

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

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

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

<b>Тема работы</b> <b>Организация межлабораторных сличительных испытаний средств измерений показателей качества электрической энергии</b>
--

УДК 621.317.7-048.24:621.311.019

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Митряшкина Анастасия Валерьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

Консультант

Директор ФБУ «Томский ЦСМ»	Чухланцева Марина Михайловна	к.т.н., доцент		
----------------------------	------------------------------	----------------	--	--

Нормоконтроль

Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		
---------------------	----------------------------	--------	--	--

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с.		
Руководитель ОАР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

## Планируемые результаты обучения по направлению 27.04.01

### «Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Профессиональные компетенции</b>		
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
Р4	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
Р5	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
<b>Универсальные компетенции</b>		
Р6	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
Р7	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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Казаков В.Ю.  
 (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
8ГМ71	Митряшкиной Анастасии Валерьевне

Тема работы:

«Организация межлабораторных сличительных испытаний средств измерений показателей качества электрической энергии»

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1097/с от 12.02.2019г.
---	--------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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>Организация и проведение межлабораторных сличительных испытаний средств показателей качества электрической энергии.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Анализ общих требований к проверке квалификации лабораторий. Политика ИЛАК и Росаккредитации по участию в процедурах проверки квалификации;  2 Исследование элементов организации межлабораторных сличительных испытаний средств показателей качества электрической энергии (МСИ СИ ПКЭ);  3 Разработка процедур документации по организации МСИ СИ ПКЭ в ФБУ «Томский ЦСМ»;  4 Социальная ответственность;  5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;  6 Раздел, выполненный на английском языке.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>В.С. Николаенко</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Н.А. Атепаева</p>
<p>Раздел, выполненный на английском языке</p>	<p>А.В. Диденко</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Analysis of general requirements for verification of laboratory qualifications. ILAC and RosAccreditation Policy on Participation in the Qualification Testing Procedure</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>28.01.2019 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал консультант по ВКР:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Директор ФБУ «Томский ЦСМ»</p>	<p>Чухланцева Марина Михайловна</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8ГМ71</p>	<p>Митряшкина Анастасия Валерьевна</p>		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Митряшкиной Анастасии Валерьевне

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

<b>«Организация межлабораторных сличительных испытаний средств измерений показателей качества электрической энергии»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды. Объектом исследования являются данные, полученные с помощью приборов в лаборатории.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	В качестве вредных факторов выделены: повышенный уровень электромагнитных излучений, недостаточная освещенность рабочей зоны, нервно-психические перегрузки.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Рассматриваются воздействия на окружающую среду при работе с выбранным объектом
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Существует вероятность возникновения техногенных ЧС, особенно пожаров.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	14.03.19
---	----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			14.03.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Митряшкина Анастасия Валерьевна		14.03.2019

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Митряшкиной Анастасии Валерьевне

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент по г. Томск.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Потенциальные потребители результатов исследования;</li> <li>– Анализ конкурентных технических решений;</li> </ul>
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Структура работ в рамках научного исследования</li> <li>– Определение трудоемкости выполнения работ</li> <li>– Разработка графика проведения научного исследования</li> <li>– Бюджет научно-технического исследования</li> </ul>

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

_____
-------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.03.2019
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			29.03.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Митряшкина Анастасия Валерьевна		29.03.2019

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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология  
 Уровень образования Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.03.2019	Анализ общих требований к проверке квалификации лабораторий	20
18.04.2019	Исследование элементов организации МСИ СИ ПКЭ	25
26.04.2019	Разработка процедур документации по организации МСИ СИ ПКЭ	30
30.04.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
08.05.2019	Социальная ответственность	10
20.05.2019	Выполнение раздела на иностранном языке	5

Составил консультант по ВКР:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с.		



## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 129 страниц, 10 рисунков, 41 источник, 4 приложения.

Ключевые слова: межлабораторные сличительные испытания, проверка квалификации, методика калибровки, образец для контроля, показатели качества электрической энергии.

Объектом разработки является процедура проведения межлабораторных сличительных испытаний.

Цель работы – организация и проведение межлабораторных сличительных испытаний для мониторинга качества электрической энергии на базе ФБУ «Томский ЦСМ».

В процессе исследования проводился анализ аккредитованных лабораторий на проведение МСИ веществ и МСИ в области обеспечения единства измерений, а также анализ существующих показателей качества электрической энергии. Проводилась разработка документации для участников МСИ и проводилась обработка данных по результатам испытаний. Так же была разработана методика калибровки для образца для контроля, участвовавшего в МСИ ПКЭ, и проведена калибровка этого прибора по разработанной методике.

В результате проделанной работы процедура МСИ полностью реализована.

Область применения: планируется применять данную программу МСИ ПКЭ среди испытательных, калибровочных и измерительных лабораторий.

Значимость работы: реализуемая программа МСИ помогает определять качество электроэнергии в общих точках доступа для всех пользователей.

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

## Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**межлабораторные сличения:** Организация, выполнение и оценивание измерений или испытаний одного и того же или нескольких подобных образцов двумя или более лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями.

**проверка квалификации:** Оценивание характеристики функционирования участника по заранее установленным критериям посредством межлабораторных сличений.

**координатор:** Одно или несколько лиц, осуществляющих организацию и управление всеми видами деятельности, связанными с реализацией программы проверки квалификации.

**провайдер проверки квалификации:** Организация, которая несет ответственность за все задачи по разработке и выполнению программы проверки квалификации.

