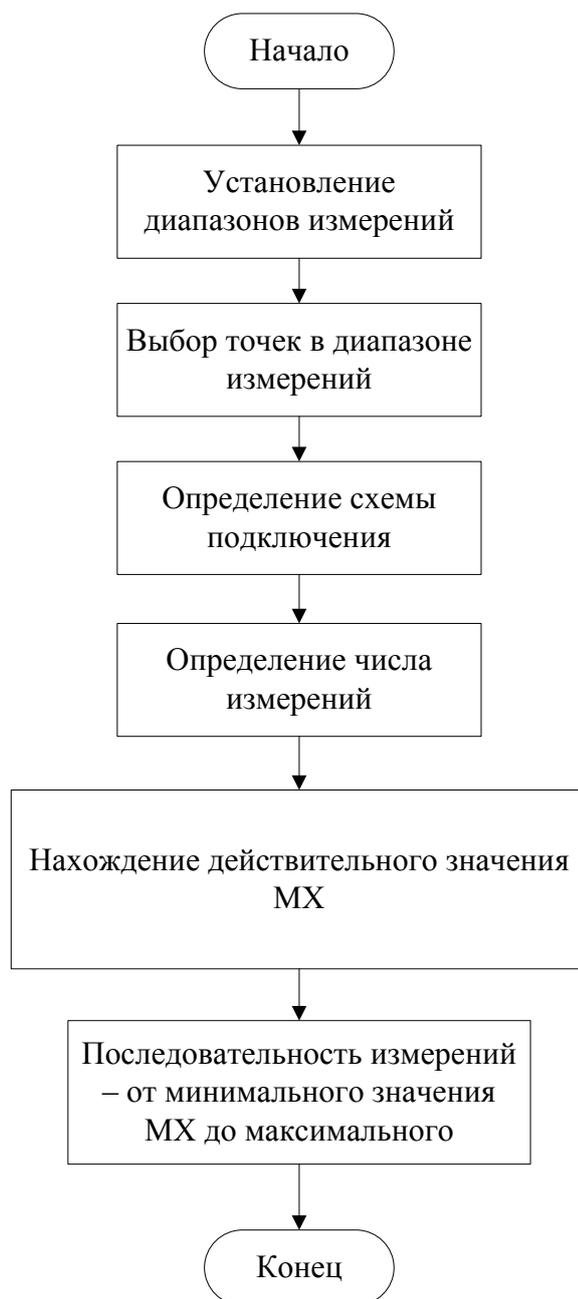


Рисунок 11 – Алгоритм определения действительных значений метрологических характеристик

Этап калибровки «Оценка неопределенности измерений» представлен на рисунке 12. Детальное описывание данного этапа позволяет учесть все составляющие неопределенности для вычисления расширенной неопределенности.



Рисунок 12 – Алгоритм проведения оценки неопределенности измерений

3.4 Оценивание неопределённости измерений при передаче размера единицы величины эталоном

Оценивание неопределенности по типу А применяется, когда имеются результаты n независимых измерений одной из входных величин x_i , проведенных в одинаковых условиях: x_{i1}, \dots, x_{in} . В качестве значения x_i этой величины принимают среднее арифметическое значение [26].

Средние арифметические значения n -независимых измерений и воспроизведений метрологических характеристик средства измерений (в единицах измеряемой величины), рассчитывают по формуле 12:

$$\overline{X}_{MXi} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{k=1}^n X_{MXik}, \quad (12)$$

где i - контрольная точка;

k - количество измерений;

X_{MXik} - результат k -го измерения в i -ой контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Стандартные неопределенности по типу А (в единицах измеряемой величины) для метрологических характеристик рассчитывают по формуле 13:

$$u_{MX Ai} = \sqrt{\frac{1}{k(k-1)} \cdot \sum_{k=1}^n (X_{MXik} - \overline{X}_{MXi})^2}, \quad (13)$$

где $u_{MX Ai}$ - стандартная неопределённость по типу А для измерений и воспроизведения метрологических характеристик в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Исходными данными для оценивания значения величины и ее стандартной неопределенности по типу В (в единицах измеряемой величины) являются следующие источники неопределенности [26]:

- неопределенность, обусловленная погрешностью средства калибровки;
- дискретность отсчета;
- неопределенность, обусловленная отклонением температуры от нормальной.

Стандартные неопределенности по типу В (в единицах измеряемой величины), обусловленные погрешностью средства калибровки, рассчитывают по формуле 14:

$$u_{Bki} = \frac{\Delta_{\sigma i}}{\sqrt{3}}, \quad (14)$$

где Δ_{σ} - абсолютная погрешность средства калибровки (в единицах измеряемой величины);

u_{Bki} - стандартная неопределённость по типу В для метрологических характеристик средства калибровки в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Стандартная неопределенность по типу В (в единицах измеряемой величины), обусловленная погрешностью квантования калибруемого средства калибровки, рассчитывают по формуле 15:

$$u_{B_{кв}ki} = \frac{\Delta_{кв}}{\sqrt{3}}, \quad (15)$$

где $\Delta_{кв}$ - абсолютная погрешность квантования калибруемого средства измерений (в единицах измеряемой величины);

$u_{B_{кв}ki}$ - стандартная неопределённость по типу В квантования в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Стандартную неопределенность по типу В (в единицах измеряемой величины), обусловленную отклонением температуры от нормальной, рассчитывают по формуле 16:

$$u_{B_{т}ki} = \frac{\Delta_t}{\sqrt{3}}, \quad (16)$$

где Δ_t - абсолютная погрешность обусловленная отклонением температуры от нормальной калибруемого средства измерений (в единицах измеряемой величины);

$u_{B_{т}ki}$ - стандартная неопределённость по типу В обусловленная отклонением температуры от нормальной в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Суммарные стандартные неопределенности измерений и воспроизведений метрологических характеристик (в единицах измеряемой величины), соответственно рассчитывают по формуле 17:

$$u_{измci} = \sqrt{u_{MX Ai}^2 + u_{B_{кв}ki}^2 + u_{B_{т}ki}^2 + u_{B_{т}ki}^2}, \quad (17)$$

где u_{ci} - суммарная стандартная неопределённость для измерения и воспроизведения метрологической характеристики в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Относительную расширенную неопределенность измерений и воспроизведений метрологических характеристик (в единицах измеряемой величины), рассчитывают по формуле 18:

$$U_{измi} = k \cdot u_{ci}, \quad (18)$$

где k - коэффициент охвата;

$U_{измi}$ - суммарная стандартная неопределённость для измерений метрологических характеристик (в единицах измеряемой величины).

Все составляющие неопределенности распределены по равномерному закону, поэтому их композиция распределена по нормальному закону. Коэффициент охвата в этом случае соответствует коэффициенту охвата для нормального закона и уровню доверия $P = 0,95$ $k = 2$.

Результаты измерений и оценки неопределённости измерений заносят в таблицу протокола калибровки.

3.5 Выводы по результатам апробации методики калибровки

В данном разделе приведен анализ нормативной документации, распространяющиеся на требования, предъявляемые к методике калибровки, различные структурные схемы, используемые при калибровке средств измерений, а также представлен алгоритм калибровки с подробным описанием этапов «Определение действительных значений» и «Оценка неопределенности измерений». Проведен анализ требований к структуре методики калибровки.

По разработанной методике, представленная в приложении А, были исследованы метрологические характеристики мультиметра-калибратора

U1401B. По результатам калибровки составлен сертификат о калибровке и протокол калибровки, представленные в приложениях Б и В.

Опыт проведения калибровки мультиметра-калибратора U1401B показал преимущества и уникальность разработанной методики калибровки, и позволило учесть следующие аспекты:

- выбор нормативных документов, в соответствии с которыми проводится калибровка;
- определение условий проведения калибровки;
- выбор средств калибровки;
- нахождение действительных значений метрологических характеристик;
- оценка неопределенности измерений: определение формул расчета и источников неопределенности.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель магистерской диссертации – разработать методику калибровки комбинированных многодиапазонных эталонов. Поэтому процесс написания методики калибровки не несет в себе особых денежных затрат.

В данном разделе комплексно описаны и проанализированы финансово-экономические аспекты выполненной работы. Произведена оценка полных денежных затрат на исследование, а также дана приближенная экономическая оценка результатов его внедрения. В заключении дана комплексная оценка научно-техническому уровню работы на основе экспертных данных.

4.1 Организация и планирование работ

Планирование исследования включает в себя процессы определения общего содержания работ, участников исследования, разработки последовательности действий и установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований [27].

Необходимо составить полный перечень проводимых работ, произвести распределение исполнителей по видам работ и определить рациональную продолжительность.

В таблице 7 представлен перечень выполненных в ходе диссертации работ, а также исполнители (Н – научный руководитель, С – студент) и их загрузка.

Таблица 7 – Перечень выполненных в ходе диссертации работ

Номер этапа	Этап работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач	НР	НР – 100 %
2	Составление и утверждение ТЗ	НР, С	НР – 100 %

			С – 20 %
3	Подбор и изучение материалов	НР, С	НР – 40 % С – 100 %
4	Разработка календарного плана	НР, С	НР – 100 % С – 20 %
5	Обсуждение литературы	НР, С	НР – 20 % С – 100 %
6	Разработка методики калибровки	С	С – 100 %
7	Проведение экспериментальных исследований	С	С – 100 %
8	Выводы по результатам апробации методики калибровки	НР, С	НР – 40 % С – 100 %
9	Оформление расчетно-пояснительной записки	С	С – 100 %
10	Оформление графического материала	С	С – 100 %
11	Подведение итогов	НР, С	НР – 50 % С – 100 %

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Для расчета продолжительности этапов работ был использован опытно-статистический метод. Для определения ожидаемых значений продолжительности работ $t_{ож}$ использовали следующую формулу 19:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (19)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для того, чтобы построить линейный график, необходимо произвести расчет длительности этапов в рабочих днях $T_{РД}$, после чего перевести ее в календарные дни. Использовали формулу 20:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (20)$$

где K_{BH} – коэффициент выполнения работ, который учитывает влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей (примем $K_{BH} = 1$);

K_D – коэффициент, который учитывает дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ (примем $K_D = 1,2$).

Перевод продолжительности этапа из рабочих дней в календарные осуществляется по формуле 21:

$$T_{KD} = T_{PD} \cdot T_K, \quad (21)$$

где T_{KD} – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, который позволяет перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях. Этот коэффициент рассчитывается по формуле 22:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (22)$$

где $T_{КАЛ}$ – число календарных дней ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – число выходных дней (для 2016 года $T_{ВД} = 53$);

$T_{ПД}$ – число праздничных дней (для 2016 года $T_{ПД} = 14$).

Подставив в формулу (22) числовые значения, получили $T_K = 1,225$.

В таблице 8 представлено определение продолжительности этапов работ, а также их трудоемкости по исполнителям, задействованным на каждом этапе.

Таблица 8 – Трудозатраты на выполнение диссертации

Номер этапа	Испол- нители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям, чел.-дн.			
					T_{PD}		T_{KD}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	С	НР	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	НР	2,00	5,00	3,20	3,84	0,00	4,70	0,00
2	НР, С	1,00	3,00	1,80	2,16	0,43	2,65	0,53

3	НР, С	14,00	20,00	16,40	7,87	19,68	9,64	24,11
4	НР, С	2,00	4,00	2,80	3,36	0,67	4,12	0,82
5	НР, С	3,00	6,00	4,20	1,01	5,04	1,23	6,17
6	С	15,00	20,00	17,00	0,00	20,40	0,00	24,99
7	С	1,00	3,00	1,80	0,00	2,16	0,00	2,65
8	НР, С	4,00	5,00	4,40	2,11	5,28	2,59	6,47
9	С	6,00	9,00	7,20	0,00	8,64	0,00	10,58
10	С	7,00	10,00	8,20	0,00	9,84	0,00	12,05
11	НР, С	6,00	9,00	7,20	4,32	8,64	5,29	10,58
Итого				74,2	24,67	80,78	30,22	98,95

Используя величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{кд}$, построили линейный график осуществления проекта, представленный в таблице 9. На графике работы для научного руководителя выделены косой штриховкой, а студента – сплошной заливкой.

Таблица 9 – Линейный график работ

Номер этапа	НР	С	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	4,70	0,00	▨													
2	2,65	0,53	▨													
3	9,64	24,11		▨												
4	4,12	0,82														
5	1,23	6,17														
6	0,00	24,99														
7	0,00	2,65														
8	2,59	6,47														

Разработка календарного плана	3,28	30,91
Обсуждение литературы	4,92	35,83
Разработка методики калибровки	6,01	64,87
Проведение экспериментальных исследований	1,76	58,86
Выводы по результатам апробации методики калибровки	7,03	57,10
Оформление расчетно-пояснительной записки	16,59	81,46
Оформление графического материала	8,00	89,46
Подведение итогов	10,54	100,00

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В данном пункте приведены все расходы, необходимые для реализации работ в рамках написания магистерской диссертации. Т.к. работа не предполагает расходы на услуги сторонних организаций, командировки и т.п., учитываются следующие затраты [27]:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- затраты на электроэнергию;
- амортизационные расходы;
- прочие расходы.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относят стоимость материалов и покупных изделий, приобретенных непосредственно для реализации проекта [27]. Цена материальных ресурсов определяется соответствующими ценниками либо договорами поставки. Также включаются расходы на совершение сделки купли-продажи, т.е. транзакции (ТРЗ). Они приближенно оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это от 5 до 20 %. В таблице 11 представлены затраты на материалы для реализации проекта.

Таблица 11 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Ручка шариковая	40	1	40
Бумага для принтера формата А4	280	2	560
Картридж для принтера	700	1	700
Итого:			1300

Размер ТРЗ выбирается самостоятельно исполнителем работы. Допустим, ТЗР составляет 10 % от отпускной цены материалов, следовательно, расходы с учетом ТЗР равны $C_{mat} = 1300 \cdot 1,1 = 1430$ руб.

4.2.2 Расчет заработной платы

В данной статье расходов учитывается заработная плата научного руководителя (НР) и инженера, т.е. студента-дипломника (С), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

В качестве научного руководителя выступает директор центра стандартизации и метрологии с окладом 62369,05 рублей в месяц.

В качестве исполнителя проекта выступает инженер по метрологии с окладом 12473,81 рублей в месяц.

Количество рабочих дней в 2017 году при 5 дневной рабочей неделе – 247. Следовательно, в среднем, в месяце 20,58 рабочих дней.

$$ЗП_{\text{дн-м}} = \frac{МО}{20,58}, \quad (24)$$

где $МО$ – месячный оклад исполнителя работ.

В таблице 12 приведены расчеты затрат на полную заработную плату $C_{ЗП}$. Для каждого исполнителя затраты времени округлены и взяты из таблицы 8. Также используются коэффициенты премий ($K_{П}$), дополнительной заработной платы ($K_{доп.ЗП}$) районной надбавки ($K_{р}$). Значения данных коэффициентов следующие: $K_{П} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,113$; $K_{р} = 1,3$. Таким образом, переход от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, участвующего в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) осуществляется путем умножения тарифной суммы на интегральный коэффициент $K_u = 1,1 \cdot 1,113 \cdot 1,3 = 1,592$. Данный коэффициент справедлив при расчетах для пятидневной рабочей неделе.

Таблица 12 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент K_u	Фонд заработной платы, руб.
НР	62369,05	3030,57	25	1,592	120616,69
С	12471,81	606,02	81	1,592	78147,491
Итого $C_{ЗП}$					198764,18

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Единый социальный налог (ЕСН) включает в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляющие 27 % от полной заработной платы по проекту. Затраты на ЕСН $C_{соц} = 0,27 \cdot C_{ЗП} = 53666,33$ руб.

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов определяется затратами на электроэнергию, потраченную на работу используемого оборудования при выполнении проекта. Эти затраты рассчитываются по формуле 25:

$$C_{эл.об} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э}, \quad (25)$$

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

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

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

Для ФБУ «Томский ЦСМ» значение $Ц_{э} = 5,862$ руб./ кВт·час с учетом НДС.

Время работы оборудования определяется на основе итоговых данных таблицы 2 ($T_{рД}$) для исполнителя С из расчета восьмичасового рабочего дня по следующей формуле 26:

$$t_{об} = T_{рД} \cdot K_t, \quad (26)$$

где K_t – коэффициент использования оборудования по времени, определяемый самостоятельно исполнителем.

Мощность, потребляемая оборудованием, вычисляется по формуле 27:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_C, \quad (27)$$

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

K_C – коэффициент загрузки, который зависит от средней степени использования номинальной мощности. Приняли $K_C = 1$, т.к. использовали технологическое оборудование малой мощности.

В таблице 13 представлен расчет затрат на электроэнергию для технологических целей.

Таблица 13 – Затраты на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об}$, руб.
Персональный компьютер	554,4	0,3	974,97
Струйный принтер	20	0,1	11,72
Итого			986,69

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В данной статье рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется следующая формула 28:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (28)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_D – действительный годовой фонд времени работы оборудования, в 2017 году (247 рабочих дней при пятидневной рабочей неделе) можно принять $F_D = 247 \cdot 8 = 1976$ часа;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для расчета значения H_A необходимо знать рамочные значения сроков амортизации оборудования C_A . Величина H_A является обратной величине C_A . В таблице 14 представлены расчеты амортизационных расходов.

Таблица 14 – Амортизационные расходы

Наименование оборудования	C_A , лет	H_A	$Ц_{об}$, руб.	$t_{рф}$, час	n	C_{AM} , руб.
Персональный компьютер	2,50	0,40	50000,00	554,4	1,00	5611,34
Струйный принтер	2,00	0,50	13500,00	20	1,00	34,16
Итого						5645,50

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье прочих расходов учитываются расходы на выполнение проекта, которые не были учтены в предыдущих статьях. Их принимают

равными 10 % от суммы всех предыдущих расходов, т.е. $C_{проч} = 0,1 \cdot (C_{мат} + C_{ЗП} + C_{соц} + C_{эл.об} + C_{АМ})$. Получили значение 26049,27 руб.

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, определили общую себестоимость проекта «Разработка методики калибровки комбинированных и многофункциональных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ». В таблице 15 представлена смета затрат.

Таблица 15 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{мат}$	1430
Основная заработная плата	$C_{ЗП}$	198764,18
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	53666,33
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.об}$	986,69
Амортизационные отчисления	$C_{АМ}$	5645,5
Прочие расходы	$C_{проч}$	26049,27
Итого		286541,97

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 286541,97$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли

При отсутствии у исполнителя данных для применения «сложных» методов определения прибыли от реализации проекта, принимается значение в размерах от 5 до 20 % от полной себестоимости проекта. Будем считать, что она составила 10 %, тогда прибыль от реализации проекта – 28654,20 руб.

4.2.9 Расчет НДС

На сегодняшний день НДС составляет 18 % от суммы затрат на разработку и прибыли. Тогда для данного проекта НДС принимает значение 51577,55 руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена разработки НИР равна полной себестоимости, прибыли и НДС, т.е. $C_{НИР} = 338119,52$ руб.

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Экономический эффект от разработки носит универсальный общепроизводственный и общенаучный характер и определяется областями, которым присущи высокоточные измерения любых количественных показателей.

Величина эффекта может определяться только условно (в зависимости от диапазона применения методики) в результате специально организованного объемного исследования, что выходит за рамки представленной работы.

4.4 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень показывает, насколько проект влияет на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в области исследования. Чтобы определить научную ценность, техническую значимость и эффективность НИР, используются балльные оценки, т.е. каждый фактор оценивается определенным количеством баллов. Далее

проводится обобщенная оценка по сумме баллов всех показателей. На основании обобщенной оценки делается вывод о целесообразности НИР [27].

Метод балльных оценок заключается в том, что на основании оценок признаков работы вычисляется интегральный индекс ее научно-технического уровня (НТУ) по следующей формуле 29:

$$I_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (29)$$

где $I_{НТУ}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта в баллах.

В таблице 16 представлены частные оценки уровня n_i и их краткое обоснование.

Таблица 16 – Оценка научно-технического уровня НИР

Значимость	Признак НТУ	Уровень фактора	Выбранный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны (n_1)	Относительно новая	3	Трудность в разработке методик калибровки
0,1	Теоретический уровень (n_2)	Разработка методики	6	Построение алгоритма проведения калибровки комбинированных и многодиапазонных средств измерений
0,5	Возможность реализации (n_3)	В течение первых лет	10	Внедрение разработанной методики после утверждения

Исходя из данных таблицы 11, получили следующее значение интегрального показателя НТУ для проекта:

$$I_{НТУ} = 0,4 \cdot 3 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 1,2 + 0,6 + 5,0 = 6,8.$$

Следовательно, данный проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

5 Социальная ответственность

Безопасность человека обеспечивается отсутствием недопустимого риска, связанного с причинением вреда жизни или здоровью, в процессе разнообразной жизнедеятельности, как в производственной, так и в непроизводственной сферах. В условиях производственной деятельности безопасность работника обеспечивается либо исключением воздействия на него опасного и вредного факторов производственной среды и трудового процесса, либо ограничением их уровней воздействия нормативными значениями.

В данной главе будет разработан комплекс мероприятий, который позволит свести к минимуму или ликвидировать негативные влияния факторов, возникающие при работе с компьютером.

5.1 Производственная безопасность

На современном уровне развития промышленности, в процессе эксплуатации предприятий производственной сферы все чаще возникает проблема обеспечения безопасности производственного персонала, и населения.

К вредным факторам относятся:

- длительное пребывание в одном и том же (сидячем) положении и повторение однотипных движений, монотонность труда;
- умственное перенапряжение, обусловленное характером решаемых задач;
- большой объем перерабатываемой информации;
- нервно-эмоциональные и нервно-психические перегрузки, в особенности у начинающих пользователей; стресс при потере информации;
- повышенная пульсация светового потока;

- широкий спектр излучения от дисплея, который включает рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области;
- повышенный уровень электромагнитных излучений различных частот от монитора и системного блока;
- повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;
- загрязнение воздуха вредными веществами, пылью и аэроионами;
- утомление глаз, повышенная нагрузка на зрение;
- повышенная нагрузка на опорно-двигательный аппарат, в особенности на позвоночник и суставы верхних конечностей, главным образом – кистей;
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;
- возникновение на экране монитора статических зарядов, заставляющих частички пыли двигаться к ближайшему заземленному предмету, которым оказывается лицо пользователя.

Опасными факторами являются:

- повышенный уровень статического электричества при неправильно спроектированной рабочей зоне;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- опасность возникновения пожара.

Таблица 17 – Вредные и опасные факторы при разработке методики калибровки

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа с компьютером	1) отклонение показателей микроклимата рабочей зоны; 2) повышенная пульсация светового потока;	1) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;	1) параметры микроклимата - СанПиН 2.2.4-548-96 [2]; 2) освещение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [3]; 3) уровень шума -

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
	3) уровень шума на рабочем месте; 4) повышенный уровень вибрации; 5) повышенный уровень электромагнитных и ионизирующих излучений в рабочей зоне	2) повышенный уровень статического электричества	СанПиН 2.2.4/2.1.8.562–96 [4]; 4) электромагнитные излучения - СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [3]; 5) электробезопасность - ГОСТ 12.1.038–82 [6]

Далее более подробно рассмотрим опасные и вредные факторы, воздействующие на метролога, возникающие в связи с разработкой, данной системы.

5.1.1 Производственная санитария

5.1.1.1 Микроклимат рабочей зоны метролога

Микроклимат производственных помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей [28].

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. Указанные параметры нормируются исходя из категории работ, определенной в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 [29]. В соответствии с таблицей умственную работу можно отнести к категории 1б: работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие

систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей.

СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливает также оптимальные и допустимые уровни показателей микроклимата, которым должны соответствовать уровни показателей на рабочем месте представленные в таблицах 18 и 19.

Таблица 18 – Оптимальные величины показателей микроклимата

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

Для обеспечения комфортных условий могут быть использованы как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, современная отопительная система).

Таблица 19 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

5.1.1.2 Освещение рабочего места

Освещение - получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда [28].

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк [30]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Коэффициент пульсации освещенности K_n не должен превышать 5 %.

В рассматриваемом помещении применяется совмещенное освещение. Основным источником освещения является 9 люминесцентных светильников с зеркальными решетками, имеющие габаритные размеры длина – 0,54 м, ширина – 0,54 м. В каждом из светильников установлено 4 люминесцентные лампы типа ЛБ-40. Светильники расположены над рабочими местами в 3 ряда и создают равномерное освещение рабочих мест.

Помещение предназначено для работы с персональным компьютером. План размещения светильников представлен на рисунке 13.

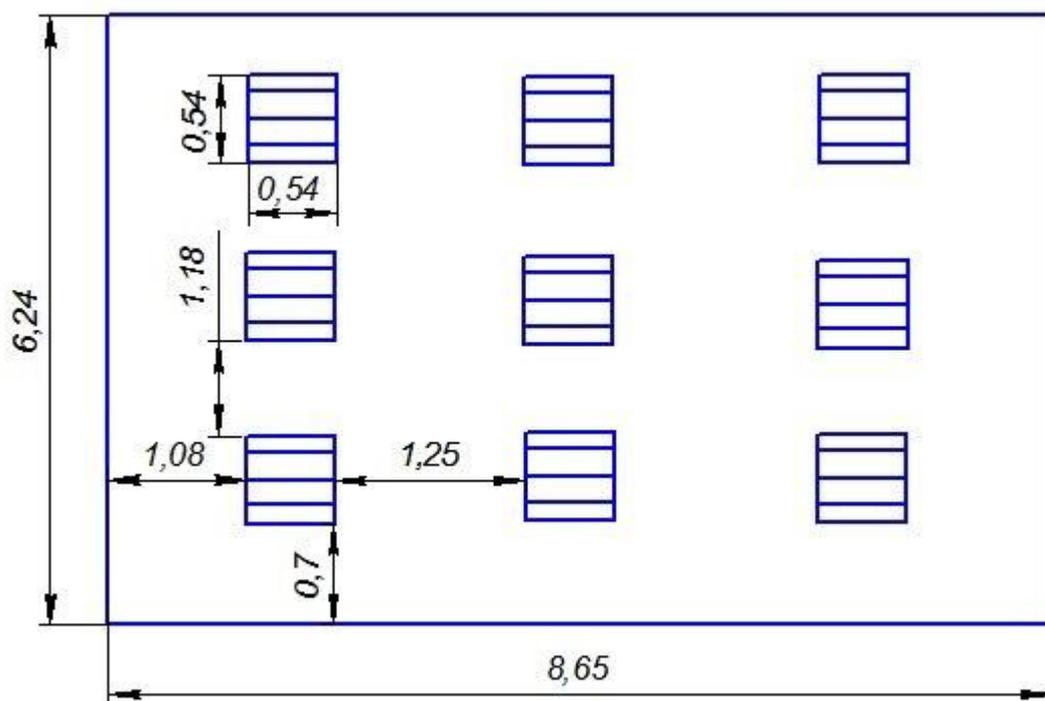


Рисунок 13 – План расположения светильников в рабочем помещении

Произведем расчет искусственного освещения помещения:

- размеры помещения: $A = 6,24$ м; $B = 8,65$ м; $H = 2,9$ м; $S = 54$ м²;
- количество рядов светильников $N = 3$;
- высота рабочей поверхности $h_p = 0,7$ м;
- коэффициент отражения стен $\rho_{ст} = 50$ %;
- коэффициент отражения потолка $\rho_n = 70$ %;
- коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли $K_3 = 1,5$;
- коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1$;
- параметр для светильника типа ОДР с защитной решеткой $\lambda = 1,1-1,3$;
- световой поток одной лампы $\phi_1 = 3200$ лм.

Рассчитываем индекс помещения i по формуле 30:

$$i = \frac{S}{H \cdot (A+B)} = 1,25. \quad (30)$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 48$ %.

Требуемый световой поток находим по формуле 31

$$\phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100 \%}{N \cdot \eta} = 18562,5 \text{ лм.} \quad (31)$$

В каждом светильнике 4 лампы со световым потоком 3200 лм.

Необходимое число светильников в ряду: $\frac{18852,5 \text{ лм}}{4 \cdot 3200 \text{ лм}} \approx 1$.

Рассчитаем фактическое освещение в помещении.

Число светильников в ряду 3 (число ламп 4):

$$\Phi = 3200 \text{ лм} \cdot 3 \cdot 4 = 38400 \text{ лм} \quad (32)$$

Фактическое освещение в помещении $\phi = 38400$ лм для одного ряда светильников, т.е. для трех светильников с четырьмя лампами. Рассчитываем фактическое значение освещения в помещении по формуле 33:

$$E_{\text{фактич}} = \frac{\phi \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100 \%} = 620,61 \text{ лк.} \quad (33)$$

Таким образом, освещение в помещении удовлетворяет установленным нормам. При этом количество светильников избыточно, поэтому одновременная их работа не является обязательным условием.

5.1.1.3 Воздействие шума

Производственный шум, как правило, рассматривают, как совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работающих неприятные субъективные ощущения [28].

Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается

речевая коммутация. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. Уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ по СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 [31]. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами.

Защиту от шума следует выполнять в соответствии СНиП 23-03-2003[32].

5.1.1.4 Опасность воздействия электромагнитного и ионизирующего излучения

Большинство ученых считают, что как кратковременное, так и длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья персонала, обслуживающего компьютеры.

Временно допустимые уровни электромагнитных полей при работе с компьютером, установленные СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [30], приведены в таблице 4.

Работа метролога по виду трудовой деятельности относится к группе В, а по напряженности работы ко II категории тяжести в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96, следовательно, стоит предложить сократить время работы за компьютером, делать перерывы при 8-ми часовой смене.

Таблица 20 – Временно допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Также следует применять мониторы с пониженным уровнем излучения (ТСО-95 и выше) и защитные экраны. Для снятия заряда защитный экран, установленный на мониторе необходимо заземлить.

5.1.2 Техника безопасности. Электробезопасность

Комната относится к 1 категории в соответствии правилами устройства электроустановок, т.е. помещение без повышенной опасности, т.к. в помещении не имеется токопроводящих полов, токопроводящей пыли, повышенной влажности и т.д.

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющей электромагнитного поля при работе с источниками СВЧ отражены в ГОСТ 12.1.006, для источников излучения в диапазоне от 60 кГц до 300 МГц допустимые уровни нормированы величинами напряженности электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля [34].

Организационные мероприятия: инструкция по охране труда на рабочем месте.

Блок питания компьютера, монитор, принтер должны подключаться к сети питания имеющей защитное заземление.

Соединять и разъединять вилки, розетки электрических соединений допускается только при выключенном сетевом выключателе. При работе с компьютером запрещается:

- использовать для подключения устройств к сети питания нестандартные разъемы и шнуры с плохой изоляцией;
- отключать во время работы кабели, соединяющие монитор и системный блок;
- работать с устройствами при снятом корпусе;
- оставлять устройство включенным без присмотра;

- вскрывать устройства; во всех случаях появления неисправностей необходимо отключить питание и сообщить об этом дежурному инженеру.

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

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

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

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

Предельно допустимое значение напряжений прикосновений и токов установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам.

5.2 Экологическая безопасность

Работа с ПК не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие

мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Исключением являются лишь случаи утилизации персонального компьютера как твердого отхода и как следствие загрязнение почвы или выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, углекислого газа, образование тепла в случае пожара.

При завершении срока службы ПК, его можно классифицировать, как отход электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования (например, кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы) согласно [36].

5.3 Работа в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность

Чрезвычайной ситуацией в здании, в котором размещена лаборатория может быть пожар.

Степень огнестойкости зданий принимается в зависимости от их назначения, категории по взрывопожарной и пожарной опасности, этажности, площади этажа в пределах пожарного отсека.

Здание, в котором находится лаборатория по пожарной опасности строительных конструкций относится к категории Б, поскольку здесь присутствуют горючие (книги, документы, мебель, оргтехника и т.д.) и трудносгораемые вещества (сейфы, различное оборудование и т.д.), которые при взаимодействии с огнем могут гореть без взрыва [35].

По конструктивным характеристикам здание можно отнести к зданиям с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона, где для перекрытий опускается использование деревянных конструкций,

защищенных штукатуркой или трудногорючими листовыми, а также плитными материалами.

Следовательно, здание имеет третью (III) степень огнестойкости [35].

Помещение лаборатории по функциональной пожарной опасности относится к классу Ф 5.1 – производственные здания, сооружения, производственные и лабораторные помещения, мастерские [35].

5.3.1 Причины возникновения пожара

Основные причины возникновения пожара [28]:

- нарушение порядка хранения пожароопасных материалов;
- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- применение неисправных осветительных приборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т. п.;
- перегрузка электрических сетей;
- курение в неустановленных местах;
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ и др.

5.3.2 Профилактика пожара

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара.

Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожар предупреждения и защиты.

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В лаборатории источниками воспламенения могут быть неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях.

Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр и своевременно устранять все неисправности и неисправные электроприборы и не использовать неисправные электроприборы.

Обогревание помещения открытыми электронагревательными приборами могут привести к пожару, т.к. в помещении находятся бумажные документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага - легковоспламеняющийся предмет.

В целях профилактики пожара предлагается не использовать открытые обогревательные приборы в помещении лаборатории;

В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

В летний период во время грозы возможно попадание молнии вследствие чего возможен пожар. Во избежание этого рекомендуется установить на крыше здания молниеотвод.

Несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару. Поэтому курения в помещении лаборатории предлагается категорически запретить.

В целях предотвращения пожара также предлагается проводить с инженерами, работающими в лаборатории, противопожарный инструктаж.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации и приступить к ликвидации пожара огнетушителями.

При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания.

В производственных помещениях должно быть не менее двух эвакуационных выходов. На рисунке 14 представлен план эвакуации при возникновении пожара и других ЧС.

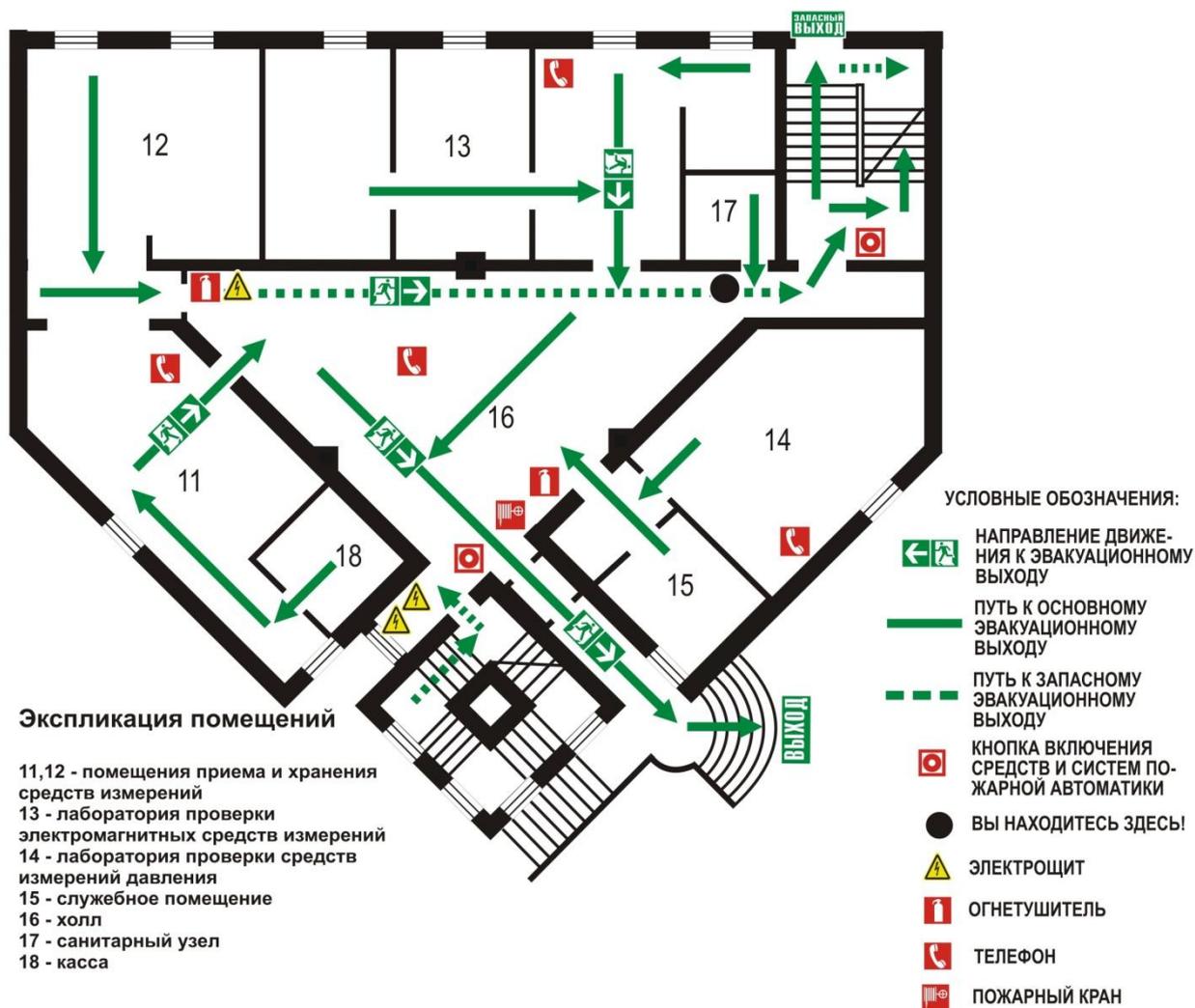


Рисунок 14 – План эвакуации при пожаре и других ЧС (первый этаж)

5.3.3 Первичные средства пожаротушения

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

Первичные средства пожаротушения подразделяются на следующие типы [28]:

- 1) переносные и передвижные огнетушители;
- 2) пожарный кран;
- 3) пожарный инвентарь;
- 4) асбестовые и брезентовые покрывала для изоляции очага возгорания.