**орган по аккредитации:** Полномочный орган, проводящий аккредитацию.

**аккредитация:** Подтверждение соответствия третьей стороной, относящееся к органу по оценке соответствия, служащее официальным свидетельством его компетентности для выполнения конкретных задач по оценке соответствия.

**образец для контроля:** Проба вещества (материала) с установленными значениями одной или нескольких величин, характеризующих состав или свойства этого вещества, предназначенная для контроля точности результатов испытаний.

**система электроснабжения общего назначения:** Совокупность электроустановок и электрических устройств, предназначенных для

обеспечения электрической энергией различных потребителей электрических сетей.

**качество электрической энергии (КЭ):** Степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных показателей КЭ.

**программа проверки квалификации:** Проверка квалификации, разработанная и реализованная за один или несколько туров в определенной области испытаний, измерений, калибровки или контроля.

**выброс:** Наблюдение в совокупности данных, которое признано несовместимым с остальными членами совокупности.

**робастный статистический метод:** Статистический метод, нечувствительный к небольшим отклонениям от допущений, принятых за основу в предполагаемой вероятностной модели.

## Сокращения и обозначения

Данный подраздел содержит перечень условных обозначений, символов, сокращений, применяемых в выпускной работе:

ПК – проверка квалификации;

МСИ – межлабораторные сличительные (сравнительные) испытания;

ИЛ – испытательная лаборатория;

ОК – образец контроля;

СО – стандартный образец;

СИ – средство измерения;

КЭ – качество электрической энергии;

ПКЭ – показатели качества электроэнергии;

СИ ПКЭ – средство измерений показателей качества электрической энергии;

НД – нормативный документ.

## Оглавление

Введение	15
1 Анализ общих требований к проверке квалификации лабораторий. Политика ИЛАК и Росаккредитации по участию в процедурах проверки квалификации	17
1.1 Современные требования к проведению проверки квалификации испытательных и измерительных лабораторий	17
1.2 Межлабораторные сличительные (сравнительные) испытания – важный инструмент для подтверждения компетентности лабораторий	22
1.3 Организация и проведение межлабораторных сличительных испытаний	28
1.4 Электрическая энергия как объект оценки соответствия	34
1.5 Выводы и постановка задачи исследования	36
2 Исследование элементов организации межлабораторных сличительных испытаний средств измерений показателей качества электрической энергии (МСИ СИ ПКЭ)	38
2.1 Качество электрической энергии – показатели, средства измерений, испытания	38
2.2 Основные требования к элементам организации МСИ СИ ПКЭ	44
2.3 Разработка ОК для участия в МСИ ПКЭ	55
2.4 Разработка методики калибровки образца для контроля	60
2.5 Выводы и постановка исследования	63
3.1 Обработка результатов МСИ	64
3.2 Разработка отчета о проведении МСИ	69
4 Социальная ответственность	72
4.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности	72
4.1.1 Эргономические требования к рабочему месту	72
4.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений	73
4.2. Производственная безопасность	74
4.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении	75
4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	77
4.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений	79
4.2.4 Электробезопасность	80

4.3 Экологическая безопасность	82
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	86
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	86
5.2 Анализ конкурентных технических решений	87
5.3 Структура работ в рамках научного исследования	89
5.4 Определение трудоемкости выполнения работ	90
5.5 Определение бюджета научно-технического исследования	93
5.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	93
Заключение	98
Список использованных источников	99
Приложение А (обязательное) Раздел, выполненный на иностранном языке	104
Приложение Б (справочное) Протокол измерений ПКЭ трехфазной сети	113
Приложение В (справочное) Методика калибровки калибратора/имитатора трехфазной сети «ТРИФОН»	120
Приложение Г (справочное) Протокол калибровки	127

## Введение

В последние годы отмечается беспрецедентный рост внимания к проблеме качества продукции и услуг, которое во многом зависит от компетентности испытательных лабораторий. Повседневная практика показывает, что авторитет и независимость аккредитующего органа определяет доверие к деятельности организации по сертификации и ее результатам.

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», а также с требованиями стандарта ИСО/МЭК 17025 [2], регламентирующий требования к аккредитованным испытательным и калибровочным лабораториям, для обеспечения качества проводимых испытаний объектов, подтверждения и признания достоверности результатов испытаний и калибровки, необходимо проведение МСИ среди аккредитованных испытательных, измерительных, поверочных и калибровочных лабораториях (центров). Эта процедура заключается в организации и проведении оценки одних и тех же или подобных изделий, или материалов двумя или несколькими различными лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями.

Методы проверки на компетентность зависят от вида используемого объекта, особенностей испытания и количества лабораторий, участвующих в проверке. Основное требование к этим методам - обеспечение возможности сопоставления результатов, полученных разными лабораториями участниками процедуры.

Как показала международная и российская практика, проверка квалификации лаборатории посредством МСИ является одним из наиболее эффективных средств, обеспечивающих доверие к результатам лаборатории: многие органы по аккредитации ставят условие, чтобы лаборатории регулярно участвовали в программах МСИ.

Требования к обеспечению качества распространяется на все товары и услуги, используемые человеком. Качество электрической энергии не исключение. Электрическая энергия как товар используется во всех сферах

жизнедеятельности человека и обладает совокупностью специфических свойств. В процессе эксплуатации электросетей возникает отклонение номинальных параметров от предъявляемых требований, которые характеризуются показателями качества электроэнергии (ПКЭ). Соответственно отклонения ПКЭ от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии и могут привести к значительным убыткам как в промышленности, так и в бытовом секторе.