5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Рабочее место - это часть пространства, в котором метролог осуществляет трудовую деятельность, и проводит большую часть рабочего времени.

Согласно ГОСТ 12.2.032 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям.

Главными элементами рабочего места метролога являются письменный стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Поэтому для исключения возникновения заболеваний, связанных с малой подвижностью работника, необходимо иметь возможность свободной перемены поз. Также необходимо соблюдать режим труда и отдыха с перерывами, заполняемыми «отвлекающими» мышечными нагрузками на те звенья опорно-двигательного аппарата, которые не включены в поддержание основной рабочей позы.

По условиям работы рабочее место метролога относится к индивидуальному рабочему месту для работы сидя. Рабочее место метролога должно занимать площадь не менее 6 м, высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека.

Рабочий стул метролога должен быть снабжен подъемно-поворотным механизмом. Высота сиденья должна регулироваться в пределах (400 - 500)

мм. Глубина сиденья должна составлять не менее 380 мм, а ширина - не менее 400 мм. Высота опорной поверхности спинки не менее 300 мм, ширина - не менее 380 мм. Угол наклона спинки стула к плоскости сиденья должен изменяться в пределах $(90 - 110)^\circ$.

Заключение

На сегодняшний день изменения понятийного аппарата в области калибровки, требования к проведению калибровочных работ, уточнение содержания методик калибровки и рекомендации по расчету неопределенностей калибровки должны найти отражение в системе национальных документов по стандартизации, разработанных совместно специалистами действующих систем калибровки в рамках программы разработки национальных стандартов. Разработка методик калибровки должна стать одной из главных задач на начальном этапе развития калибровочной деятельности.

В ходе проделанной работы была разработана методика калибровки комбинированных и многодиапазонных эталонов ФБУ «Томский ЦСМ». Для этого:

- изучены особенности применения эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений;

- проведен анализ современного состояния калибровочных работ;

- составлен общий алгоритм проведения калибровки;

- разработана методика калибровки комбинированных и многодиапазонных средств измерений;

- проведено экспериментальное исследование метрологических характеристик мультиметра-калибратора U1401B с использованием разработанной методики.

Список использованных источников

1 Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/konstitucija-rossijskoj-federacii>. – Загл. с экрана (дата обращения: 01.06.2017).

2 Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений (с изменениями на 13 июля 2015 года)» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902107146>. – Загл. с экрана (дата обращения: 03.05.2017).

3 Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 января 2014 г. N 36 «Об утверждении рекомендаций по проведению первичной и периодической аттестации и подготовке к утверждению эталонов единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499075959>. – Загл. с экрана (дата обращения: 06.05.2017).

4 Постановление Правительства РФ от 31 октября 2009 № 879 «Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации (с изменениями на 15 августа 2015 года)» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902183667>. – Загл. с экрана (дата обращения: 13.05.2017).

5 Постановление Правительства РФ от 23 сентября 2010 № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. –

Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902237811>. – Загл. с экрана (дата обращения: 10.05.2017).

6 Распоряжение Правительства РФ от 19.04.2017 № 737-р «Об утверждении Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420397087>. – Загл. с экрана (дата обращения: 15.05.2017).

7 П 04-04-2015 «Положение о аттестации государственных эталонов единиц величин ФБУ «Томский ЦСМ»». – 37 с.

8 ГОСТ 8.381-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Эталоны. Способы выражения точности» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200083076/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 21.05.2017).

9 Эталоны единиц величин [Электронный ресурс]: ВНИИМС. – Режим доступа: <http://www.vniims.ru/inst/termin/etalonfizvel.html>. – Загл. с экрана (дата обращения: 21.05.2017).

10 Калибраторы многофункциональные со встраиваемыми модулями поверки осциллографов 300 МГц, 600 МГц Fluke 5502A и Fluke 5502E [Электронный ресурс]: Сведения об утвержденных средствах измерений. – Режим доступа: http://www.fundmetrology.ru/10_tipy_si/11/view.aspx?num=jHbKwAfLqJeM– Загл. с экрана (дата обращения: 23.05.2017).

11 Мультиметры 3458А [Электронный ресурс]: Сведения об утвержденных средствах измерений. – Режим доступа: http://www.fundmetrology.ru/10_tipy_si/11/view.aspx?num=kDvUwAvUaCmU – Загл. с экрана (дата обращения: 23.05.2017).

12 Приборы электроизмерительные эталонные многофункциональные Энергомонитор-3.1КМ [Электронный ресурс]: Сведения об утвержденных

средствах измерений. – Режим доступа:
http://www.fundmetrology.ru/10_tipy_si/11/view.aspx?num=iGnTxEbKkDeM –
Загл. с экрана (дата обращения: 23.05.2017).

13 Закон РФ от 27 апреля 1993 «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/9004351/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 01.06.2017).

14 Федеральный закон от 28 декабря 2013 № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499067411/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 02.06.2017).

15 ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 30.05.2017).

16 РМГ 29-2013 «ГСИ. Метрология. Основные термины и определения» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 03.05.2017).

17 Международный словарь по метрологии: основные и общие понятия и соответствующие термины: пер. с англ. и фр. / Всерос. науч. –исслед. ин-т метрологии им.Д.И. Менделеева, Белорус. гос. ин-т метрологии. Изд. 2-е, испр. – СПб.: НПО «Профессионал», 2010

18 Приказ Минэкономразвития России «Об утверждении Критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации, и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями,

аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420203443/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.05.2017).

19 Р.И. Генкина. Перспективы создания Национальной системы калибровки в РФ на основе взаимодействия Росстандарта и Росаккредитации // Главный метролог. – 2016 г. – № 4. – 30 – 33 с.

20 РД РСК 02-2014 «Порядок организации деятельности Российской системы калибровки» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200114468/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.05.2017).

21 СТО 03-32-2014 «Стандарт организации. Калибровка средств измерений. Порядок проведения работ при планировании, приеме, калибровке и выдаче средств измерений». – 24 с.

22 ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200118303/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 21.05.2017).

23 Р РСК 002-06 от 22.05.2006 «Российская система калибровки. Основные требования к методикам калибровки, применяемые в Российской системе калибровки» [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/471809885/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 21.05.2017).

24 Мультиметры-калибраторы U1401A, U1401B [Электронный ресурс]: Сведения об утвержденных средствах измерений. – Режим доступа: http://www.fundmetrology.ru/10_tipy_si/11/view.aspx?num=sFuSzInTqJbK – Загл. с экрана (дата обращения: 29.05.2017).

25 Захаров И.П. Калибровка – 17025: справ. Пособие, 2-е изд., перераб. и дополн. /И.П. Захаров. – Санкт-Петербург: Политехника-Принт, 2017. – 68 с.

26 ГОСТ Р 54500.3-2011/Руководство ИСО/МЭК 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200088855/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 25.05.2017).

27 В.Ю. Конотопский. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерских диссертаций для всех специальностей ИК. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 29 с.

28 Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие. Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.

29 СанПиН 2.2.4.548 – 96. Санитарно — эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». М.: Минздрав России, 1997.

30 СанПиН 2.2.2/2.4.1340 - 03. Санитарно — эпидемиологические правила и нормативы. Гигиенические требования к персональным электронно - вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]:

Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901865498>. – Загл. с экрана (дата обращения: 15.05.2017).

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

32 СНиП 23-03-2003. Строительные нормы и правила. Защита от шума

33 СанПиН 2.2.2. 542-96. Санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

34 ГОСТ 12.1.038 – 82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

35 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ

36 Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. - 3-е изд., перераб. И доп. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. - 178 с.

**Приложение А
(обязательное)**

Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации, метрологии
и испытаний в Томской области»
(ФБУ «Томский ЦСМ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по метрологии
ФБУ «Томский ЦСМ»

_____ Л.Н. Павлова

«_____» _____ 2017 г.

МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ

Калибратор многофункциональный

МК

Разработчик: инженер по метрологии ОЭМСИ
_____ Устюжина М.Б.

Количество страниц 15

Настоящая методика калибровки (далее - методика) распространяется на калибраторы многофункциональные и устанавливает методы и средства калибровки.
Рекомендуемый интервал между калибровками – 1 год.

Определения

В настоящей методике применены следующие термины и определения:

калибровка средств измерений: Совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений;

методика калибровки средств измерений: Документ, регламентирующий процедуру калибровки средств измерений;

сертификат калибровки: Документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средства измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку;

оценивание (неопределенности измерений) по типу А: Оценивание составляющей неопределенности измерений путем статистического анализа измеренных значений величины, получаемых при определенных условиях измерений;

оценивание (неопределенности измерений) по типу В: Оценивание составляющей неопределенности измерений способами, отличными от оценивания неопределенности измерений по типу А;

расширенная неопределенность: Величина, определяющая интервал вокруг результата измерения, в пределах которого, можно ожидать, находится большая часть распределения значений, которые с достаточным основанием могут быть приписаны измеряемой величине;

целевая неопределенность (измерений): Верхняя граница неопределенности измерений, заранее установленная, исходя из предполагаемого использования результатов измерений.

Технические требования

Требования к неопределенностям измерений

Оценки расширенных неопределенностей метрологических характеристик должны соответствовать целевой неопределенности измерений. Целевая неопределенность не должна превышать, установленные нормы калибруемого средства измерений, и ограничена расширенной неопределенностью измерений, используемых средств калибровки, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Расширенная неопределенность измерений

Режим работы	Наименование величины	Диапазон измерений	Целевая неопределенность
Измерение	Напряжение постоянного тока	от 0 до 329,9999 мВ	$(U \cdot 7 \cdot 10^{-2} + 3 \cdot 10^{-3})$ мВ
		от 0 до 3,299999 В	$(U \cdot 6 \cdot 10^{-5} + 6 \cdot 10^{-6})$ В
		от 0 до 32,99999 В	$(U \cdot 6 \cdot 10^{-5} + 6 \cdot 10^{-5})$ В
		от 30 до 329,9999 В	$(U \cdot 6 \cdot 10^{-5} + 6 \cdot 10^{-4})$ В
		от 100 до 1020 В	$(U \cdot 6 \cdot 10^{-5} + 1,7 \cdot 10^{-3})$ В
	Сила постоянного тока	от 0 до 329,999 мкА	$(I \cdot 1,7 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-8})$ мкА
		от 0 до 3,29999 мА	$(I \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} + 6 \cdot 10^{-8})$ мА
		от 0 до 32,9999 мА	$(I \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} + 2,9 \cdot 10^{-7})$ мА
		от 0 до 329,999 мА	$(I \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} + 2,9 \cdot 10^{-6})$ мА
		от 0 до 1,09999 А	$(I \cdot 4 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-5})$ А
	от 1,1 до 2,99999 А	$(I \cdot 4 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-5})$ А	

	от 0 до 10,9999 А	$(I \cdot 7 \cdot 10^{-4} + 6 \cdot 10^{-4})$ А	
	от 11 до 20,5 А	$(I \cdot 1,7 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-8})$ А	
Напряжение переменного тока	от 1,0 до 32,999 мВ	45 – 10 кГц $(U \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} + 2,3 \cdot 10^{-5})$ мВ	
		10 – 20 кГц $(U \cdot 1,7 \cdot 10^{-3} + 2,3 \cdot 10^{-5})$ мВ	
	от 33,0 до 329,99 мВ	45 – 10 кГц $(U \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-5})$ мВ	
		10 – 20 кГц $(U \cdot 8 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-5})$ мВ	
	от 0,33 до 3,29999 В	45 – 10 кГц $(U \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-5})$ В	
		10 – 20 кГц $(U \cdot 8 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-5})$ В	
	от 3,3 до 32,9999 В	45 – 10 кГц $(U \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-4})$ В	
		10 – 20 кГц $(U \cdot 8 \cdot 10^{-4} + 7 \cdot 10^{-4})$ В	
	от 33,0 до 329,999 В	45 – 10 кГц $(U \cdot 9 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-2})$ В	
		10 – 20 кГц $(U \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 1 \cdot 10^{-2})$ В	
	от 330 до 1020 В	45 – 1 кГц $(U \cdot 6 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-2})$ В	
		5 – 10 кГц $(U \cdot 1 \cdot 10^{-3} + 2,3 \cdot 10^{-2})$ В	
	Сила переменного тока	от 29,00 до 329,99 мкА	45 – 1 кГц $(I \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-7})$ мкА
			5 – 10 кГц $(I \cdot 9 \cdot 10^{-3} + 2,3 \cdot 10^{-7})$ мкА
от 0,33 до 3,2999 мА		45 – 1 кГц $(I \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} + 1,7 \cdot 10^{-7})$ мА	
		5 – 10 кГц $(I \cdot 6 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-7})$ мА	
от 3,3 до 32,999 мА		45 – 1 кГц $(I \cdot 5 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-6})$ мА	
		5 – 10 кГц $(I \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-6})$ мА	
от 33 до 329,99 мА		45 – 1 кГц $(I \cdot 5 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-5})$ мА	
		5 – 10 кГц $(I \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-4})$ мА	
от 0,33 до 1,09999 А		45 – 1 кГц $(I \cdot 7 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-4})$ А	
		5 – 10 кГц $(I \cdot 2,9 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-3})$ А	
от 1,1 до 2,99999 А		45 – 1 кГц $(I \cdot 7 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-4})$ А	
		5 – 10 кГц $(I \cdot 2,9 \cdot 10^{-2} + 6 \cdot 10^{-3})$ А	

		от 3 до 10,9999 А	45 – 100 Гц ($I \cdot 7 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-3}$) А
			1 – 5 кГц ($I \cdot 3 \cdot 10^{-2} + 2,3 \cdot 10^{-3}$) А
		от 11 до 20,5 А	45 – 100 Гц ($I \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-4}$) А
			1 – 5 кГц ($I \cdot 3 \cdot 10^{-2} + 1,2 \cdot 10^{-4}$) А
	Электрическое сопротивление	от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^5$ Ом	($2,3 \cdot 10^{-8} - 2,3$) Ом
		от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^{12}$ Ом	($2,3 - 1,7 \cdot 10^{10}$) Ом
Воспроизведение	Напряжение постоянного тока	100 мВ	($U \cdot 2,9 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-4}$) мВ
		1 В	($U \cdot 1,7 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-7}$) В
		10 В	($U \cdot 6 \cdot 10^{-7} + 6 \cdot 10^{-6}$) В
		100 В	($U \cdot 2,9 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-5}$) В
		1000 В	($U \cdot 2,9 \cdot 10^{-6} + 1,2 \cdot 10^{-4}$) В
	Сила постоянного тока	100 нА	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-2}$) нА
		1 мкА	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-5}$) мкА
		10 мкА	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} + 8 \cdot 10^{-5}$) мкА
		100 мкА	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} + 7 \cdot 10^{-4}$) мкА
		1 мА	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-6}$) мА
		10 мА	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-5}$) мА
		100 мА	($I \cdot 2,9 \cdot 10^{-5} + 5 \cdot 10^{-4}$) мА
	Напряжение переменного тока	1 А	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-5}$) А
		10 мВ	($U \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} + 1,3 \cdot 10^{-3}$) мВ
		100 мВ	($U \cdot 8 \cdot 10^{-5} + 2,3 \cdot 10^{-3}$) мВ
		1 В	($U \cdot 8 \cdot 10^{-5} + 2,3 \cdot 10^{-5}$) В
		10 В	($U \cdot 8 \cdot 10^{-5} + 2,3 \cdot 10^{-4}$) В
	Сила переменного тока	100 В	($U \cdot 2,3 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-3}$) В
		1000 В	($U \cdot 5 \cdot 10^{-4} + 0,23$) В
		100 мкА	($I \cdot 7 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-2}$) мкА
		1 мА	($I \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-4}$) мА
		10 мА	($I \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-3}$) мА
	Электрическое сопротивление	100 мА	($I \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 2,3 \cdot 10^{-2}$) мА
		1 А	($I \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} + 2,3 \cdot 10^{-4}$) А
		10 Ом	($R \cdot 6 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-5}$) Ом
		100 Ом	($R \cdot 3 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-4}$) Ом
		1 кОм	($R \cdot 2,3 \cdot 10^{-6} + 2,3 \cdot 10^{-7}$) кОм
		10 кОм	($R \cdot 2,3 \cdot 10^{-6} + 2,3 \cdot 10^{-6}$) кОм
		100 кОм	($R \cdot 2,3 \cdot 10^{-6} + 2,3 \cdot 10^{-5}$) кОм
		1 МОм	($R \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} + 1,2 \cdot 10^{-6}$) МОм
	10 МОм	($R \cdot 6 \cdot 10^{-5} + 6 \cdot 10^{-5}$) МОм	
	100 МОм	($R \cdot 6 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-3}$) МОм	
1 ГОм	($R \cdot 6 \cdot 10^{-3} + 1,2 \cdot 10^{-5}$) ГОм		
Примечание – В таблице приняты следующие обозначения: U, I, R – номинальное значение величины.			