Поскольку электрическая энергия подлежит обязательной сертификации и критерий качества электроэнергии является объектом оценки соответствия, то он должен участвовать в программах МСИ.

Целью работы является организация и проведение МСИ ПКЭ для мониторинга качества электрической энергии на базе ФБУ «Томский ЦСМ».

По ходу работы решались следующие задачи:

- организация процедуры межлабораторных сличений;
- реализация данной процедуры среди лабораторий-участниц;
- обработка результатов МСИ;
- разработка отчета о проведении МИ.

В первой главе рассматриваются основные нормативные документы, регламентирующие правила проведения МСИ.

Во второй главе представлены основные требования к элементам организации межлабораторных сличительных испытаний, а также представлена разработка методики калибровки.

Третья глава посвящена обработке результатов МСИ и составлению отчета о проведении МСИ.

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

В заключении приведены итоги работы и сделаны выводы.



# **1 Анализ общих требований к проверке квалификации лабораторий. Политика ИЛАК и Росаккредитации по участию в процедурах проверки квалификации**

## **1.1 Современные требования к проведению проверки квалификации испытательных и измерительных лабораторий**

Проверка квалификации лаборатории является важным элементом обеспечения качества ее работы. С ростом требований к независимым доказательствам компетентности со стороны регулирующих органов и потребителей проверка квалификации лаборатории становится необходимым инструментом гарантии качества и безопасности объектов контроля в каждой стране. Столь же важно участие в проверке квалификации и для самой лаборатории, получающей независимую оценку качества аналитических результатов, что дает возможность контролировать и улучшать свою деятельность. Необходимость в постоянной доверии к качеству лаборатории важна не только для лабораторий и их заказчиков, но также и для других заинтересованных сторон, таких как инспектирующие организации, органы по аккредитации лабораторий и другие организации, которые устанавливают требования к лабораториям.

В соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17043 «проверка квалификации – оценивание характеристик функционирования участника по заранее установленным критериям посредством межлабораторных сличений» [1].

Согласно пункту 5.9 стандарта ISO/IEC 17025 [2]: «Лаборатория должна иметь процедуры контроля качества для осуществления текущего контроля (мониторинга) корректности выполняемых испытаний и калибровок».

Результирующие данные должны регистрироваться таким образом, чтобы можно было обнаружить тенденции их изменения, и, где осуществимо, должны применяться статистические методы для анализа результатов. Должен быть составлен план этого текущего контроля (мониторинга), проводиться его

анализ, и в него можно включить следующие мероприятия, но не ограничиваться только ими:

- регулярное применение стандартных образцов и (или) внутреннего контроля качества с помощью вторичных образцовых веществ;
- участие в межлабораторных сличениях или проверках квалификации;
- повторные испытания или калибровки с применением одного и того же или разных методов;
- повторное испытание или повторная калибровка хранимых образцов;
- корреляция результатов для различных характеристик образца».

Таким образом, в соответствии с ISO/IEC 17025 [2] проверка квалификации является одним из нескольких способов контроля качества результатов измерений, получаемых при испытаниях и калибровках в аккредитованных лабораториях.

В начале 2015 года Правительством Российской Федерации перед Росаккредитацией была поставлена задача – вступить в глобальные международные ассоциации по аккредитации, одной из которых является Международная организация по аккредитации лабораторий (ИЛАК). Члены ИЛАК – органы по аккредитации и их филиалы во всем мире. ИЛАК развивает методы и процедуры аккредитации лабораторий в целях содействия торговле, способствует развитию систем аккредитации и признанию компетентных испытательных и калибровочных организации во всем мире. Для достижения этих целей ИЛАК активно сотрудничает с другими международными организациями.

Одним из ключевых документов является Руководство ИЛАК P9:06/2014 «Политика ИЛАК по участию в деятельности по проверке квалификации» [3]. В рамках политики ИЛАК техническая компетентность лаборатории может быть продемонстрирована успешным участием лаборатории в межлабораторных

сличениях, организованных с целями, отличными от проверки квалификации, в том числе:

- для оценки характеристик метода испытаний;
- для характеристики стандартного образца;
- для сравнения результатов деятельности двух и более лабораторий по их собственной инициативе;
- в качестве доказательства эквивалентности измерений национальных метрологических институтов.

Актуальность МСИ особенно возрастает с присоединением Росаккредитации к Договоренности о взаимном признании Азиатско-Тихоокеанской организации по аккредитации лабораторий (APLAC MRA) [4].

Помимо этого, в Руководстве ILAC P9:06/2014 закреплены требования к национальным органам по аккредитации в отношении использования мероприятий по проверке квалификации в процессе аккредитации для лабораторий и, в соответствующих случаях, инспекционных органов. Одно из таких требований – наличие собственной политики по использованию результатов проверки квалификации. Согласно требованиям Руководства ILAC в данной политике Росаккредитации необходимо будет определить:

- требования, содержащие минимальный уровень и частоту участия проверках квалификации аккредитованным лабораториям, в том числе необходимость наличия плана проверки квалификации, который утверждается и регулярно пересматривается лабораторией или органом инспекции;
- порядок учета результатов участия в проверках квалификации при принятии решений в ходе аккредитации и оценки компетентности.

Приняв Политику в отношении проверки квалификации путем проведения МСИ, Росаккредитация пропагандирует участие лабораторий в программах проверки квалификации, реализуемых посредством проведения межлабораторных сличений. Данная политика распространяется на калибровочные лаборатории при проверке их квалификации.

Согласно данной политике участие в программах МСИ калибровочной лаборатории, аккредитованной в национальной системе аккредитации, является обязательным, где такая деятельность доступна и применима. Калибровочная лаборатория должна не реже 1 раза в год принимать участие в программах МСИ. Аккредитованная калибровочная лаборатория в течении 5-ти лет с момента принятия решения об аккредитации должна принять участие в МСИ по всем измерениям, типам (группам) средств измерений, включенным в область аккредитации [5].

Калибровочная лаборатория, претендующая на аккредитацию, должна предоставить результаты участия в программах МСИ, если в заявленной области аккредитации такие программы доступны и применимы. При отсутствии программ МСИ для конкретных видов измерений калибровочная лаборатория может принимать участие в программах, распространяющихся на близкие по свойствам виды измерений, или в программах, в которых участниками используется аналогичные средства измерений.

Политика и процедуры участия калибровочной лаборатории в МСИ могут включать: периодичность, критерии оценки результатов, обоснование охвата области аккредитации, формы ведения записей по результатам участия в МСИ, действия при получении неудовлетворительных результатов и пр. Результаты участия в МСИ регистрируются и анализируются калибровочной лабораторией с целью выявления долговременных трендов.

При получении неудовлетворительных результатов калибровочная лаборатория устанавливает причину неуспешного участия в МСИ и разрабатывает адекватные корректирующие действия. Результативность корректирующих действий подтверждается повторным участием калибровочной лаборатории в МСИ в возможно короткие сроки.

Политика Росаккредитации так же устанавливает основные требования к использованию результатов проверки квалификации органом по аккредитации. Орган по аккредитации принимает во внимание, что успешное участие калибровочной лаборатории в определенной программе МСИ может

представлять доказательство компетентности для конкретной задачи, но может не отражать стабильную компетентность. Аналогичным образом неуспешное участие в определенной программе может отражать случайное отклонение от стандартного уровня компетентности.

При аккредитации и подтверждении компетентности проверяются документы, предоставленные калибровочной лабораторией, об участии в программах МСИ и оценивается соответствие выбранных программ заявленной или действующей области аккредитации, проверяется выполнение плана участия в МСИ по срокам и охвату области аккредитации. В последнем случае орган по аккредитации учитывает: применяемые методы испытаний, номенклатуру и свойства объектов испытаний, частоту использования конкретных методик испытаний и др.

При оценке результатов участия лаборатории в МСИ орган по аккредитации ориентируется на критерии, установленные провайдером МСИ, или использует нормируемые, приписанные или оцененные лабораторией показатели точности. При необходимости орган по аккредитации может обратиться к провайдеру МСИ за разъяснениями по результатам участия лаборатории в МСИ.

При выявлении неудовлетворительных результатов участия в МСИ по аккредитации в каждом конкретном случае оценивается адекватность выполненных лабораторией корректирующих действий и эффективность системы внутрилабораторного контроля. В случае возникновения сомнений в компетентности лаборатории во время выездной проверки может быть проведена дополнительная экспериментальная проверка качества испытаний (измерений, исследований) [5].

Орган по аккредитации пропагандирует преимущества участия в программах МСИ как инструмент для обеспечения качества и метрологической прослеживаемости результатов измерений и улучшения деятельности калибровочной лаборатории.

Спрос на проверку квалификации посредством МСИ обусловлен как требованиями законодательства и нормативных документов, так и потребностью лабораторий получать объективную оценку качества получаемых результатов испытаний (измерений), использовать МСИ как инструмент повышения доверия потребителей к результатам испытаний.

## **1.2 Межлабораторные сличительные (сравнительные) испытания – важный инструмент для подтверждения компетентности лабораторий**

В соответствии с ИСО/МЭК 17025 [2] лаборатория должна проводить процедуры контроля качества для контроля достоверности проведенных испытаний и калибровок. Этот мониторинг включает участие в программах проверки квалификации посредством межлабораторных сличительных испытаний. Как показала международная и национальная практика, проверка квалификации лабораторий посредством межлабораторных сличений является надежным инструментом оценивания компетентности аккредитованных лабораторий в определенных областях испытаний и измерений.

Из определения, которое содержится в ISO/ IEC 17043 [1] становится понятно, что межлабораторные сличения и проверка квалификации – не одно и то же. Межлабораторные сличения – это лишь средство, с помощью которого можно реализовать проверку квалификации.

В соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17043 [1] термин «межлабораторные сличения» означает организацию, выполнение и оценивание измерений или испытаний одного и того же параметра нескольких подобных образцов двумя или более лабораториями в соответствии с заранее установленными условиями. Участие лабораторий в программах проверки квалификации посредством МСИ является одним из критериев компетентности лабораторий и подтверждения достоверности выдаваемых лабораториями результатов измерений.

Всю процедуру реализации проверки квалификации можно условно разделить на два этапа [6]:

1) непосредственно проведение межлабораторных сличений, когда образцы испытываемого материала или исследуемого объекта (образцы для проверки квалификации) распределяются между участниками, выполняются необходимые испытания/измерения и заполняются протоколы испытаний/измерений;

2) преобразование результатов измерений участников в статистики функционирования и оценивание на их основании характеристик функционирования участников.