Требования к средствам калибровки

При проведении калибровки применяют основные средства калибровки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Основные средства калибровки

Калибратор многофункциональный Fluke 5502E		
Наименование величины	Диапазон измерений	Пределы основной допускаемой погрешности
Напряжение постоянного тока	от 0 до 329,9999 мВ	$\pm (U \cdot 60 \cdot 10^{-6} + 3 \text{ мкВ})$
	от 0 до 3,299999 В	$\pm (U \cdot 50 \cdot 10^{-6} + 5 \text{ мкВ})$
	от 0 до 32,99999 В	$\pm (U \cdot 50 \cdot 10^{-6} + 50 \text{ мкВ})$
	от 30 до 329,9999 В	$\pm (U \cdot 55 \cdot 10^{-6} + 500 \text{ мкВ})$
	от 100 до 1020 В	$\pm (U \cdot 55 \cdot 10^{-6} + 1500 \text{ мкВ})$
Напряжение переменного тока	от 1,0 до 32,999 мВ	45 – 10 кГц $\pm (U \cdot 1000 \times 10^{-6} + 20 \text{ мкВ})$
		10 – 20 кГц $\pm (U \cdot 1500 \cdot 10^{-6} + 20 \text{ мкВ})$
	от 33,0 до 329,99 мВ	45 – 10 кГц $\pm (U \cdot 300 \times 10^{-6} + 20 \text{ мкВ})$
		10 – 20 кГц $(U \cdot 700 \cdot 10^{-6} + 20 \text{ мкВ})$
	от 0,33 до 3,29999 В	45 – 10 кГц $\pm (U \cdot 300 \times 10^{-6} + 60 \text{ мкВ})$
		10 – 20 кГц $\pm (U \cdot 700 \cdot 10^{-6} + 60 \text{ мкВ})$
	от 3,3 до 32,9999 В	45 – 10 кГц $\pm (U \cdot 300 \times 10^{-6} + 600 \text{ мкВ})$
		10 – 20 кГц $\pm (U \cdot 700 \cdot 10^{-6} + 600 \text{ мкВ})$
	от 33,0 до 329,999 В	45 – 10 кГц $\pm (U \cdot 800 \cdot 10^{-6} + 9000 \text{ мкВ})$
		10 – 20 кГц $\pm (U \cdot 900 \cdot 10^{-6} + 9000 \text{ мкВ})$
	от 330 до 1020 В	45 – 1 кГц $\pm (U \cdot 500 \cdot 10^{-6} + 20 \text{ мВ})$
		5 – 10 кГц $\pm (U \cdot 900 \cdot 10^{-6} + 20 \text{ мВ})$
Сила постоянного тока	от 0 до 329,999 мкА	$\pm (I \cdot 150 \cdot 10^{-6} + 0,02 \text{ мкА})$
	от 0 до 3,299999 мА	$\pm (I \cdot 100 \cdot 10^{-6} + 0,05 \text{ мкА})$
	от 0 до 32,99999 мА	$\pm (I \cdot 100 \cdot 10^{-6} + 0,25 \text{ мкА})$
	от 0 до 329,9999 мА	$\pm (I \cdot 100 \cdot 10^{-6} + 2,5 \text{ мкА})$
	от 0 до 1,099999 А	$\pm (I \cdot 380 \cdot 10^{-6} + 44 \text{ мкА})$
	от 1,1 до 2,999999 А	$\pm (I \cdot 380 \cdot 10^{-6} + 44 \text{ мкА})$
	от 0 до 10,99999 А	$\pm (I \cdot 600 \cdot 10^{-6} + 500 \text{ мкА})$
	от 11 до 20,5 А	$\pm (I \cdot 1000 \cdot 10^{-6} + 750 \text{ мкА})$
Сила переменного тока	от 29,00 до 329,99 мкА	45 – 1 кГц $\pm (I \cdot 0,125 \cdot 10^{-2} + 0,1 \text{ мкА})$
		5 – 10 кГц $\pm (I \cdot 0,8 \cdot 10^{-2} + 0,2 \text{ мкА})$
	от 0,33 до 3,299999 мА	45 – 1 кГц $\pm (I \cdot 0,1 \cdot 10^{-2} + 0,15 \text{ мкА})$
		5 – 10 кГц

		$\pm (1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2} + 0,3 \text{ мкА})$
	от 3,3 до 32,999 мА	45 – 1 кГц $\pm (1 \cdot 0,04 \cdot 10^{-2} + 2,0 \text{ мкА})$
		5 – 10 кГц $\pm (1 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} + 3,0 \text{ мкА})$
	от 33 до 329,99 мА	45 – 1 кГц $\pm (1 \cdot 0,04 \cdot 10^{-2} + 20 \text{ мкА})$
		5 – 10 кГц $\pm (1 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} + 100 \text{ мкА})$
	от 0,33 до 1,09999 А	45 – 1 кГц $\pm (1 \cdot 0,06 \cdot 10^{-2} + 100 \text{ мкА})$
		5 – 10 кГц $\pm (1 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} + 5000 \text{ мкА})$
	от 1,1 до 2,99999 А	45 – 1 кГц $\pm (1 \cdot 0,06 \cdot 10^{-2} + 100 \text{ мкА})$
		5 – 10 кГц $\pm (1 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2} + 5000 \text{ мкА})$
	от 3 до 10,9999 А	45 – 100 Гц $\pm (1 \cdot 0,06 \cdot 10^{-2} + 2000 \text{ мкА})$
		1 – 5 кГц $\pm (1 \cdot 3,0 \cdot 10^{-2} + 2000 \text{ мкА})$
	от 11 до 20,5 А	45 – 100 Гц $\pm (1 \cdot 0,12 \cdot 10^{-2} + 5000 \text{ мкА})$
		1 – 5 кГц $\pm (1 \cdot 3,0 \cdot 10^{-2} + 5000 \text{ мкА})$
Мера электрического сопротивления однозначная МС 3081		
Наименование величины	Номинальное значение электрического сопротивления, Ом	Пределы допускаемого отклонения от номинального значения сопротивления, %
Электрическое сопротивление	0,0001 Ом	$\pm 0,02$
Катушки электрического сопротивления Р310, Р321, Р331		
Наименование величины	Диапазон значений электрического сопротивления, Ом	Допускаемое изменение сопротивления катушек за год, %
Электрическое сопротивление	От $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{12}$ Ом	$\pm 0,002$
Мера электрического сопротивления постоянного тока многозначная Р3026-1		
Наименование величины	Диапазон значений электрического сопротивления, Ом	Пределы допускаемого отклонения от номинального значения сопротивления, %
Электрическое сопротивление	от 0,01 до 111111,1 Ом	$\pm 0,002$
Магазин сопротивления рычажный Р4002		
Наименование величины	Диапазон значений электрического сопротивления, Ом	Пределы допускаемого отклонения от номинального значения сопротивления, %
Электрическое сопротивление	от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^8$ Ом	$\pm 0,05$

Калибратор электрического сопротивления КС-10G0-10T0		
Наименование величины	Диапазон значений электрического сопротивления	Пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения
Электрическое сопротивление	от 10 до 990 ГОм	$\pm 0,01 \cdot R$
	от 1 до 10 ТОм	$\pm 0,015 \cdot R$
Мультиметр 3458А		
Наименование величины	Предел измерений	Пределы основной допускаемой погрешности
Напряжение постоянного тока	100 мВ	$\pm(2,5 \times 10^{-6} \cdot U + 3 \times 10^{-6} \cdot U_n)$
	1 В	$\pm(1,5 \times 10^{-6} \cdot U + 0,3 \times 10^{-6} \cdot U_n)$
	10 В	$\pm(0,5 \times 10^{-6} \cdot U + 0,05 \times 10^{-6} \cdot U_n)$
	100 В	$\pm(2,5 \times 10^{-6} \cdot U + 0,3 \times 10^{-6} \cdot U_n)$
	1000 В	$\pm(2,5 \times 10^{-6} \cdot U + 0,1 \times 10^{-6} \cdot U_n)$
Сила постоянного тока	100 нА	$\pm(10 \times 10^{-6} \cdot I + 400 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
	1 мкА	$\pm(10 \times 10^{-6} \cdot I + 40 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
	10 мкА	$\pm(10 \times 10^{-6} \cdot I + 7 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
	100 мкА	$\pm(10 \times 10^{-6} \cdot I + 6 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
	1 mA	$\pm(10 \times 10^{-6} \cdot I + 4 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
	10 mA	$\pm(10 \times 10^{-6} \cdot I + 4 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
	100 mA	$\pm(25 \times 10^{-6} \cdot I + 4 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
	1 A	$\pm(100 \times 10^{-6} \cdot I + 10 \times 10^{-6} \cdot I_n)$
Электрическое сопротивление	10 Ом	$\pm(5 \times 10^{-6} \cdot R + 3 \times 10^{-6} \cdot R_n)$
	100 Ом	$\pm(3 \times 10^{-6} \cdot R + 3 \times 10^{-6} \cdot R_n)$
	1 кОм	$\pm(2 \times 10^{-6} \cdot R + 0,2 \times 10^{-6} \cdot R_n)$
	10 кОм	$\pm(2 \times 10^{-6} \cdot R + 0,2 \times 10^{-6} \cdot R_n)$
	100 кОм	$\pm(2 \times 10^{-6} \cdot R + 0,2 \times 10^{-6} \cdot R_n)$
	1 МОм	$\pm(1 \times 10^{-5} \cdot R + 1 \times 10^{-6} \cdot R_n)$
	10 МОм	$\pm(5 \times 10^{-5} \cdot R + 5 \times 10^{-6} \cdot R_n)$
	100 МОм	$\pm(5 \times 10^{-4} \cdot R + 1 \times 10^{-5} \cdot R_n)$
	1 ГОм	$\pm(5 \times 10^{-3} \cdot R + 1 \times 10^{-5} \cdot R_n)$
Напряжение переменного тока от 40 Гц до 1 кГц	10 мВ	$\pm(2 \times 10^{-4} \cdot U + 1,1 \times 10^{-4} \cdot U_n)$
	100 мВ	$\pm(7 \times 10^{-5} \cdot U + 2 \times 10^{-5} \cdot U_n)$
	1 В	
	10 В	
	100 В	$\pm(2 \times 10^{-4} \cdot U + 2 \times 10^{-5} \cdot U_n)$
1000 В	$\pm(4 \times 10^{-4} \cdot U + 2 \times 10^{-4} \cdot U_n)$	
Сила переменного тока от 100 Гц до 5 кГц	100 мкА	$\pm(6 \times 10^{-4} \cdot I + 3 \times 10^{-4} \cdot I_n)$
	1 mA	$\pm(3 \times 10^{-4} \cdot I + 2 \times 10^{-4} \cdot I_n)$
	10 mA	
	100 mA	

	1 А	$\pm(10 \times 10^{-4} \cdot I + 2 \times 10^{-4} \cdot I_n)$
Примечание – В таблице приняты следующие обозначения: U, I, R – номинальное значение величины; U _n , I _n – предел измерений		

При проведении калибровки применяют вспомогательные средства калибровки, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Вспомогательные средства калибровки

Термогигрометр ИВА-6А-Д		
Наименование величины	Диапазон измерений	Пределы основной допускаемой погрешности
Температура	от минус 20 до 60 °С	$\pm 0,3$ °С
Относительная влажность	от 0 до 98 %	± 3 %
Атмосферное давление	от 70 до 110 кПа	$\pm 2,5$ кПа
Прибор щитовой электроизмерительный ЩП120П		
Наименование величины	Диапазон измерений	Класс точности
Напряжение переменного тока	250 В	0,2
Частота	от 45 до 65 Гц	0,2

Применяемые при калибровке средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке (и/или знаки поверки) или сертификаты о калибровке.

При проведении калибровки допускается применение аналогичных по назначению и точности средств измерений.

При проведении калибровки должны соблюдаться условия:

- | | |
|--|------------------|
| – температура окружающего воздуха, °С | от 19 до 23; |
| – относительная влажность окружающего воздуха, % | от 30 до 80; |
| – атмосферное давление, кПа | от 85 до 105; |
| – напряжение питающей сети, В | от 198 до 242; |
| – частота сети, Гц | от 49,5 до 50,5; |
| – коэффициент искажения синусоидальности напряжения, % | не более 5. |

Требования к квалификации калибровщиков

Калибровка должна выполняться специалистами, прошедшими обучение по охране труда, изучившими методы и средства калибровки и имеющие удостоверение на право работ на электроустановках напряжением до 1000 В и группу по электробезопасности не ниже III.

Требования по обеспечению безопасности

При проведении калибровки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные в следующих документах:

– ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;

– Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (ПОТЭУ).

Должны также быть обеспечены требования безопасности, указанные в эксплуатационных документах на средства калибровки.

Подготовка к процедуре калибровки

Перед проведением калибровки калибруемое средство измерений выдерживают на месте калибровки не менее двух часов.

Средства калибровки подготавливают к работе согласно указаниям, приведенным в эксплуатационной документации на них.

Внешний осмотр

При внешнем осмотре проверяют соответствие средства измерений нижеследующим требованиям:

- комплектности прибора в соответствии с руководством по эксплуатации;
- отсутствие механических повреждений корпуса, лицевой панели, органов управления, соединительных элементов, индикаторных устройств, нарушающих работу прибора или затрудняющих калибровку;
- разъемы не должны иметь повреждений и должны быть чистыми.

Проверить работоспособность жидкокристаллического дисплея и функциональных клавиш; режимы, отображаемые на жидкокристаллическом дисплее, при переключении режимов измерений и нажатии соответствующих клавиш, должны соответствовать руководству по эксплуатации.

Результаты проверки положительные, если выполняются все вышеперечисленные требования.

Если не выполняются вышеперечисленные требования, то средство измерений направляют в ремонт для исправления найденных дефектов.

Процедура калибровки

Определение действительных метрологических характеристик средств измерений. Последовательность выполнения измерений – от минимального значения метрологической характеристики с последующим его увеличением до максимального. Измерение действительных значений проводят не менее десяти раз.

Определение действительных значений измерения напряжения постоянного тока проводят при помощи калибратора универсального Fluke 5502E с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим измерения напряжения постоянного тока.

Устанавливаем на выходе калибратора универсального Fluke 5502E значения напряжения постоянного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения.

Определение действительных значений измерения напряжения переменного тока проводят при помощи калибратора универсального Fluke 5502E с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

Устанавливаем на выходе калибратора универсального Fluke 5502E значения напряжения переменного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения при частоте 50 Гц и 10 кГц.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим измерения напряжения переменного тока.

Определение действительных значений измерения силы постоянного тока проводят при помощи калибратора универсального Fluke 5502E с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

Устанавливаем на выходе калибратора универсального Fluke 5502E значения силы постоянного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим измерения силы постоянного тока.

Определение действительных значений измерения силы переменного тока проводят при помощи калибратора универсального Fluke 5502E с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

Устанавливаем на выходе калибратора универсального Fluke 5502E значения силы переменного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения при частоте 50 Гц и 10 кГц.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим измерения силы переменного тока.

Определение действительных значений измерения электрического сопротивления проводят при помощи меры электрического сопротивления постоянного тока многозначной P3026-1 и магазином сопротивления рычажным P4002 с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим измерения электрического сопротивления

Определение действительных значений воспроизведения напряжения постоянного тока проводят при помощи мультиметра 3458A с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим воспроизведения напряжения постоянного тока.

Устанавливаем на выходе средства измерения значения напряжения постоянного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения.

Определение действительных значений воспроизведения силы постоянного тока проводят при помощи мультиметра 3458A с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим воспроизведения силы постоянного тока.

Устанавливаем на выходе средства измерения значения напряжения постоянного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения.

Определение действительных значений воспроизведения напряжения переменного тока проводят при помощи мультиметра 3458A с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим воспроизведения напряжения переменного тока.

Устанавливаем на выходе средства измерения значения напряжения переменного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения.

Определение действительных значений воспроизведения силы переменного тока проводят при помощи мультиметра 3458A с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим воспроизведения силы переменного тока.

Устанавливаем на выходе средства измерения значения силы переменного тока, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения.

Определение действительных значений воспроизведения электрического сопротивления проводят при помощи мультиметра 3458А с использованием соответствующих схем руководства по эксплуатации.

На калибруемом приборе при помощи поворотного переключателя режимов работы (измерений) и функциональных клавиш установить режим воспроизведения электрического сопротивления.

Устанавливаем на выходе средства измерения значения электрического сопротивления, соответствующие 10, 30, 50, 70, 90 % от предела измерения.

Результаты всех измерений заносят в таблицу А.1 протокола и проводят оценку неопределённости измерений при калибровке, результаты заносят в таблицу А.2 протокола, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А.

Оценка неопределённости измерений при калибровке

Оценивание неопределённости по типу А применяется, когда имеются результаты n независимых измерений одной из входных величин x_i , проведенных в одинаковых условиях: x_i, \dots, x_{in} . В качестве значения x_i этой величины принимают среднее арифметическое значение.

Средние арифметические значения n -независимых измерений и воспроизведений метрологических характеристик средства измерений (в единицах измеряемой величины), рассчитывают по формуле 1:

$$\overline{X_{MXi}} = \frac{1}{k} \cdot \sum_{k=1}^n X_{MXik}, \quad (1)$$

где i - контрольная точка;

k - количество измерений;

X_{MXik} - результат k -го измерения в i -ой контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Стандартные неопределённости по типу А (в единицах измеряемой величины) для метрологических характеристик рассчитывают по формуле 2:

$$u_{MXAi} = \sqrt{\frac{1}{k(k-1)} \cdot \sum_{k=1}^n (X_{MXik} - \overline{X_{MXi}})^2}, \quad (2)$$

где u_{MXAi} - стандартная неопределённость по типу А для измерений и воспроизведения метрологических характеристик в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Исходными данными для оценивания значения величины и ее стандартной неопределённости по типу В (в единицах измеряемой величины) являются следующие источники неопределённости:

- неопределённость, обусловленная погрешностью средства калибровки;
- дискретность отсчета;
- неопределённость, обусловленная отклонением температуры от нормальной.

Стандартные неопределённости по типу В (в единицах измеряемой величины), обусловленные погрешностью средства калибровки, рассчитывают по формуле 3:

$$u_{Bki} = \frac{\Delta_{\rho i}}{\sqrt{3}}, \quad (3)$$

где Δ_{ρ} - абсолютная погрешность средства калибровки (в единицах измеряемой величины);

u_{Bki} - стандартная неопределённость по типу В для метрологических характеристик средства калибровки в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Стандартная неопределенность по типу В (в единицах измеряемой величины), обусловленная погрешностью квантования калибруемого средства калибровки, рассчитывают по формуле 4:

$$u_{B_{k\delta i}} = \frac{\Delta_{k\delta}}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где $\Delta_{k\delta}$ - абсолютная погрешность квантования калибруемого средства измерений (в единицах измеряемой величины);

$u_{B_{k\delta i}}$ - стандартная неопределенность по типу В квантования в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Стандартную неопределенность по типу В (в единицах измеряемой величины), обусловленную отклонением температуры от нормальной, рассчитывают по формуле 5:

$$u_{B_{t i}} = \frac{\Delta_t}{\sqrt{3}}, \quad (5)$$

где Δ_t - абсолютная погрешность обусловленная отклонением температуры от нормальной калибруемого средства измерений (в единицах измеряемой величины);

$u_{B_{t i}}$ - стандартная неопределенность по типу В обусловленная отклонением температуры от нормальной в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Суммарные стандартные неопределенности измерений и воспроизведений метрологических характеристик (в единицах измеряемой величины), соответственно рассчитывают по формуле 6:

$$u_{измci} = \sqrt{u_{MX Ai}^2 + u_{B_{Ki}}^2 + u_{B_{w,Ki}}^2 + u_{B_{tKi}}^2}, \quad (6)$$

где u_{ci} - суммарная стандартная неопределенность для измерения и воспроизведения метрологической характеристики в контрольной точке (в единицах измеряемой величины).

Относительную расширенную неопределенность измерений и воспроизведений метрологических характеристик (в единицах измеряемой величины), рассчитывают по формуле 7:

$$U_{измi} = k \cdot u_{ci}, \quad (7)$$

где k - коэффициент охвата;

$U_{измi}$ - суммарная стандартная неопределенность для измерений метрологических характеристик (в единицах измеряемой величины).

Все составляющие неопределенности распределены по равномерному закону, поэтому их композиция распределена по нормальному закону. Коэффициент охвата в этом случае соответствует коэффициенту охвата для нормального закона и уровню доверия $P = 0,95$ $k = 2$.