Характеристика функционирования представляет собой некий комплексный параметр, который характеризует способность лаборатории выполнять то или иное измерение/испытание и получать «качественные» результаты измерений. Результат измерений, который получает лаборатория при выполнении определенной процедуры (методики измерений) и представляет в протоколах, может рассматриваться как продукция, «выпускаемая» лабораторией, и эта продукция, как и любая другая, должна быть качественной. Можно говорить о приемлемом качестве результата измерения, если он отвечает предъявляемым к нему требованиям по точности. Однако качество результата измерения будет зависеть не только от используемого измерительного оборудования и умелого персонала, а также от наличия и успешного функционирования системы менеджмента лаборатории. Поэтому оценивая качество результата измерений, представленного лабораторией в рамках тура проверки квалификации, мы можем дать некоторую комплексную характеристику функционирования лаборатории, охватывающую все аспекты ее работы.

Характеристика функционирования может быть удовлетворительной, сомнительной и неудовлетворительной. Однако следует обратить внимание на то, что она является точечной, то есть распространяется только на конкретный (проверяемый в рамках тура проверки квалификации) вид испытаний/измерений и ограничена временными рамками тура проверки квалификации. Получение лабораторией удовлетворительной характеристики функционирования в

отдельном туре проверки квалификации не означает, что эта оценка может применяться для подтверждения того, что лаборатория получает достоверные данные при любых других обстоятельствах (при выполнении других видов испытаний/измерений и в другой момент времени).

Участие в МСИ, с практической точки зрения, является универсальным способом продемонстрировать техническую компетентность лаборатории. Проверка же квалификации посредством МСИ позволяет дать объективную оценку достоверности проводимых лабораторией испытаний, то есть результатов ее деятельности. Уверенность в том, что испытательная или калибровочная лаборатория получает надежные результаты, имеет подавляющее значение для тех, кто пользуется услугами лаборатории.

МСИ используются с целью:

- определения рабочих характеристик отдельных лабораторий применительно к конкретным испытаниям или измерениям и для контроля за текущей работой лабораторий;
- идентификации проблем, имеющих место в лабораториях, и для принятия корректирующих мер, которые могут касаться, работы отдельной группы специалистов или тарировки контрольно-измерительной аппаратуры;
- обеспечения клиентам лаборатории дополнительной уверенности в ее компетентности;
- установления значений для эталонных материалов и оценки их пригодности для использования в методиках конкретных испытаний или измерений;
- оценивания характеристики погрешностей средств измерений в тех случаях, когда не созданы эталоны, обеспечивающие их поверку с требуемой точности.

В соответствии с ГОСТ ИСО/МЭК 17025 [2] участие испытательных лабораторий в программах проверки квалификации посредством МСИ является элементом системы качества лаборатории. Лаборатория планирует участие в межлабораторных сравнительных испытаниях с тем, чтобы в период цикла



аккредитации охватить каждую из областей измерений/испытаний, определенных областью аккредитации. МСИ среди аккредитованных лабораторий (при этом лаборатории принимают участие в МСИ по решению органа по аккредитации) могут проводить как органы по аккредитации, так и компетентные организации – провайдеры (координаторы) проверок квалификации.

Сравнительный анализ специфики МСИ, проводимых органами по аккредитации и провайдерами, представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Сравнительный анализ специфики организации МСИ, проводимых органами по аккредитации и провайдерами

В соответствии с ГОСТ Р ИСО/МЭК 17011 «орган по аккредитации, где это является доступным и приемлемым, должен обеспечить участие аккредитованных им лабораторий в программах проверки квалификации» [7].

Орган по аккредитации может организовывать проведение МСИ только среди аккредитованных (аккредитуемых) им испытательных лабораторий и только с применением стандартных образцов. В отличие от МСИ, организуемых

органами по аккредитации проведение проверок квалификации провайдером является самостоятельным, независимым видом деятельности и испытательная лаборатория участвует на добровольной основе.

Координатор МСИ должен быть компетентен в интерпретации результатов испытательной лаборатории в рамках проведения МСИ.

Координатор должен [8]:

- знать и применять нормативную документацию по организации, проведению МСИ и оцениванию их результатов, а также нормативную документацию ОСОЕИ;

- быть компетентным в вопросах проведения МСИ применительно к работе оцениваемой испытательной лаборатории;

- располагать руководящим и техническим персоналом, который бы обладал полномочиями и ресурсами, необходимыми для выполнения своих обязанностей при планировании, организации и проведении МСИ;

- принимать меры, обеспечивающие независимость результатов МСИ от любого внутреннего или внешнего влияния, которое может оказывать неблагоприятное воздействие на качество его работы;

- иметь регламентированные процедуры для обеспечения защиты конфиденциальной информации и прав собственности потребителей его услуг, включая процедуры защиты хранения и передачи результатов в электронном виде;

- устанавливать ответственность и полномочия персонала, который управляет, выполняет, проверяет работы, влияющие на качество проведения МСИ;

- иметь технического руководителя, который несет полную ответственность за все технические операции и за обеспечение ресурсами, необходимые для достижения требуемого качества процедур МСИ;

- стремиться к сотрудничеству с заказчиками, в том числе в прояснении их запросов, в анализе своей деятельности, при условии, что

координатор обеспечивает конфиденциальность другим ИЛ, принимающим участие в МСИ;

- стремиться к обратной связи, и положительной, и отрицательной, со своими заказчиками;
- иметь регламентированные процедуры для рассмотрения претензий, полученных от заказчика и других сторон.

В необходимых случаях координатор должен обеспечить своему штату получение дополнительного обучения, требуемого для обеспечения компетентного выполнения измерений, использования оборудования или любых других действий, влияющих на качество.

Основным техническим средством для проведения проверок квалификации являются образцы для контроля (ОК), представляющие собой разновидность референтных материалов [9,10,11,12].