Результаты измерений и оценки неопределенности измерений заносят в таблицу А.3 протокола калибровки, рекомендуемая форма которого приведена в приложении А.

Оформление результатов калибровки

Результаты калибровки средства измерений оформляют протоколом и сертификатом о калибровке, оформленным в установленном порядке, согласно требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

Рекомендуемая форма протокола калибровки средства измерений приведена в Приложении А настоящей методики.

Приложение А
(рекомендуемое)

Протокол калибровки

№ _____ от « ____ » _____ 20__ г.

Средство измерений (СИ) _____

наименование, тип (если в состав средства измерений входят несколько

автономных блоков, то приводят их перечень)

заводской номер (номера) _____

принадлежащее _____

наименование юридического (физического) лица

откалибровано в соответствии с _____

наименование и номер документа на методику калибровки

Условия проведения калибровки:

- температура окружающего воздуха, °С _____ ;
- относительная влажность окружающего воздуха, % _____ ;
- атмосферное давление, кПа _____ ;
- напряжение питающей сети, В _____ ;
- частота сети, Гц _____ ;
- коэффициент искажения синусоидальности напряжения, % _____ .

Средства калибровки

Средства калибровки приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 - Средства калибровки

Наименование средства калибровки	Заводской номер	Свидетельство о поверке или сертификат о калибровке, действительно до	Метрологические характеристики

Результаты процедуры калибровки:

1 Результаты определения действительных значений метрологических характеристик приведены в таблице А2.

Таблица А2 – Определение действительных значений

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
		1		
		2		
		3		
		4		
		5		
		6		
		7		
		8		

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
		9		
		10		

2 Результаты расчета бюджета неопределенности метрологических характеристик приведены в таблице А3.

Таблица А3 – Бюджет неопределенности

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность $u_p(x_i)$

Вывод: Результаты оценки расширенных неопределённостей метрологических характеристик (не) соответствуют целевой неопределённости измерений.

Руководитель отдела (группы) _____

Исполнитель _____

Приложение Б
(обязательное)

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации,
метрологии и испытаний в Томской области»

СЕРТИФИКАТ

О КАЛИБРОВКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ № 0184/209

Наименование СИ Мультиметр-калибратор U1401В,

Заводской номер МУ53440001

Принадлежащее ФБУ «Томский ЦСМ»

ИНН 7018002587

Действительные значения метрологических характеристик
представлены в протоколе калибровки 0184/209 от 10.06.2017

Оценки неопределенности измерений метрологических характеристик
представлены в протоколе калибровки 0184/209 от 10.06.2017

Условия проведения калибровки: температура окружающего воздуха 20,1 °С,
относительная влажность окружающего воздуха 49,7 %, атмосферное давление 97,8 кПа,
напряжение питающей сети 220,1 В, частота сети 50,0 Гц, коэффициент искажения
синусоидальности напряжения не более 2 %

Инженер по метрологии
Должность руководителя или
специалиста, проводившего
калибровку

подпись

М.Б. Устюжина
инициалы, фамилия

«10» июня 2017 г.

Приложение В (обязательное)

Протокол калибровки

№ 0184/209 от «10» июня 2017 г.

Средство измерений (СИ) Мультиметр-калибратор U1401В,
наименование, тип (если в состав средства измерений входят несколько

автономных блоков, то приводят их перечень)
заводской номер (номера) МУ53440001

принадлежащее ФБУ «Томский ЦСМ»
наименование юридического (физического) лица

откалибровано в соответствии с методикой калибровки «Калибратор
наименование и номер документа на методику калибровки

многофункциональный»

Условия проведения калибровки:

- температура окружающего воздуха, °С 20,1;
- относительная влажность окружающего воздуха, % 49,7;
- атмосферное давление, кПа 97,8;
- напряжение питающей сети, В 220,2;
- частота сети, Гц 50,0;
- коэффициент искажения синусоидальности напряжения, % не более 2%.

Средства калибровки

Средства калибровки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Средства калибровки

Наименование средства калибровки	Заводской номер	Свидетельство о поверке или сертификат о калибровке, действительно до	Метрологические характеристики
Калибратор многофункциональный Fluke 5502E	2609801	№ 7419/209, 13.10.2017	$\delta = \pm (0,005 - 0,04) \%$
Мера электрического сопротивления постоянного тока многозначная P3026-1	0061	№ 290025, 12.02.2018	$\delta = \pm 0,002 \%$
Магазин сопротивления рычажный P4002	11651	№ 290484, 18.03.18	$\delta = \pm 0,05 \%$
Мультиметр 3458А	45044311	№ 2576/209, 27.04.18	$\delta = \pm (0,0008 - 0,004) \%$

Результаты процедуры калибровки:

1 Результаты определения действительных значений метрологических характеристик приведены в таблицах 2-10.

Таблица 2 – Определение действительных значений при измерении напряжения постоянного тока

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
мВ	мВ		мВ	мВ
50,000	5,000	1	4,989	4,9896

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
		2	4,990	
		3	4,990	
		4	4,989	
		5	4,991	
		6	4,989	
		7	4,990	
		8	4,989	
		9	4,990	
		10	4,989	
		15,000	1	
	2		14,989	
	3		14,988	
	4		14,99	
	5		14,989	
	6		14,989	
	7		14,988	
	8		14,99	
	9		14,989	
	10		14,99	
	25,000	1	24,988	24,9883
		2	24,989	
		3	24,987	
		4	24,988	
		5	24,989	
		6	24,988	
		7	24,989	
		8	24,989	
		9	24,987	
		10	24,989	
	35,000	1	34,987	34,9873
2		34,988		
3		34,987		
4		34,986		
5		34,988		
6		34,987		
7		34,988		
8		34,987		
9		34,988		
10		34,987		
45,000	1	44,986	44,9857	
	2	44,985		
	3	44,986		
	4	44,986		
	5	44,985		
	6	44,985		
	7	44,987		
	8	44,986		
	9	44,986		
	10	44,985		
500,00	50,00	1	49,98	49,98
		2	49,98	
		3	49,98	
		4	49,97	
		5	49,98	
		6	49,98	
		7	49,97	
		8	49,99	
		9	49,98	
		10	49,99	
	150,00	1	149,97	149,967
		2	149,97	
		3	149,96	
		4	149,97	
		5	149,97	

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
		6	149,96	
		7	149,97	
		8	149,96	
		9	149,97	
		10	149,97	
	250,00	1	249,96	249,955
		2	249,95	
		3	249,96	
		4	249,95	
		5	249,96	
		6	249,95	
		7	249,96	
		8	249,96	
		9	249,95	
		10	249,95	
	350,00	1	349,94	349,946
		2	349,94	
		3	349,95	
		4	349,95	
		5	349,95	
		6	349,94	
		7	349,95	
		8	349,95	
		9	349,94	
		10	349,95	
	450,00	1	449,92	450
		2	449,93	
		3	449,93	
		4	449,93	
		5	449,92	
6		449,93		
7		449,93		
8		449,93		
9		449,93		
10		449,92		
В	В		В	В
5,0000	0,5000	1	0,5019	0,50184
		2	0,5018	
		3	0,5018	
		4	0,5019	
		5	0,5019	
		6	0,5018	
		7	0,5018	
		8	0,5019	
		9	0,5018	
		10	0,5018	
	1,5000	1	1,5019	1,50196
		2	1,502	
		3	1,502	
		4	1,5019	
		5	1,5019	
		6	1,502	
		7	1,502	
		8	1,5019	
		9	1,502	
		10	1,502	
	2,5000	1	2,5021	2,50207
		2	2,5021	
		3	2,502	
		4	2,5021	
		5	2,5021	
		6	2,5021	
		7	2,502	
8		2,502		

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений	
		9	2,5021	3,50224	
		10	2,5021		
	3,5000	1	3,5022		
		2	3,5023		
		3	3,5022		
		4	3,5022		
		5	3,5023		
		6	3,5022		
		7	3,5023		
		8	3,5022		
		9	3,5022		
		10	3,5023		
	4,5000	1	4,5023		4,50235
		2	4,5024		
		3	4,5023		
		4	4,5023		
		5	4,5024		
		6	4,5024		
		7	4,5023		
		8	4,5024		
9		4,5023			
10		4,5024			
50,000	5,000	1	5,003	5,003	
		2	5,002		
		3	5,003		
		4	5,002		
		5	5,004		
		6	5,003		
		7	5,003		
		8	5,003		
		9	5,003		
		10	5,004		
	15,000	1	14,999	14,9988	
		2	14,999		
		3	14,999		
		4	14,999		
		5	14,998		
		6	14,998		
		7	14,999		
		8	14,999		
		9	14,999		
		10	14,999		
	25,000	1	24,998	24,9975	
		2	24,998		
		3	24,998		
		4	24,998		
		5	24,997		
		6	24,997		
		7	24,996		
		8	24,998		
		9	24,998		
		10	24,997		
	35,000	1	34,996	34,9958	
		2	34,996		
		3	34,996		
		4	34,996		
		5	34,995		
		6	34,996		
		7	34,995		
		8	34,996		
		9	34,996		
		10	34,996		
45,000	1	44,994	44,9942		
	2	44,994			

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений			
		3	44,994				
		4	44,995				
		5	44,994				
		6	44,994				
		7	44,994				
		8	44,994				
		9	44,994				
		10	44,995				
		250,00	25,00		1	25,00	25,00
					2	25,00	
3	25,00						
4	25,00						
5	25,00						
6	25,00						
7	25,00						
8	25,00						
9	25,00						
10	25,00						
75,00	75,00		1	74,99	74,99		
			2	74,99			
			3	74,99			
			4	74,99			
			5	74,99			
			6	74,99			
			7	74,99			
			8	74,99			
			9	74,99			
			10	74,99			
125,00	125,00		1	124,98	124,98		
			2	124,98			
			3	124,98			
			4	124,98			
			5	124,98			
			6	124,98			
			7	124,98			
			8	124,98			
			9	124,98			
			10	124,98			
175,00	175,00	1	174,97	174,97			
		2	174,97				
		3	174,97				
		4	174,97				
		5	174,97				
		6	174,97				
		7	174,97				
		8	174,97				
		9	174,97				
		10	174,97				
225,00	225,00	1	224,96	224,957			
		2	224,95				
		3	224,96				
		4	224,96				
		5	224,96				
		6	224,95				
		7	224,96				
		8	224,96				
		9	224,96				
		10	224,95				

Таблица 3 – Определение действительных значений при измерении напряжения переменного тока при частоте 50 Гц

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
------------------	-------------------	-----------------	----------------------	---

MB	MB		MB	MB
50,000	5,000	1	4,981	4,9899
		2	4,978	
		3	4,979	
		4	4,983	
		5	4,986	
		6	4,99	
		7	4,995	
		8	4,998	
		9	5,005	
		10	5,004	
	15,000	1	14,972	14,9814
		2	14,972	
		3	14,973	
		4	14,975	
		5	14,976	
		6	14,979	
		7	14,984	
		8	14,989	
		9	14,993	
		10	15,001	
	25,000	1	24,975	24,9661
		2	24,974	
		3	24,971	
		4	24,967	
		5	24,96	
		6	24,955	
		7	24,956	
		8	24,962	
		9	24,966	
		10	24,975	
	35,000	1	34,931	34,9391
		2	34,939	
		3	34,941	
		4	34,946	
		5	34,947	
		6	34,946	
		7	34,944	
		8	34,935	
		9	34,928	
		10	34,934	
45,000	1	44,873	44,8775	
	2	44,88		
	3	44,884		
	4	44,888		
	5	44,888		
	6	44,886		
	7	44,878		
	8	44,871		
	9	44,864		
	10	44,863		
500,00	50,00	1	49,94	49,913
		2	49,93	
		3	49,92	
		4	49,93	
		5	49,91	
		6	49,91	
		7	49,9	
		8	49,9	
		9	49,89	
		10	49,9	
	150,00	1	149,89	149,884
		2	149,88	
		3	149,89	
		4	149,89	
		5	149,88	

		6	149,88		
		7	149,89		
		8	149,88		
		9	149,88		
		10	149,88		
	250,00	1	249,66		249,665
		2	249,66		
		3	249,67		
		4	249,67		
		5	249,67		
		6	249,66		
		7	249,67		
		8	249,67		
		9	249,66		
		10	249,66		
	350,00	1	349,36		349,38
		2	349,38		
		3	349,37		
		4	349,38		
		5	349,38		
		6	349,38		
		7	349,39		
		8	349,39		
		9	349,39		
		10	349,38		
	450,00	1	448,81		448,813
		2	448,81		
		3	448,81		
		4	448,82		
		5	448,81		
6		448,81			
7		448,82			
8		448,81			
9		448,81			
10		448,82			
B	B		B	B	
5,0000	0,5000	1	0,4991	0,49945	
		2	0,4994		
		3	0,4992		
		4	0,4994		
		5	0,4995		
		6	0,4995		
		7	0,4996		
		8	0,4996		
		9	0,4996		
		10	0,4996		
	1,5000	1	1,4989	1,49921	
		2	1,4992		
		3	1,499		
		4	1,4991		
		5	1,4993		
		6	1,4993		
		7	1,4993		
		8	1,4993		
		9	1,4993		
		10	1,4994		
	2,5000	1	2,4975	2,49744	
		2	2,4975		
		3	2,4975		
		4	2,4975		
		5	2,4975		
		6	2,4975		
		7	2,4975		
		8	2,4975		
		9	2,4975		
		10	2,4975		

	3,5000	1	3,4944	3,49477
		2	3,4946	
		3	3,4947	
		4	3,4948	
		5	3,4949	
		6	3,4949	
		7	3,4948	
		8	3,4949	
		9	3,4948	
		10	3,4949	
	4,5000	1	4,4897	4,48974
		2	4,4897	
		3	4,4898	
		4	4,4898	
		5	4,4898	
		6	4,4897	
		7	4,4897	
		8	4,4897	
		9	4,4898	
		10	4,4897	
50,000	5,000	1	5,001	4,9949
		2	4,996	
		3	4,995	
		4	4,995	
		5	4,994	
		6	4,993	
		7	4,994	
		8	4,994	
		9	4,994	
		10	4,993	
	15,000	1	14,986	14,9887
		2	14,988	
		3	14,989	
		4	14,989	
		5	14,988	
		6	14,989	
		7	14,989	
		8	14,99	
		9	14,989	
		10	14,99	
	25,000	1	24,972	24,9725
		2	24,972	
		3	24,973	
		4	24,972	
		5	24,973	
		6	24,973	
		7	24,973	
		8	24,972	
		9	24,972	
		10	24,973	
	35,000	1	34,94	34,9436
		2	34,942	
		3	34,944	
		4	34,944	
		5	34,945	
		6	34,944	
		7	34,944	
		8	34,944	
		9	34,945	
		10	34,944	
45,000	1	44,896	44,898	
	2	44,897		
	3	44,897		
	4	44,898		
	5	44,898		
	6	44,899		

		7	44,899	
		8	44,899	
		9	44,898	
		10	44,899	
250,00	25,00	1	25,00	24,98
		2	24,99	
		3	24,98	
		4	24,98	
		5	24,98	
		6	24,97	
		7	24,98	
		8	24,97	
		9	24,97	
		10	24,98	
	75,00	1	74,94	74,948
		2	74,95	
		3	74,95	
		4	74,94	
		5	74,94	
		6	74,95	
		7	74,95	
		8	74,95	
		9	74,96	
		10	74,95	
	125,00	1	124,89	124,902
		2	124,9	
		3	124,9	
		4	124,9	
		5	124,91	
		6	124,9	
		7	124,91	
		8	124,9	
		9	124,9	
		10	124,91	
	175,00	1	174,82	174,83
		2	174,83	
		3	174,83	
		4	174,83	
		5	174,83	
		6	174,83	
		7	174,83	
		8	174,83	
		9	174,84	
		10	174,83	
225,00	1	224,7	224,722	
	2	224,71		
	3	224,72		
	4	224,72		
	5	224,73		
	6	224,73		
	7	224,72		
	8	224,73		
	9	224,73		
	10	224,73		

Таблица 4 – Определение действительных значений при измерении напряжения переменного тока при частоте 10 кГц

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
мВ	мВ		мВ	мВ
50,000	5,000	1	5,002	4,9996
		2	5,004	
		3	5,000	
		4	5,000	
		5	4,999	

		6	4,999		
		7	4,998		
		8	4,998		
		9	4,998		
		10	4,998		
	15,000		1	15,007	15,0081
			2	15,008	
			3	15,009	
			4	15,008	
			5	15,008	
			6	15,007	
			7	15,008	
			8	15,009	
			9	15,009	
			10	15,008	
	25,000		1	25,007	25,0083
			2	25,008	
			3	25,008	
			4	25,008	
			5	25,009	
			6	25,009	
			7	25,008	
			8	25,009	
			9	25,009	
			10	25,008	
	35,000		1	35,002	35,003
			2	35,003	
			3	35,003	
			4	35,003	
			5	35,003	
6			35,003		
7			35,004		
8			35,003		
9			35,003		
10			35,003		
45,000		1	44,983	44,9835	
		2	44,984		
		3	44,984		
		4	44,983		
		5	44,984		
		6	44,983		
		7	44,983		
		8	44,984		
		9	44,984		
		10	44,983		
500,00	50,00	1	50,02	49,982	
		2	50,00		
		3	49,98		
		4	49,98		
		5	49,98		
		6	49,97		
		7	49,98		
		8	49,97		
		9	49,97		
		10	49,97		
	150,00		1	150,08	150,085
			2	150,08	
			3	150,09	
			4	150,08	
			5	150,09	
			6	150,09	
			7	150,08	
			8	150,09	
			9	150,08	
			10	150,09	
250,00		1	250,09	250,098	

		2	250,09	
		3	250,1	
		4	250,1	
		5	250,1	
		6	250,1	
		7	250,1	
		8	250,1	
		9	250,1	
		10	250,1	
	350,00	1	350,09	350,102
		2	350,1	
		3	350,1	
		4	350,11	
		5	350,1	
		6	350,1	
		7	350,1	
		8	350,11	
		9	350,1	
		10	350,11	
	450,00	1	449,89	449,897
		2	449,89	
		3	449,89	
		4	449,9	
		5	449,9	
		6	449,9	
		7	449,9	
		8	449,9	
		9	449,89	
		10	449,91	
B	B		B	B
5,0000	0,5000	1	0,5005	0,50041
		2	0,5005	
		3	0,5004	
		4	0,5004	
		5	0,5004	
		6	0,5004	
		7	0,5004	
		8	0,5004	
		9	0,5003	
		10	0,5004	
	1,5000	1	1,5009	1,50129
		2	1,5013	
		3	1,5013	
		4	1,5013	
		5	1,5012	
		6	1,5014	
		7	1,5013	
		8	1,5014	
		9	1,5014	
		10	1,5014	
	2,5000	1	2,5012	2,50143
		2	2,5014	
		3	2,5014	
		4	2,5015	
		5	2,5014	
		6	2,5015	
		7	2,5014	
		8	2,5015	
		9	2,5015	
		10	2,5015	
	3,5000	1	3,5011	3,50129
		2	3,5013	
		3	3,5012	
		4	3,5013	
		5	3,5013	
		6	3,5014	

		7	3,5013	4,49946
		8	3,5013	
		9	3,5013	
		10	3,5014	
	4,5000	1	4,4993	
		2	4,4992	
		3	4,4994	
		4	4,4995	
		5	4,4995	
		6	4,4996	
		7	4,4995	
		8	4,4995	
		9	4,4995	
		10	4,4996	
50,000	5,000	1	5,003	5,0004
		2	5,002	
		3	5,001	
		4	5,000	
		5	5,000	
		6	5,000	
		7	5,000	
		8	4,999	
		9	5,000	
		10	4,999	
	15,000	1	15,005	15,0071
		2	15,005	
		3	15,007	
		4	15,008	
		5	15,007	
		6	15,008	
		7	15,007	
		8	15,008	
		9	15,008	
		10	15,008	
	25,000	1	25,007	25,008
		2	25,007	
		3	25,008	
		4	25,008	
		5	25,009	
		6	25,009	
		7	25,008	
		8	25,008	
		9	25,008	
		10	25,008	
35,000	1	35,003	35,0044	
	2	35,003		
	3	35,004		
	4	35,005		
	5	35,005		
	6	35,005		
	7	35,005		
	8	35,005		
	9	35,005		
	10	35,004		
45,000	1	44,987	44,9876	
	2	44,988		
	3	44,987		
	4	44,987		
	5	44,988		
	6	44,987		
	7	44,988		
	8	44,987		
	9	44,988		
	10	44,989		
250,00	25,00	1	25,01	25,006
		2	25,02	

		3	25,01			
		4	25,01			
		5	25			
		6	25,01			
		7	25			
		8	25			
		9	25			
		10	25			
		75,00	1		75,02	75,042
			2		75,04	
	3		75,04			
	4		75,04			
	5		75,05			
	6		75,05			
	7		75,05			
	8		75,04			
	9		75,04			
	10		75,05			
	125,00	1	125,06	125,071		
		2	125,06			
		3	125,07			
		4	125,07			
		5	125,07			
		6	125,07			
		7	125,08			
		8	125,08			
		9	125,08			
		10	125,07			
	175,00	1	175,08	175,08		
		2	175,07			
		3	175,08			
		4	175,08			
		5	175,08			
		6	175,08			
		7	175,08			
		8	175,08			
		9	175,09			
		10	175,08			
	225,00	1	225,05	225,066		
		2	225,06			
3		225,06				
4		225,07				
5		225,07				
6		225,07				
7		225,07				
8		225,07				
9		225,06				
10		225,08				

Таблица 5 – Определение действительных значений при измерении силы постоянного тока

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
мА	мА		мА	мА
50,000	5,000	1	4,99	4,9901
		2	4,989	
		3	4,99	
		4	4,989	
		5	4,991	
		6	4,99	
		7	4,99	
		8	4,99	
		9	4,991	
		10	4,991	
		15,000	1	14,993

		2	14,994	
		3	14,992	
		4	14,993	
		5	14,991	
		6	14,993	
		7	14,992	
		8	14,992	
		9	14,992	
		10	14,993	
		25,000	1	
	2		24,991	
	3		24,991	
	4		24,99	
	5		24,991	
	6		24,992	
	7		24,991	
	8		24,991	
	9		24,992	
	10		24,99	
	35,000	1	34,99	34,9901
		2	34,99	
		3	34,989	
		4	34,99	
		5	34,991	
		6	34,99	
		7	34,991	
		8	34,989	
		9	34,991	
		10	34,99	
	45,000	1	44,989	44,9898
2		44,99		
3		44,991		
4		44,99		
5		44,989		
6		44,989		
7		44,99		
8		44,99		
9		44,989		
10		44,991		
500,00	50,00	1	49,99	49,995
		2	50	
		3	50	
		4	49,99	
		5	49,99	
		6	49,99	
		7	50	
		8	50	
		9	49,99	
		10	50	
	150,00	1	150,05	150,049
		2	150,06	
		3	150,06	
		4	150,05	
		5	150,05	
		6	150,05	
		7	150,04	
		8	150,04	
		9	150,04	
		10	150,05	
	250,00	1	250,04	250,032
		2	250,03	
		3	250,04	
		4	250,04	
		5	250,03	
		6	250,03	
		7	250,02	

		8	250,03	350,048
		9	250,02	
		10	250,04	
	350,00	1	350,05	
		2	350,04	
		3	350,05	
		4	350,05	
		5	350,04	
		6	350,04	
		7	350,06	
	450,00	8	350,05	
		9	350,05	
		10	350,05	
		1	450,06	
		2	450,06	
		3	450,06	
		4	450,06	
		5	450,07	
		6	450,06	
		7	450,07	
8	450,07			
9	450,06			
10	450,07			
450,064				

Таблица 6 – Определение действительных значений при измерении силы переменного тока при частоте 50 Гц

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений	
мА	мА		мА	мА	
50,000	5,000	1	5,009	5,0099	
		2	5,009		
		3	5,01		
		4	5,01		
		5	5,01		
		6	5,011		
		7	5,01		
		8	5,009		
		9	5,011		
		10	5,01		
	15,000	15,000	1	15,037	15,0375
			2	15,037	
			3	15,037	
			4	15,038	
			5	15,037	
			6	15,038	
			7	15,038	
			8	15,038	
			9	15,038	
			10	15,037	
	25,000	25,000	1	25,048	25,048
			2	25,047	
			3	25,048	
			4	25,048	
			5	25,047	
			6	25,048	
			7	25,048	
			8	25,048	
			9	25,049	
			10	25,049	
35,000	35,000	1	34,961	34,9606	
		2	34,96		
		3	34,96		
		4	34,961		
		5	34,961		
		6	34,961		

		7	34,96	44,9076
		8	34,961	
		9	34,96	
		10	34,961	
	45,000	1	44,907	
		2	44,908	
		3	44,907	
		4	44,907	
		5	44,908	
		6	44,908	
		7	44,908	
		8	44,908	
		9	44,907	
		10	44,908	
500,00	50,00	1	49,87	49,874
		2	49,87	
		3	49,87	
		4	49,88	
		5	49,87	
		6	49,88	
		7	49,87	
		8	49,87	
		9	49,88	
		10	49,88	
	150,00	1	149,98	149,96
		2	149,97	
		3	149,96	
		4	149,95	
		5	149,96	
		6	149,96	
		7	149,95	
		8	149,96	
		9	149,95	
		10	149,96	
	250,00	1	249,75	249,767
		2	249,76	
		3	249,76	
		4	249,76	
		5	249,77	
		6	249,78	
		7	249,77	
		8	249,78	
		9	249,77	
		10	249,77	
350,00	1	349,51	349,527	
	2	349,52		
	3	349,52		
	4	349,53		
	5	349,53		
	6	349,53		
	7	349,53		
	8	349,53		
	9	349,53		
	10	349,54		
450,00	1	449,39	449,391	
	2	449,38		
	3	449,41		
	4	449,38		
	5	449,39		
	6	449,39		
	7	449,38		
	8	449,4		
	9	449,39		
	10	449,4		

Таблица 7 – Определение действительных значений при измерении силы переменного тока при частоте 10 кГц

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений	
мА	мА		мА	мА	
50,000	5,000	1	5,022	5,0214	
		2	5,021		
		3	5,022		
		4	5,022		
		5	5,021		
		6	5,021		
		7	5,021		
		8	5,021		
		9	5,022		
		10	5,021		
	15,000	15,000	1	15,075	15,0764
			2	15,076	
			3	15,076	
			4	15,076	
			5	15,077	
			6	15,077	
			7	15,077	
			8	15,076	
			9	15,077	
			10	15,077	
	25,000	25,000	1	25,119	25,1212
			2	25,12	
			3	25,121	
			4	25,122	
			5	25,121	
			6	25,122	
			7	25,122	
			8	25,121	
			9	25,122	
			10	25,122	
35,000	35,000	1	35,088	35,0893	
		2	35,089		
		3	35,09		
		4	35,089		
		5	35,089		
		6	35,089		
		7	35,09		
		8	35,089		
		9	35,09		
		10	35,09		
45,000	45,000	1	45,088	45,0885	
		2	45,088		
		3	45,089		
		4	45,089		
		5	45,088		
		6	45,088		
		7	45,089		
		8	45,089		
		9	45,088		
		10	45,089		
500,00	50,00	1	50,13	50,149	
		2	50,19		
		3	50,16		
		4	50,16		
		5	50,15		
		6	50,15		
		7	50,14		
		8	50,14		
		9	50,14		
		10	50,13		
	150,00	1	150,59	150,608	

		2	150,6	
		3	150,6	
		4	150,61	
		5	150,61	
		6	150,61	
		7	150,61	
		8	150,62	
		9	150,61	
		10	150,62	
		250,00	1	
	2		251,08	
	3		251,08	
	4		251,08	
	5		251,09	
	6		251,09	
	7		251,1	
	8		251,09	
	9		251,09	
	10		251,09	
	350,00	1	351,72	351,717
		2	351,74	
		3	351,67	
		4	351,71	
		5	351,69	
		6	351,71	
		7	351,72	
		8	351,71	
		9	351,74	
		10	351,76	
	450,00	1	452,36	452,34
2		452,34		
3		452,37		
4		452,29		
5		452,32		
6		452,33		
7		452,34		
8		452,34		
9		452,34		
10		452,37		

Таблица 8 – Определение действительных значений при измерении электрического сопротивления

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
Ом	Ом		Ом	Ом
500,00	50,00	1	50,00	50,006
		2	50,01	
		3	50,00	
		4	50,01	
		5	50,00	
		6	50,00	
		7	50,01	
		8	50,01	
		9	50,01	
		10	50,01	
	150,00	1	150,01	150,01
		2	150,01	
		3	150,01	
		4	150,01	
		5	150,00	
		6	150,01	
		7	150,02	
		8	150,01	
		9	150,01	
		10	150,01	

	250,00	1	250,02	250,025
		2	250,01	
		3	250,02	
		4	250,01	
		5	250,02	
		6	250,02	
		7	250,02	
		8	250,1	
		9	250,01	
		10	250,02	
	350,00	1	350,02	350,021
		2	350,02	
		3	350,02	
		4	350,03	
		5	350,02	
		6	350,01	
		7	350,02	
		8	350,02	
		9	350,02	
		10	350,03	
	450,00	1	450,03	450,024
		2	450,02	
		3	450,02	
		4	450,03	
		5	450,03	
		6	450,02	
		7	450,03	
		8	450,02	
		9	450,02	
		10	450,02	
кОМ	кОМ	кОМ	кОМ	кОМ
5,0000	0,5000	1	0,5001	0,50014
		2	0,5001	
		3	0,5002	
		4	0,5001	
		5	0,5002	
		6	0,5001	
		7	0,5002	
		8	0,5002	
		9	0,5001	
		10	0,5001	
	1,5000	1	1,5001	1,50009
		2	1,5001	
		3	1,5002	
		4	1,5000	
		5	1,5001	
		6	1,5001	
		7	1,5001	
		8	1,5001	
		9	1,5001	
		10	1,5000	
	2,5000	1	2,5000	2,50002
		2	2,5001	
		3	2,5000	
		4	2,5000	
		5	2,5000	
		6	2,5000	
		7	2,5000	
		8	2,5001	
		9	2,5000	
		10	2,5000	
	3,5000	1	3,5001	3,50015
		2	3,5002	
		3	3,5002	
		4	3,5001	
		5	3,5001	

		6	3,5001		
		7	3,5002		
		8	3,5002		
		9	3,5002		
		10	3,5001		
	4,5000	1	4,5003		4,50025
		2	4,5003		
		3	4,5002		
		4	4,5002		
		5	4,5003		
	6	4,5003			
	7	4,5002			
	8	4,5002			
	9	4,5003			
	10	4,5002			
50,000	5,000	1	5,000	4,9998	
		2	5,000		
		3	5,000		
		4	5,000		
		5	4,999		
		6	5,000		
		7	5,000		
		8	4,999		
		9	5,000		
		10	5,000		
	15,000	1	15,000	14,9996	
		2	15,000		
		3	14,999		
		4	15,000		
		5	15,000		
		6	14,999		
		7	15,000		
		8	14,999		
		9	15,000		
		10	14,999		
	25,000	1	24,999	24,9994	
		2	25,000		
		3	25,000		
		4	24,999		
		5	24,999		
		6	24,999		
		7	24,999		
		8	24,999		
		9	25,000		
		10	25,000		
35,000	1	35,001	35,0012		
	2	35,001			
	3	35,002			
	4	35,001			
	5	35,001			
	6	35,001			
	7	35,001			
	8	35,001			
	9	35,001			
	10	35,002			
45,000	1	45,003	45,0025		
	2	45,003			
	3	45,002			
	4	45,002			
	5	45,003			
	6	45,003			
	7	45,002			
	8	45,002			
	9	45,002			
	10	45,003			
500,00	50,00	1	50,00	49,996	

		2	49,99	
		3	49,99	
		4	50,00	
		5	50,00	
		6	49,99	
		7	50,00	
		8	49,99	
		9	50,00	
		10	50,00	
	150,00	1	150,03	150,026
		2	150,02	
		3	150,02	
		4	150,03	
		5	150,03	
		6	150,02	
		7	150,03	
		8	150,02	
		9	150,03	
		10	150,03	
	250,00	1	250,03	250,026
		2	250,02	
		3	250,03	
		4	250,03	
		5	250,02	
		6	250,03	
		7	250,02	
		8	250,02	
		9	250,03	
		10	250,03	
	350,00	1	350,04	350,039
		2	350,03	
		3	350,04	
		4	350,04	
		5	350,05	
		6	350,04	
		7	350,03	
		8	350,04	
		9	350,04	
		10	350,04	
	450,00	1	450,07	450,074
		2	450,07	
		3	450,08	
		4	450,08	
		5	450,07	
		6	450,07	
		7	450,07	
		8	450,07	
		9	450,08	
		10	450,08	
MOm	MOm	MOm	MOm	MOm
5,0000	0,5000	1	0,5001	0,50002
		2	0,5000	
		3	0,5000	
		4	0,5000	
		5	0,5000	
		6	0,5000	
		7	0,5000	
		8	0,5000	
		9	0,5001	
		10	0,5000	
	1,5000	1	1,5002	1,50023
		2	1,5003	
		3	1,5002	
		4	1,5002	
		5	1,5003	
		6	1,5002	

		7	1,5002		
		8	1,5003		
		9	1,5002		
		10	1,5002		
	2,5000	1	2,5007		2,50072
		2	2,5007		
		3	2,5007		
		4	2,5007		
		5	2,5007		
		6	2,5007		
		7	2,5007		
		8	2,5008		
		9	2,5007		
		10	2,5008		
	3,5000	1	3,5009		3,50096
		2	3,5010		
		3	3,5011		
		4	3,5009		
		5	3,5009		
		6	3,5010		
		7	3,5010		
		8	3,5009		
		9	3,5009		
		10	3,5010		
	4,5000	1	4,5008		4,50082
		2	4,5009		
		3	4,5008		
		4	4,5007		
		5	4,5008		
		6	4,5008		
7		4,5009			
8		4,5008			
9		4,5009			
10		4,5008			
50,000	5,000	1	4,995	4,9952	
		2	4,995		
		3	4,996		
		4	4,995		
		5	4,995		
		6	4,995		
		7	4,995		
		8	4,995		
		9	4,996		
		10	4,995		
	15,000	1	15,003	14,9958	
		2	14,998		
		3	14,995		
		4	14,996		
		5	14,995		
		6	14,995		
		7	14,994		
		8	14,995		
		9	14,993		
		10	14,994		
	25,000	1	24,985	24,9849	
		2	24,984		
		3	24,983		
		4	24,985		
		5	24,986		
		6	24,985		
		7	24,985		
		8	24,986		
		9	24,985		
		10	24,985		
35,000	1	34,969	34,9712		
	2	34,970			

		3	34,973				
		4	34,972				
		5	34,971				
		6	34,969				
		7	34,975				
		8	34,972				
		9	34,970				
		10	34,971				
		45,000			1	44,937	44,9325
					2	44,932	
3	44,933						
4	44,937						
5	44,934						
6	44,930						
7	44,927						
8	44,936						
9	44,923						
10	44,936						

Таблица 9 – Определение действительных значений при воспроизведении напряжения постоянного тока

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений	
В	В		В	В	
1,5000	0,1500	1	0,1499752	0,149977	
		2	0,1499761		
		3	0,1499737		
		4	0,1499781		
		5	0,1499724		
		6	0,1499769		
		7	0,1499792		
		8	0,1499807		
		9	0,1499795		
		10	0,1499821		
	0,4500		1	0,4500506	0,450053
			2	0,4500541	
			3	0,4500526	
			4	0,4500548	
			5	0,4500519	
			6	0,4500447	
			7	0,4500544	
			8	0,4500530	
			9	0,4500550	
			10	0,4500568	
	0,7500		1	0,7500459	0,750048
			2	0,7500469	
			3	0,7500465	
			4	0,7500486	
			5	0,7500491	
			6	0,7500461	
			7	0,7500477	
			8	0,7500469	
			9	0,7500519	
			10	0,7500493	
	1,0500		1	1,0500633	1,05007
			2	1,0500701	
			3	1,0500663	
			4	1,0500698	
			5	1,0500718	
			6	1,0500724	
			7	1,0500707	
			8	1,0500729	
			9	1,0500716	
			10	1,0500725	
1,3500		1	1,350055	1,350055	

		2	1,350064	
		3	1,350046	
		4	1,350052	
		5	1,350057	
		6	1,350053	
		7	1,350059	
		8	1,350057	
		9	1,350054	
		10	1,350056	
15,000	1,500	1	1,500581	1,500574
		2	1,500596	
		3	1,500586	
		4	1,500576	
		5	1,500567	
		6	1,500562	
		7	1,500550	
		8	1,500564	
		9	1,500581	
		10	1,500575	
	4,500	1	4,502471	4,502488
		2	4,502485	
		3	4,502478	
		4	4,502490	
		5	4,502488	
		6	4,502483	
		7	4,502490	
		8	4,502495	
		9	4,502506	
		10	4,502490	
	7,500	1	7,504263	7,504284
		2	7,504260	
		3	7,504283	
		4	7,504271	
		5	7,504293	
		6	7,504295	
		7	7,504288	
		8	7,504293	
		9	7,504290	
		10	7,504301	
	10,500	1	10,505310	10,50533
		2	10,505319	
		3	10,505327	
		4	10,505305	
		5	10,505316	
		6	10,505320	
		7	10,505336	
		8	10,505339	
		9	10,505354	
		10	10,505342	
13,500	1	13,50316	13,5032	
	2	13,50319		
	3	13,50318		
	4	13,50319		
	5	13,50321		
	6	13,50317		
	7	13,50321		
	8	13,50320		
	9	13,50322		
	10	13,50323		

Таблица 10 – Определение действительных значений при воспроизведении силы постоянного тока

Предел измерения	Калибруемая точка	Номер измерения	Результаты измерений	Среднее арифметическое значение измерений
мА	мА	мА	мА	мА

25,000	2,500	1	2,501201	2,501176
		2	2,501144	
		3	2,501153	
		4	2,501136	
		5	2,501196	
		6	2,501200	
		7	2,501211	
		8	2,501154	
		9	2,501192	
		10	2,501175	
	7,500	1	7,501621	7,501618
		2	7,501610	
		3	7,501612	
		4	7,501658	
		5	7,501617	
		6	7,501613	
		7	7,501614	
		8	7,501663	
		9	7,501591	
		10	7,501583	
	12,500	1	12,50112	12,50108
		2	12,50113	
		3	12,50109	
		4	12,50099	
		5	12,50111	
		6	12,50097	
		7	12,50111	
		8	12,50131	
		9	12,50102	
		10	12,50094	
	17,500	1	17,50109	17,50117
		2	17,50105	
		3	17,50113	
		4	17,50117	
		5	17,50126	
		6	17,50120	
		7	17,50102	
		8	17,50131	
		9	17,50125	
		10	17,50118	
22,500	1	22,50041	22,50045	
	2	22,50050		
	3	22,50058		
	4	22,50048		
	5	22,50037		
	6	22,50046		
	7	22,50031		
	8	22,50051		
	9	22,50038		
	10	22,50052		

2 Результаты расчета бюджета неопределенности метрологических характеристик приведены в таблиц 11-19.