Выбор материала ОК, качество его подготовки и правильность аттестации оказывают огромное влияние на получаемые при проведении МСИ результаты. Работы по выбору или разработке ОК, предназначенных для МСИ, являются одной из важнейших функций каждого провайдера.

В качестве ОК при проведении МСИ могут быть использованы стандартные образцы (СО) или специальные образцы для МСИ, подготовленные провайдером проверки.

Координатор должен иметь соответствующие возможности, позволяющие обеспечить надлежащее приобретение, подбор, обработку и хранение всех ОК для проведения МСИ.

В целях выбора или разработки ОК координатор с учетом назначения и схемы проведения МСИ составляет технические требования к ОК, в которых устанавливает:

- требования к исходному материалу ОК и к качеству его подготовки;
- требования к метрологическим характеристикам ОК;
- минимальный срок годности экземпляров ОК;

- требования к расфасовке, упаковке и маркировке ОК;
- требования к количеству экземпляров ОК, необходимых для проведения одного раунда МСИ;
- требования к сопроводительной документации на экземпляр ОК.

При отсутствии необходимых СО, а также в случае, если применение СО не является экономически целесообразным с учетом его высокой стоимости, при проведении проверок квалификации в ряде случаев возникает необходимость создания специальных образцов для МСИ.

Образцы для проведения МСИ должны быть стабильны в течении всего времени проведения МСИ.

Ответственность за качество ОК, используемых при проведении МСИ, несет координатор проведения МСИ.

Проведение и организация МСИ между лабораториями требует определенных знаний нормативной документации, т.к. проводится по определенному алгоритму и имеет различные сопутствующие процедуры.

### **1.3 Организация и проведение межлабораторных сличительных испытаний**

В настоящее время основополагающим документом в области проверки квалификации является международный стандарт ISO/IEC 17043 [1]. В соответствии с этим стандартом деятельность по реализации проверок квалификации должны осуществлять провайдеры. Как уже было упомянуто, провайдеры реализуют все этапы программы МСИ. Основные функции организатора МСИ при реализации программы проверки квалификации проведены на рисунке 2 [12].

## ОРГАНИЗАТОР МСИ

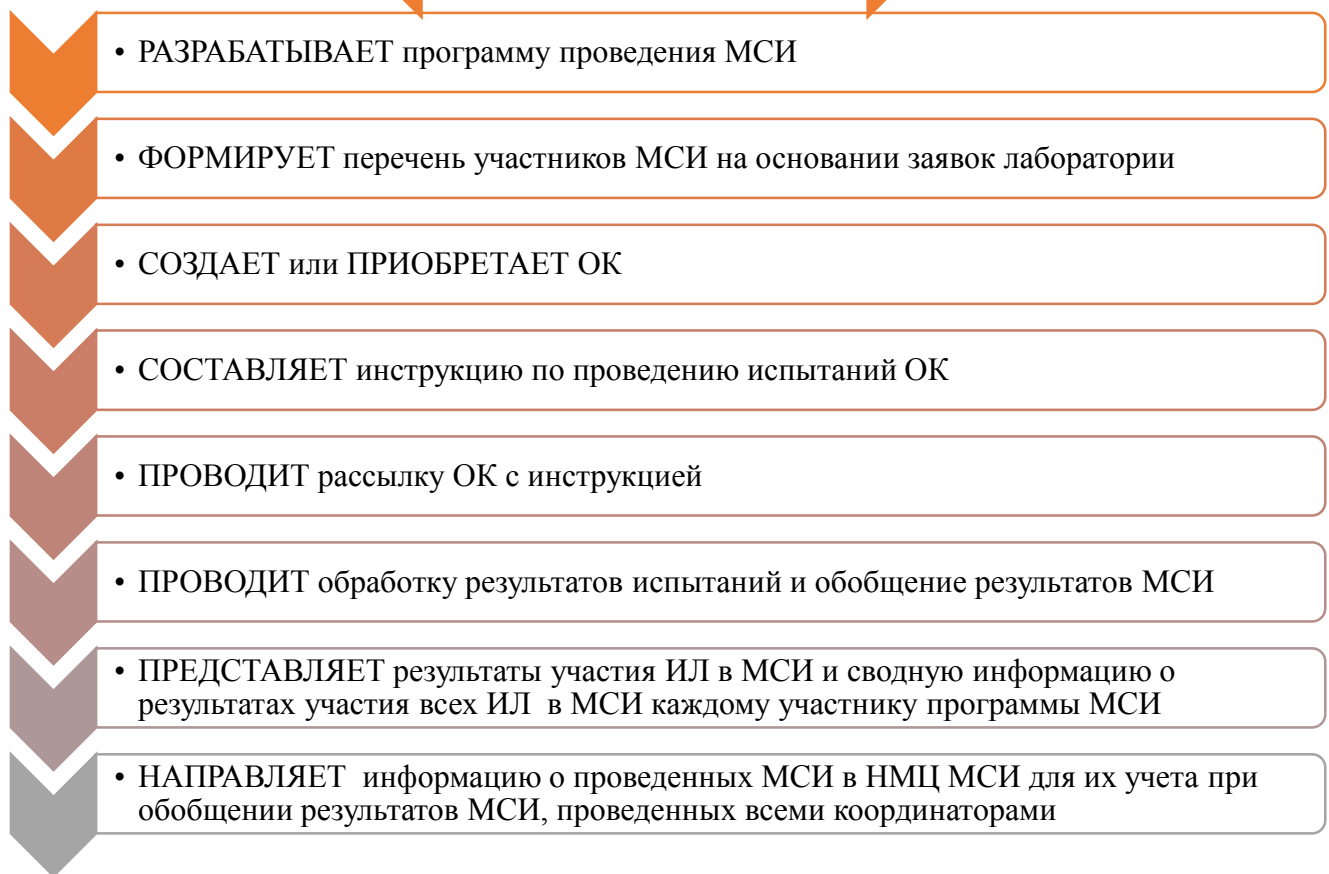


Рисунок 2 – Основные функции организатора МСИ при реализации проверки квалификации.

Проверка квалификации планируется и разрабатывается провайдером через программы проверки квалификации, которые затем реализуются за один или несколько туров в определенной области испытаний, измерений или контроля. Тур проверки квалификации представляет собой завершённую последовательность действий по распределению образцов для проверки квалификации, оценки результатов и предоставлению отчета о результатах проверки квалификации участникам. На рисунке 3 представлен процесс проведения проверки квалификации [6].



Рисунок 3 – Процесс подготовки к туру проверки квалификации и его реализация.

ISO/IEC 17043 [1] по сути регламентирует только деятельность провайдеров проверок квалификации, а также требования к разработке и реализации программ проверки квалификации. Программы проверки квалификации различаются в зависимости от области, в которой они используются, природы образцов для проверки квалификации, применяемых методов и количества участников. Многие программы проверки квалификации разрабатываются специально для проверки понимания полной цепочки выполняемых в лаборатории действий, а не только процессов, непосредственно касающихся выполнения испытаний/измерений.

Межлабораторные сличительные испытания в России проводят на плановой основе. Ежегодно провайдеры проверки квалификации разрабатывают программы МСИ.

Программа проведения МСИ дает лабораториям – потенциальным участникам МСИ возможность выбрать из числа программ МСИ те, которые

соответствуют области аккредитации лаборатории и наиболее ее интересуют. В соответствии с ГОСТ Р 8.690 [13] рекомендуется перед принятием решения лаборатории об участии в МСИ убедиться в компетентности провайдера МСИ. Полный перечень компетентных в выполнении функций провайдера лабораторий представлен на сайте Росаккредитации в реестре аккредитованных лиц. В настоящее время действуют 15 признанных компетентными провайдеров, в область деятельности которых входит проведение МСИ веществ (материалов) и МСИ в области обеспечения единства измерений (МСИ СИ).

Идеология проведения МСИ изначально существенно различалась [4]:

- МСИ материалов/веществ опирались на нормативные документы, главным образом международные стандарты ИСО/МЭК 17043, ISO 13528.
- МСИ в области обеспечения единства измерений регламентировались Р 50.2.050 и МИ 1832 и преимущественно сводятся к контролю средств поверки (калибровки) в процессе эксплуатации и проверке погрешностей, получаемых при поверке (калибровке) на соответствие указанным в поверочной схеме.

С введением ГОСТ ISO/IEC 17043, ГОСТ Р ИСО 13528 и вступлением в силу № 412-ФЗ подходы к организации и проведению МСИ унифицированы и призваны решать главную задачу – определение способности отдельных лабораторий достоверно проводить конкретные испытания или измерения.

В таблице 1 представлен анализ программ МСИ на 2019 г. провайдеров, аккредитованных в Росаккредитации.

Таблица 1 – Аккредитованные провайдеры проведения МСИ

№	Наименование провайдера	Область проведения МСИ
1	Федеральное государственное бюджетное учреждение научно-методическая лаборатория "Центральная ветеринарная"	Пищевые продукты, Биологические материалы
2	Федеральное государственное бюджетное учреждение "Всероссийский государственный центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов"	Пищевая продукция
3	Закрытое акционерное общество "РОСА"	Вода

Продолжение таблицы 1 – Аккредитованные провайдеры проведения МСИ

№	Наименование провайдера	Область проведения МСИ
4	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр карантина растений»	Бактерии, вирусы и вириоды, грибы и грибоподобные организмы, нематоды, растения, насекомые
5	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр охраны здоровья животных»	Биологический материал
6	Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека	Вода, биологический материал
7	Закрытое акционерное общество "Институт стандартных образцов"	Сырье и металлы металлургического производства
8	Ассоциация специалистов некоммерческого партнерства «Центр внешнего контроля качества клинических лабораторных исследований»	Лабораторные исследования
9	Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара»	Ядерные материалы, топливные композиции, Масла (вакуумное, турбинное, трансформаторное), стали, сплавы, конструкционные материалы и изделия из них, природные, обессоленные, сточные и контурные воды.
10	Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Тульской области»	СИ оптических и оптико-физических величин, СИ времени и частоты, СИ параметров потока, расхода, уровня и объема веществ, СИ физико-химического свойства и состава веществ, СИ давления и вакуума
11	Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Республике Татарстан»	Нефть, нефтепродукты, объекты окружающей среды, средства измерений
12	Открытое акционерное общество "Российские железные дороги"	Средства измерений геометрических величин, средства измерений электрических и магнитных величин, средства измерения давления и вакуума.
13	Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации метрологии и испытаний в Ростовской области»	Пищевые продукты, вода, грунты, почва, металлы черные, СИ оптических и оптико-физических величин, СИ радиоэлектронных величин, СИ времени и частоты, СИ теплофизических и температурных величин, СИ электротехнических и