Таблица 11 – Бюджет неопределенности при измерении напряжения постоянного тока

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
5,000 мВ	$X_{изм}$	0,000221108	норм.	0,000403516	0,000807032
	Δ_{ρ}	0,000174937	равном.		
	Δ_{KB}	0,000288675	равном.		
15,000 мВ	$X_{изм}$	0,0002582	норм.	0,00064946	0,00129893
	Δ_{ρ}	0,00052135	равном.		

	Δ_{KB}	0,000288675	равном.		
25,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000260342	норм.	0,000950849	0,001901698
	Δ_{ϑ}	0,000867757	равном.		
	Δ_{KB}	0,000288675	равном.		
35,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000213	норм.	0,001266	0,002532
	Δ_{ϑ}	0,001214	равном.		
	Δ_{KB}	0,000288675	равном.		
45,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000213	норм.	0,001601	0,003203
	Δ_{ϑ}	0,001561	равном.		
	Δ_{KB}	0,000288675	равном.		
50,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,002108185	норм.	0,003972881	0,007945761
	Δ_{ϑ}	0,001733783	равном.		
	Δ_{KB}	0,002887	равном.		
150,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,00152753	норм.	0,00613878	0,01227757
	Δ_{ϑ}	0,00519788	равном.		
	Δ_{KB}	0,002887	равном.		
250,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001666667	норм.	0,009281224	0,018562447
	Δ_{ϑ}	0,008661986	равном.		
	Δ_{KB}	0,002887	равном.		
350,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001633	норм.	0,010637	0,021274
	Δ_{ϑ}	0,010107	равном.		
	Δ_{KB}	0,002887	равном.		
450,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001528	норм.	0,013397	0,026795
	Δ_{ϑ}	0,012993	равном.		
	Δ_{KB}	0,002887	равном.		
0,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,00001633	норм.	0,00003742	0,00007483
	Δ_{ϑ}	0,00001732	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002887	равном.		
1,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,00001633	норм.	0,00005686	0,00011372
	Δ_{ϑ}	0,00004619	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002887	равном.		
2,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,00001528	норм.	0,00008185	0,00016371
	Δ_{ϑ}	0,00007506	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002887	равном.		
3,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,00001633	норм.	0,00013407	0,00026814
	Δ_{ϑ}	0,00012990	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002887	равном.		
4,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,00001667	норм.	0,00016223	0,00032447
	Δ_{ϑ}	0,00015877	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002887	равном.		
5,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000210819	норм.	0,000397213	0,000794425
	Δ_{ϑ}	0,000173205	равном.		
	Δ_{KB}	0,0002887	равном.		

15,000 В	$X_{изм}$	0,00013333	норм.	0,00056075	0,00112151
	Δ_{ϑ}	0,00046188	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,0002887	равном.		
25,000 В	$X_{изм}$	0,000223607	норм.	0,000834666	0,001669331
	Δ_{ϑ}	0,000750555	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,0002887	равном.		
35,000 В	$X_{изм}$	0,0001333	норм.	0,0014357	0,0028715
	Δ_{ϑ}	0,0014001	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,0002887	равном.		
45,000 В	$X_{изм}$	0,0001333	норм.	0,0017468	0,0034936
	Δ_{ϑ}	0,0017176	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,002887	равном.		
25,00 В	$X_{изм}$	0	норм.	0,002982728	0,005965456
	Δ_{ϑ}	0,000750555	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,002887	равном.		
75,00 В	$X_{изм}$	0	норм.	0,00393237	0,00786474
	Δ_{ϑ}	0,00267024	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,002887	равном.		
125,00 В	$X_{изм}$	0	норм.	0,005144273	0,010288545
	Δ_{ϑ}	0,004257958	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,002887	равном.		
175,00 В	$X_{изм}$	0	норм.	0,0065196	0,0130392
	Δ_{ϑ}	0,0058457	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,002887	равном.		
225,00 В	$X_{изм}$	0,0015275	норм.	0,0081192	0,0162385
	Δ_{ϑ}	0,0074334	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,002887	равном.		

Таблица 12 – Бюджет неопределенности при измерении напряжения переменного тока при частоте 50 Гц

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
5,000 мВ	$X_{изм}$	0,003199	норм.	0,004326	0,008652
	Δ_{ϑ}	0,002898	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,000289	равном.		
15,000 мВ	$X_{изм}$	0,003174	норм.	0,009239	0,018478
	Δ_{ϑ}	0,008672	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,000289	равном.		
25,000 мВ	$X_{изм}$	0,002415	норм.	0,014649	0,029297
	Δ_{ϑ}	0,014445	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,000289	равном.		
35,000 мВ	$X_{изм}$	0,002152	норм.	0,00645	0,0129
	Δ_{ϑ}	0,006074	равном.		
	$\Delta_{КБ}$	0,000289	равном.		

45,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,002975	норм.	0,008358	0,016717
	$\Delta_{э}$	0,007806	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
50,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,005175	норм.	0,010503	0,021006
	$\Delta_{э}$	0,008672	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
150,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001633	норм.	0,026203	0,052406
	$\Delta_{э}$	0,025992	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
250,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001667	норм.	0,043441	0,086882
	$\Delta_{э}$	0,043313	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
350,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,002981	норм.	0,060798	0,121596
	$\Delta_{э}$	0,060656	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
450,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001528	норм.	0,078045	0,156091
	$\Delta_{э}$	0,077977	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
0,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000563	норм.	0,000137	0,000273
	$\Delta_{э}$	0,000121	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
1,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000504	норм.	0,0003	0,0006
	$\Delta_{э}$	0,000294	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
2,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000221	норм.	0,000469	0,000938
	$\Delta_{э}$	0,000468	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
3,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000517	норм.	0,000954	0,001909
	$\Delta_{э}$	0,000953	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
4,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000163	норм.	0,001126	0,002253
	$\Delta_{э}$	0,001126	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
5,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000737	норм.	0,001448	0,002896
	$\Delta_{э}$	0,001212	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
15,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000367	норм.	0,002981	0,005962
	$\Delta_{э}$	0,002944	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
25,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000167	норм.	0,004688	0,009377
	$\Delta_{э}$	0,004677	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
35,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000476	норм.	0,011849	0,023698
	$\Delta_{э}$	0,011836	равном.		

	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
45,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,000333	норм.	0,014729	0,029458
	Δ_{ρ}	0,014722	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
25,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,002981	норм.	0,006252	0,01250
	Δ_{ρ}	0,004677	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
75,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,002	норм.	0,023645	0,04729
	Δ_{ρ}	0,023383	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
125,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,002	норм.	0,037979	0,075958
	Δ_{ρ}	0,037816	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
175,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,001491	норм.	0,052351	0,104702
	Δ_{ρ}	0,05225	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
225,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,003266	норм.	0,066826	0,133653
	Δ_{ρ}	0,066684	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		

Таблица 13 – Бюджет неопределенности при измерении напряжения переменного тока при частоте 10 кГц

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
5,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000636	норм.	0,004397	0,008795
	Δ_{ρ}	0,004342	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
15,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000233	норм.	0,013007	0,026014
	Δ_{ρ}	0,013002	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
25,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000213	норм.	0,021665	0,04333
	Δ_{ρ}	0,021662	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
35,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000149	норм.	0,01416	0,028321
	Δ_{ρ}	0,014157	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
45,000 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,000167	норм.	0,018201	0,036402
	Δ_{ρ}	0,018198	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
50,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,005121	норм.	0,021056	0,042112
	Δ_{ρ}	0,020219	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		

150,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001667	норм.	0,060725	0,12145
	$\Delta_{\text{э}}$	0,060633	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
250,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,001333	норм.	0,101098	0,202196
	$\Delta_{\text{э}}$	0,101048	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
350,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,002	норм.	0,141529	0,283058
	$\Delta_{\text{э}}$	0,141485	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
450,00 мВ	$X_{ИЗМ}$	0,002134	норм.	0,181935	0,363871
	$\Delta_{\text{э}}$	0,1819	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00289	равном.		
0,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000180	норм.	0,000239	0,000478
	$\Delta_{\text{э}}$	0,000237	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
1,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000482	норм.	0,000643	0,001287
	$\Delta_{\text{э}}$	0,000641	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
2,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000300	норм.	0,001046	0,002092
	$\Delta_{\text{э}}$	0,001045	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
3,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000277	норм.	0,001761	0,003523
	$\Delta_{\text{э}}$	0,001761	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
4,5000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0000400	норм.	0,002166	0,004331
	$\Delta_{\text{э}}$	0,002165	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0000289	равном.		
5,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,0004	норм.	0,002418	0,004836
	$\Delta_{\text{э}}$	0,002367	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
15,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000379	норм.	0,006426	0,012852
	$\Delta_{\text{э}}$	0,006409	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
25,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000211	норм.	0,010456	0,020912
	$\Delta_{\text{э}}$	0,01045	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
35,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000267	норм.	0,023386	0,046772
	$\Delta_{\text{э}}$	0,023383	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
45,000 В	$X_{ИЗМ}$	0,000221	норм.	0,028581	0,057162
	$\Delta_{\text{э}}$	0,028579	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,000289	равном.		
25,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,002211	норм.	0,011065	0,022129
	$\Delta_{\text{э}}$	0,01045	равном.		

	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
75,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,002906	норм.	0,044357	0,088714
	Δ_{ρ}	0,044167	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
125,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,002333	норм.	0,070246	0,140492
	Δ_{ρ}	0,070148	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
175,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,001491	норм.	0,096184	0,192367
	Δ_{ρ}	0,096129	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
225,00 В	$X_{ИЗМ}$	0,002667	норм.	0,122173	0,244346
	Δ_{ρ}	0,12211	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		

Таблица 14 – Бюджет неопределенности при измерении силы постоянного тока

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
5,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000233	норм.	0,00047	0,000941
	Δ_{ρ}	0,000289	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
15,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000269	норм.	0,000952	0,001903
	Δ_{ρ}	0,000866	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
25,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000233	норм.	0,00149	0,002981
	Δ_{ρ}	0,001444	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
35,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000233	норм.	0,002056	0,004112
	Δ_{ρ}	0,002022	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
45,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000249	норм.	0,002627	0,005255
	Δ_{ρ}	0,0026	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
50,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,001667	норм.	0,004411	0,008821
	Δ_{ρ}	0,002888	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
150,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,002333	норм.	0,009424	0,018847
	Δ_{ρ}	0,008662	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
250,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,002494	норм.	0,014931	0,029862
	Δ_{ρ}	0,014435	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
350,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,002	норм.	0,076893	0,153786
	Δ_{ρ}	0,076813	равном.		

	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
450,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,001633	норм.	0,098808	0,197616
	Δ_{ρ}	0,098752	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		

Таблица 15 – Бюджет неопределенности при измерении силы переменного тока при частоте 50 Гц

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
5,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000233	норм.	0,001214	0,002428
	Δ_{ρ}	0,001156	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
15,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000167	норм.	0,003481	0,006963
	Δ_{ρ}	0,003465	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
25,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000211	норм.	0,005786	0,011571
	Δ_{ρ}	0,005775	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
35,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000163	норм.	0,008101	0,016202
	Δ_{ρ}	0,008094	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
45,000 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000163	норм.	0,010409	0,020818
	Δ_{ρ}	0,010404	равном.		
	Δ_{KB}	0,000289	равном.		
50,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,001633	норм.	0,012025	0,02405
	Δ_{ρ}	0,011559	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
150,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,002981	норм.	0,0349	0,0698
	Δ_{ρ}	0,034653	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
250,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,003	норм.	0,057896	0,115793
	Δ_{ρ}	0,057747	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
350,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,002603	норм.	0,101169	0,202337
	Δ_{ρ}	0,101094	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		
450,00 мА	$X_{ИЗМ}$	0,003145	норм.	0,130032	0,260063
	Δ_{ρ}	0,129962	равном.		
	Δ_{KB}	0,00289	равном.		

Таблица 16 – Бюджет неопределенности при измерении силы переменного тока при частоте 10 кГц

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопреде-	Стандартная неопределенность	Расширенная неопределенность
-------------------	----------------	----------------	---------------	------------------------------	------------------------------

			ленности	$u(x_i)$	
5,000 мА	$X_{изм}$	0,000163	норм.	0,011554	0,023108
	Δ_{ρ}	0,011549	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,000289	равном.		
15,000 мА	$X_{изм}$	0,000221	норм.	0,034645	0,06929
	Δ_{ρ}	0,034643	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,000289	равном.		
25,000 мА	$X_{изм}$	0,000327	норм.	0,057739	0,115478
	Δ_{ρ}	0,057737	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,000289	равном.		
35,000 мА	$X_{изм}$	0,000213	норм.	0,080945	0,161891
	Δ_{ρ}	0,080945	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,000289	равном.		
45,000 мА	$X_{изм}$	0,000167	норм.	0,104039	0,208078
	Δ_{ρ}	0,104039	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,000289	равном.		
50,00 мА	$X_{изм}$	0,005667	норм.	0,11576	0,231521
	Δ_{ρ}	0,115586	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,00289	равном.		
150,00 мА	$X_{изм}$	0,002906	норм.	0,34655	0,6931
	Δ_{ρ}	0,346526	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,00289	равном.		
250,00 мА	$X_{изм}$	0,002667	норм.	0,577479	1,154958
	Δ_{ρ}	0,577466	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,00289	равном.		
350,00 мА	$X_{изм}$	0,008172	норм.	5,054709	10,10942
	Δ_{ρ}	5,054702	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,00289	равном.		
450,00 мА	$X_{изм}$	0,007601	норм.	6,498082	12,99616
	Δ_{ρ}	6,498077	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,00289	равном.		

Таблица 16 – Бюджет неопределенности при измерении электрического сопротивления

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
50,00 Ом	$X_{изм}$	0,00163299	норм.	0,0033665	0,006733
	Δ_{ρ}	0,00057735	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,002889	равном.		
150,00 Ом	$X_{изм}$	0,001490712	норм.	0,003681787	0,007363574
	Δ_{ρ}	0,001732051	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,002889	равном.		
250,00 Ом	$X_{изм}$	0,008465617	норм.	0,009398581	0,018797163
	Δ_{ρ}	0,002886751	равном.		
	$\Delta_{кв}$	0,002889	равном.		

350,00 Ом	$X_{ИЗМ}$	0,001795055	норм.	0,005280993	0,010561986
	$\Delta_{э}$	0,004041452	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,002889	равном.		
450,00 Ом	$X_{ИЗМ}$	0,001632993	норм.	0,006164414	0,012328828
	$\Delta_{э}$	0,005196152	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,002889	равном.		
0,5000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000163	норм.	0,0000337	0,0000673
	$\Delta_{э}$	0,0000058	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00002889	равном.		
1,5000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000180	норм.	0,0000382	0,0000763
	$\Delta_{э}$	0,0000173	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00002889	равном.		
2,5000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000133	норм.	0,0000429	0,0000859
	$\Delta_{э}$	0,0000289	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00002889	равном.		
3,5000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000167	норм.	0,0000524	0,0001048
	$\Delta_{э}$	0,0000404	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00002889	равном.		
4,5000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000167	норм.	0,0000617	0,0001235
	$\Delta_{э}$	0,0000520	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,00002889	равном.		
5,000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0001333	норм.	0,0003232	0,0006464
	$\Delta_{э}$	0,0000577	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0002889	равном.		
15,000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0001633	норм.	0,0003742	0,0007483
	$\Delta_{э}$	0,0001732	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0002889	равном.		
25,000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0001633	норм.	0,0004397	0,0008794
	$\Delta_{э}$	0,0002887	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0002889	равном.		
35,000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0001333	норм.	0,000514	0,0010285
	$\Delta_{э}$	0,0004041	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0002889	равном.		
45,000 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,0001667	норм.	0,0006173	0,0012347
	$\Delta_{э}$	0,0005196	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,0002889	равном.		
50,00 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,00163299	норм.	0,003366	0,006733
	$\Delta_{э}$	0,00288675	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,002889	равном.		
150,00 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,001632993	норм.	0,04342810	0,086856203
	$\Delta_{э}$	0,04330127	равном.		
	$\Delta_{КВ}$	0,002889	равном.		
250,00 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,001632993	норм.	0,07224495	0,144489907
	$\Delta_{э}$	0,072168784	равном.		

	Δ_{KB}	0,002889	равном.		
350,00 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,001795055	норм.	0,101093466	0,202186932
	Δ_{ρ}	0,101036297	равном.		
	Δ_{KB}	0,002889	равном.		
450,00 кОм	$X_{ИЗМ}$	0,001632993	норм.	0,12994614	0,259892285
	Δ_{ρ}	0,129903811	равном.		
	Δ_{KB}	0,002889	равном.		
0,5000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000133	норм.	0,000147	0,0002956
	Δ_{ρ}	0,0001443	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002889	равном.		
1,5000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000153	норм.	0,000434	0,0008685
	Δ_{ρ}	0,0004330	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002889	равном.		
2,5000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000133	норм.	0,0007224	0,0014448
	Δ_{ρ}	0,0007217	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002889	равном.		
3,5000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000221	норм.	0,0010110	0,0020220
	Δ_{ρ}	0,0010104	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002889	равном.		
4,5000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,0000200	норм.	0,0012995	0,0025990
	Δ_{ρ}	0,0012990	равном.		
	Δ_{KB}	0,00002889	равном.		
5,000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,000133333	норм.	0,001477987	0,002955973
	Δ_{ρ}	0,001443376	равном.		
	Δ_{KB}	0,0002889	равном.		
15,000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,00090431	норм.	0,00528215	0,0105643
	Δ_{ρ}	0,00433013	равном.		
	Δ_{KB}	0,0002889	равном.		
25,000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,000276887	норм.	0,00722795	0,0144559
	Δ_{ρ}	0,007216878	равном.		
	Δ_{KB}	0,0002889	равном.		
35,000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,000592546	норм.	0,010125106	0,020250213
	Δ_{ρ}	0,0101036	равном.		
	Δ_{KB}	0,0002889	равном.		
45,000 МОм	$X_{ИЗМ}$	0,001470072	норм.	0,013076484	0,026152969
	Δ_{ρ}	0,012990381	равном.		
	Δ_{KB}	0,0002889	равном.		

Таблица 18 – Бюджет неопределенности при воспроизведении напряжения постоянного тока

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
0,1500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000000981	норм.	0,000001027	0,000002054

	Δ_{ρ}	0,000000303	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
0,4500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000001056	норм.	0,000001197	0,000002395
	Δ_{ρ}	0,000000563	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
0,7500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000000588	норм.	0,000001012	0,000002023
	Δ_{ρ}	0,000000823	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
1,0500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000000973	норм.	0,000001139	0,000002278
	Δ_{ρ}	0,000000592	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
1,3500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000001491	норм.	0,000001663	0,000003327
	Δ_{ρ}	0,000000678	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
1,500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000004216	норм.	0,000004287	0,000008574
	Δ_{ρ}	0,000000722	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
4,500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000002993	норм.	0,000003401	0,000006801
	Δ_{ρ}	0,000001588	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
7,500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000004485	норм.	0,000005120	0,000010240
	Δ_{ρ}	0,000002454	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
10,500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000004928	норм.	0,000032849	0,000065698
	Δ_{ρ}	0,000032476	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
13,500 В	$X_{ИЗМ}$	0,000007024	норм.	0,000037581	0,000075163
	Δ_{ρ}	0,000036806	равном.		
	Δ_{KB}	0,000000289	равном.		

Таблица 19 – Бюджет неопределенности при воспроизведении силы постоянного тока

Калибруемая точка	Величина x_i	Значение x_i	Тип неопределенности	Стандартная неопределенность $u(x_i)$	Расширенная неопределенность
2,500 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000008641	норм.	0,000038511	0,000077022
	Δ_{ρ}	0,000037528	равном.		
	Δ_{KB}	0,000000289	равном.		
7,500 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000007979	норм.	0,000066874	0,000133747
	Δ_{ρ}	0,000066395	равном.		
	Δ_{KB}	0,0000000289	равном.		
12,500 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000033713	норм.	0,000412751	0,000825503
	Δ_{ρ}	0,000411362	равном.		
	Δ_{KB}	0,000000289	равном.		
17,500 мА	$X_{ИЗМ}$	0,000029784	норм.	0,000484456	0,000968912
	Δ_{ρ}	0,000483531	равном.		

	Δ_{K8}	0,00000289	равном.		
22,500 мА	$X_{изм}$	0,000026111	норм.	0,000556320	0,001112640
	$\Delta_{э}$	0,000555700	равном.		
	Δ_{K8}	0,00000289	равном.		

Вывод: Результаты оценки расширенных неопределённостей метрологических характеристик (не) соответствуют целевой неопределённости измерений.

Руководитель отдела (группы) _____ С.А. Спасенко

Исполнитель _____ М.Б. Устюжина

**Приложение Г
(обязательное)**

1 Features of standards of units used in the area of state regulation of ensuring uniformity of measurements

1.1 Legislative requirements for units of measure. Reference base of the Russian Federation

1.1.1 Legislative requirements for unit of measure

1.1.2 The reference base of the Russian Federation

1.2 Order of appraisals and approval of national standards in FBC «Tomsk TSSM»

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Устюжина М.Б.		

Консультант кафедры СУМ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Емельянова Е.Ю.			

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кузнецова И.Н.			

1 Features of standards of units used in the area of state regulation of ensuring uniformity of measurements

Uniformity of measurements is a measurement of a state in which their results are expressed in admitted for use in Russia units and accuracy of measurements does not exceed the established boundaries. In Russia it is allowed to use units of the international system of units, adopted by the General Conference on weights and measures recommended by the international organization of legal metrology. This is confirmed by the Russian Federation Government Decree of 31.10.2009 № 879 «On units permitted for use in the Russian Federation»

Unity of measurement is required to produce reliable and comparable measurements, used in the national economy and trade, in health and environment, in defence and security, and in the protection of the rights and legitimate interests of citizens, legal persons, individual businessmen and the State against the negative effects of incorrect measurement results.

Traceability in the country is achieved as a result of the functioning of the state system of assuring measurement uniformity. The system includes a cohesive package of regulatory and normative and technical documentation, standards of units designated by the Government of the Russian Federation, federal bodies of executive power, federal state enterprises and institutions, as well as other accredited in the established order of the organization, which will organize and implement the established by the legislation of the Russian Federation State regulatory system activities designed to achieve and maintain uniformity of measurement in Russia. The state allocates spheres of the national economy, in which it assumes responsibility for ensuring the uniformity of measurements and carries out direct regulation. In other areas of the state it only creates the necessary conditions for independent actors for ensuring the uniformity of measurements.

Scope of state regulation ensuring the uniformity of measurements applies to the dimension to which mandatory requirements are established and executed implementing 19 different activities.

The area of State regulation ensuring the uniformity of measurements include measuring, stipulated by the legislation of the Russian Federation on technical regulation.

Scope of state regulation of the assurance of measurement uniformity also applies to units of measurement, unit standards, reference materials and measuring tools, which establishes mandatory requirements.

The solution to the unity of measurement problem requires the units of the same magnitude to pass to the measurement tools. This is achieved by accurately reproducing and storing the units of the physical quantities and passing them to the measurement tools used. The reproduction, storage, and transmission of unit sizes is carried out using the pattern.

State gauges of units of measure form the reference base of the Russian Federation. They are not subject to privatization. They are held and used in state scientific metrology institutions.

State primary gauges of units of measure are subject to approval by the federal executive authority, which is responsible for the provision of public services and management of State property in the area of unity of measurement, namely Rosstandart. It also provides information on state gauges of units of measure in the Federal Measurement Information Fund.

State primary gauges of units of measure shall be subject to comparison with the International Bureau of Measures and Weights and the national benchmarks of foreign States ' units of measure. Responsibility for the timely submission of the state primary reference unit is borne by the state scientific metrological institute, which contains the state primary reference unit of measure.

In the Russian Federation unit standards, traceable to the state primary standards of the relevant units should be applied. In the absence of relevant state primary measurement standards traceability of measuring instruments applied in the area of state regulation of maintenance of unity of measurements, to national standards of units of foreign states must be ensured.

Approval, content, comparisons and application of primary state measurement standards, procedures for the transfer of units from the national standards, the procedure for the establishment of mandatory requirements to the standards of measurement units used for ensuring the uniformity of measurements in the area of State regulation of maintenance of unity of measurements, the procedure for assessing conformity with these requirements, as well as the procedure for their use shall be established by the Government of the Russian Federation.

1.1 Legislative requirements for units of measure. Reference base of the Russian Federation

1.1.1 Legislative requirements for unit of measure

According to the order of the Russian Federation Government of 23.09.2010 № 734, the mandatory requirements for units of measure are set by the federal Agency for Technical regulation and metrology when adopting the standard of units of measure. The establishment of mandatory standards for units of measure is based on the results of the primary evaluation. The assessment of the conformity of the unit gauges with the mandatory requirements for these patterns is carried out in the form of primary and periodic certification.

The standard units of measure may include basic technical tools, including measurement tools, which are used in the playback, storage and transmission of units, and the monitoring of compliance with requirements for their content and application. The supportive technical tools are also included, containing information and computational complexes, facilities, special platforms and foundations, special buildings and facilities to ensure compliance with the standards of measure units, their content and application.

The Order of Federal Agency on technical regulation and Metrology alleges the reference unit name, assigns it a number, defines its composition, establishes mandatory metrological, technical requirements (characteristics), and the rules of

detention and the application of the master standard unit, as well as its inter-attestation interval.

Mandatory metrological requirements to the standards of units apply to characteristics (parameters) unit standards that affect the result and performance of measurement, as well as the conditions under which these characteristics (parameters) must be provided.

Data concerning the approved standards of measurement units is put in Federal Agency on technical regulation and Metrology in Federal Information Fund for ensuring the uniformity of measurements.

1.1.2 The reference base of the Russian Federation

The reference base of the Russian Federation includes the state primary standards system, which reproduce the unit quantities with the highest accuracy achievable with the existing scientific and technical capabilities in the field of measurements. Currently there are 165 primary state reference units in the reference base of the Russian Federation. Distribution of public primary standards for areas of measurements is given in table 1.

Table 1. Distribution of public primary standards of measurement areas

Area measurements	The number of State primary standards		Measurement capabilities	
	absolute, pieces	relative, %	absolute, pieces	relative, %
Acoustics, ultrasound and vibration	9	5	72	4
Mass, force, pressure and viscosity	27	16	66	4
Length and angle	16	10	21	1
Photometry and radiometry	22	13	108	7
Thermometry	17	10	137	8
Time and frequency	1	1	36	2
Electricity and magnetism	44	27	325	20
Radiation and ionizing radiation	14	8	329	20
Physiochemical measurements	15	9	556	34
Total	165	100	1650	100

Primary state benchmarks transmit unit values to subordinate standards and through them to the measuring instruments used in the various sectors of the economy, the social sphere and the defense complex of the country. These include more than 61 thousand of measurement standards. Their details are contained in the Federal Information Fund for ensuring the uniformity of measurements.

There is a kind of secondary standards those are the military unit standards, developed by the Ministry of defence of the Russian Federation and recognized by the Federal Agency on technical regulation and Metrology as the source for the defense and security of the Russian Federation.

The composition and scientific and technical level of the reference base of the Russian Federation covers all areas of measurement and provides the solution for most practical tasks in industry, defence and security of the state and the economy as a whole.

The high level of development of the reference base of the Russian Federation is confirmed by the positive results of the comparisons of state primary gauges with international benchmarks and national benchmarks of foreign states. At the beginning of 2017 the Russian Federation ranked the second place in the world losing only to the United States of America in terms of the number of measures and weights recognized and published by the International Bureau for measuring capacity, as determined by the international comparisons of the benchmarks presented in table 2. Germany is on the third place.

Table 2. Gauges based on the results of the gauge comparisons

Country/Area of measurement	United States	Russia	Germany	China	United Kingdom
Acoustics, ultrasound and vibration	32	72	76	53	42
Mass, force, pressure and viscosity	108	66	201	67	49
Length and angle	49	21	95	80	55
Photometry and radiometry	133	108	76	27	129
Thermometry	89	137	117	42	62

Time and frequency	11	36	25	28	12
Electricity and magnetism	321	325	161	144	180
Radiation and ionizing radiation	532	329	266	195	180
Physiochemical measurements	885	556	548	707	479
Total	2160	1650	1565	1343	1188

However, in a number of measurement areas such as mass, force, pressure and viscosity, length and angle measurements, photometry and radiometrics, physiochemical measurements, the Russian Federation lags behind the world's leading countries.

The world is actively working to update the reference base based on the needs of industry, science and technology, health, ecology, defence and security. The introduction and mastery of new, knowledge-based, innovative technologies produce increased requirements for accuracy and range of measurements. Therefore, its moral obsolescence and physical wear are important characteristics of the base of state primary patterns. The base of state primary patterns is continually updated both by improving existing patterns and by creating new patterns. The dynamics of the reference base age are shown in Figure 3.

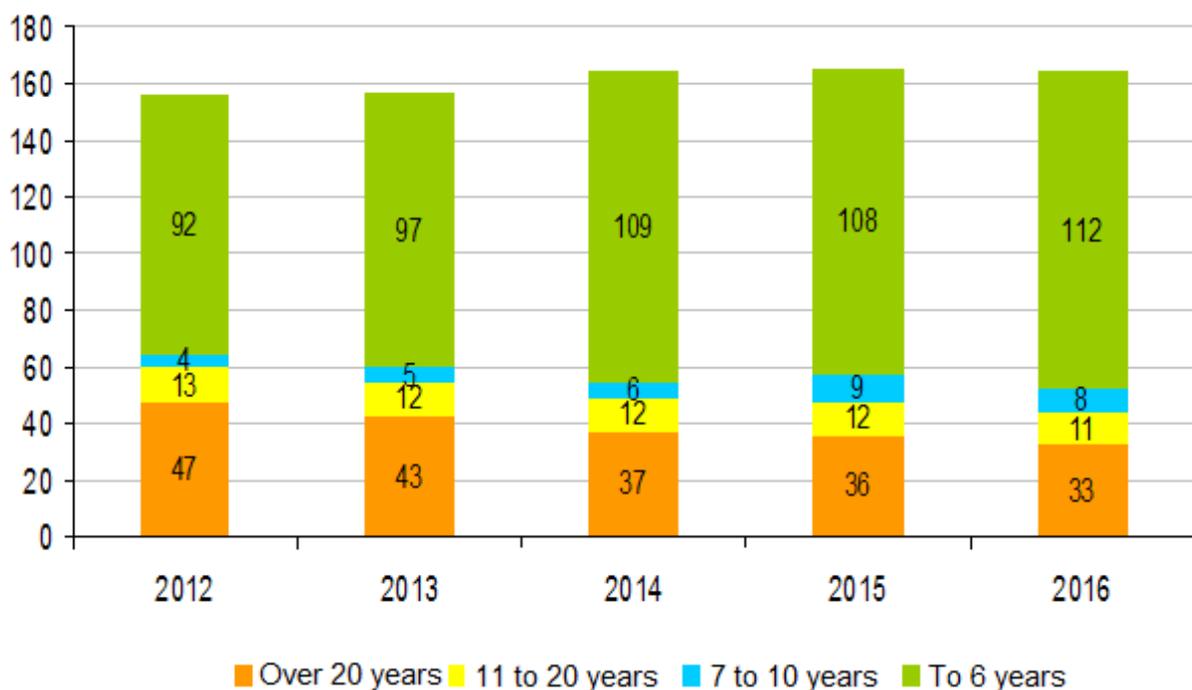


Figure 1. Dynamics of reference base age

The frequency of updating of advanced foreign countries national standards is 5-7 years. In the Russian Federation only 50 per cent of the standards have a lifespan of less than 5 years and the average age of primary state standards is about 11 years.

1.2 Order of appraisals and approval of national standards in FBC

«Tomsk TSSM»

In accordance with article 7 of the Federal law dated 26.06.2008 № 102-ФЗ «About maintenance of unity of measurements» national unit standards applied in the area of state regulation ensuring the uniformity of measurements are subject to evaluation and approval.

Certification and approval of national standards of units is carried out in order to establish the (assessment) compliance of obligatory requirements to the standards of measurement units used for ensuring the uniformity of measurements in the area of state regulation ensuring the uniformity of measurements in the country.

Conformity assessment of standards of units mandatory requirements to these standards is carried out in primary forms and periodic evaluation.

The decision on the approval of the state reference unit of measure shall be taken by the federal Agency for Technical regulation and metrology.

The certification of the state gauges of units of the FBU «Tomsk TSSM» is carried out in accordance with the recommendations for the primary and periodic evaluation and preparation for approval of the reference units of measure, used in the area of state regulation to ensure the unity of measurement and the methodological material for the organization of the procedures for the approval of the unit of measure standards used in the state regulation of the unity of measurement and the establishment of a register of units of measure in the Federal Fund for Unity of measurement FGUP «VNIIFTRI».

Certification of the state reference unit of measure includes:

- verification (calibration) of the measurement tools used to transmit the unit of measure and the auxiliary measurement tools;
- conducting tests and evaluating the conformity of the additional equipment (metrological and technical) with the requirements set for it in the maintenance documents;
- checking the operation of the master standard.

All state gauges of units of values belonging to the FBU «Tomsk TSSM» are subject to certification.

To organize the certification of the state gauges of units used in the area of state regulation of the unity of measurement, FBU «Tomsk TSSM», a commission is set up by the director's order, which is chaired by the deputy director of metrology, comprising the chiefs of division and the officers concerned.

Based on the data provided on the standards of verification departments, including newly commissioned the deputy director of metrology shall be drawn up and approved by the director of the schedule for the certification of national standards of units for months with specific standards used in the units.

At each public unit standard fixed (used) for the division the employees of departments of checking FBC «Tomsk TSSM» appointed by the chiefs develop the following documents:

- a passport of public reference unit. When the passport reference standard is filled out it is assigned a registration number to the order of Federal Agency on technical regulation and Metrology from 22.01.2014 № 36;
- the content and application of rules of a state reference unit, including the methodology of reference certification;
- characteristics of the state reference units.

According to the approved schedules, the examination of each measurement tool used in the transmission of a unit of measure is organized and carried out according to the state, the local calibration scheme and the method of verification (calibration). According to the results of the verification (calibration), the certifying documents are issued: a verification certificate with a mandatory application of the

verification protocol (a calibration certificate with a mandatory application of the calibration protocol) and their copies in PDF format on CD media are scanned.

Functional check-out and the rules of reference maintenance include:

- verification of the conformity of measuring instruments used for transmitting unit and auxiliary means of measurement, additional metrological and technical equipment installed for its requirements, including requirements for labelling, verification (calibration) signs and protective seals;

- functional testing;

- metrological study;

- assessment of detention conditions and the master standard application, specified in technical documentation for measuring tools and accessories.

After checking the set of documents is provided to the commission for compliance of state evaluating a reference unit for compliance with state, local calibration scheme and the specified requirements (if state tests are carried out).

If commission gives positive conclusion on the conformity of the state master standard, the state calibration scheme and the specified requirements (if the state tests were performed) the certificate of the state master standard of units of registration and application for approval and registration of the state reference unit of measure will be given. The application form is filled for a group of masters being certificated at the same period of time.

The application for approval of the state master standard unit of measure which has passed the primary appraisal and the set of documents are sent to FGUP «VNIIMS», authorized by Rosstandart organization, to monitor the completeness and accuracy of their preparation and to Rosstandart to approve the master standard.

In the case of the remarks to the completeness or correctness of the documents received from the FGUP «VNIIMS», correcting actions are carried out and the documents are resubmitted for approval with the new application form.

As a result of the approval of the state reference unit of measure, the order of Rosstandart is an obligatory requirement.

When the state master standard unit is affirmed by Rosstandart data on the approved state gauge is made by the FGUP «VNIIFTRI», an authorized Rosstandart organization to the relevant section of the Federal Measurement Information Fund.