Окончание таблицы 1 – Аккредитованные провайдеры проведения МСИ

№	Наименование провайдера	Область проведения МСИ
		магнитных величин, СИ физико-химического свойства и состава веществ, СИ давления и вакуума, СИ параметров потока, расхода, уровня и объема веществ, СИ механических величин, СИ геометрических величин
14	Федеральное государственное унитарное предприятие «Уральский научно-исследовательский институт метрологии»	Черные и цветные металлы Горные породы; Огнеупорные и строительные материалы; Древесина, пиломатериалы; Растительные материалы; Уголь, Продукция винодельческой, ликёроводочной, спиртовой, промышленности; Пищевая продукция; Нефть; Нефтепродукты; Лекарственные средства; Средства измерений объема; Средства измерений физико-химических свойств; Средства измерений оптико-физических свойств; Средства измерений электрических величин.
15	Провайдер межлабораторных сличительных испытаний Федеральное бюджетное учреждение "Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в томской области"	Вода, пищевая продукция, нефть и газ СИ геометрических величин, СИ электрических величин, СИ объема, СИ физико-химических свойств; Средства измерений оптико-физических свойств; СИ электрических величин, СИ показателей качества электрической энергии

Анализ представленных данных показывает, что провайдеры, проводящие МСИ веществ и материалов, занимают лидирующую позицию на рынке потребителей, а также данный анализ показывает, что только одна лаборатория предлагает такие услуги, как проведение МСИ СИ ПКЭ.

На заседании рабочей группы по вопросам деятельности провайдеров МСИ при Общественном совете при Федеральной службе аккредитации от 16.11.2018 заместитель руководителя Росаккредитации прокомментировал данные сличения как новую, востребованную на рынке программу МСИ [14]. Данная востребованность обусловлена тем, что электрическая энергия

используется во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специфических свойств и непосредственно участвует в создании других видов продукции, влияя на их качество. Соответственно отклонения ПКЭ от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии и могут привести к значительным убыткам как в промышленности, так и в бытовом секторе [15].

#### **1.4 Электрическая энергия как объект оценки соответствия**

Электричество – это товар. Как и у любого товара, у него есть свои параметры качества, предусматривающие его индивидуальные особенности. Ведь в отличие от стандартных видов продукции, этот является энергоресурсом, который не накапливается и природой не производится. Он вырабатывается на электростанциях и посредством распределительных сетей поставляется конечному потребителю. При этом существуют определенные требования к продукту, поступающему в дом, офис, на производство [17].

Любые электроприборы и оборудование разрабатываются для работы в определенных условиях. Все составные элементы предусматривают характеристики, способные производить оптимальную полезность и отдачу при определенных параметрах поступающего тока. Их резкое изменение чревато потерями мощности или сгоревшими предохранителями. Но зачастую это может привести и к более серьезным последствиям – авариям, возгораниям и человеческим жертвам. Поэтому так необходим контроль качества электроэнергии.

Эксплуатация электрических сетей даже в жилых домах – дело, требующее особого подхода. На предприятиях регулярная проверка качества электроэнергии диктуется множеством нормативных документов. Чаще всего показатели могут выявлять следующие факторы [16]:

– колебания напряжения. Это может сказываться не в лучшую сторону на работе оборудования, вызывая сбои. Таким образом сокращается срок его

службы, а нередко приводит к «смерти» приборов, в основе которых лежит электронный тип работы;

- провалы напряжения в сети. Фиксация такого ухудшения качества чревата нестабильностью работы и отключениями оборудования;

- несинусоидальность напряжения. При выявлении таких параметров чаще всего резко повышаются потери энергии. Это чревато замыканиями, пробоями, сбоями автозащиты сети. При этом приборы учета электричества работают не стабильно, расчеты производятся неверно. Приборы электронного типа склонны к поломкам.

Любой из этих факторов может привести к серьезным аварийным последствиям. По статистике примерно 70 % возникновения пожаров в жилых домах и 85 % в производственных помещениях происходит именно при наличии вышеуказанных нестабильностей. Поэтому так важно предотвратить возможность подобных происшествий, чем потом справляться с их последствиями. Для этого всего лишь требуется производить периодически ряд замеров, после которых можно определить слабые места электросетей.

На большинстве предприятий необходимость проводить измерение качества электроэнергии введена законодательно. На сегодняшний день основной документ, регламентирующий качество электроэнергии – ГОСТ 32144 [17]. Измерение качества электрической энергии проводится на соответствие требованиям данного стандарта.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 982 [18] электрическая энергия в электрических сетях общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц подлежит обязательной сертификации. Соответствие электрической энергии ГОСТ 32144 [18] проверяет и подтверждает специализированная организация – орган по сертификации, после проведения испытательной лабораторией по качеству электрической энергии соответствующих сертифицированных испытаний и оформления протоколов установленной формы. Испытательные лаборатории в своей деятельности для измерений применяют специальные средства регистрации и

анализа показателей качества электрической энергии – анализаторы (средства измерений) качества электрической энергии (СИ ПКЭ). Такие СИ ПКЭ предназначены для измерения, контроля и регистрации основных и дополнительных параметров электроэнергии, оценки и анализа показателей качества электроэнергии [19].

Качество электроэнергии определяется надёжной и устойчивой работой электропередачи, поэтому так важно осуществлять непрерывный мониторинг качества электрической энергии.

### **1.5 Выводы и постановка задачи исследования**

Как показал проведенный анализ проверка квалификации лабораторий является единственным средством, с помощью которого участники могут получить внешнюю и независимую оценку качества своих результатов измерений. Участие лаборатории в программах проверки квалификации реализуется посредством проведения МСИ. Данная процедура регламентируется стандартом ГОСТ 17043 [1], имеет свои правила и проводится компетентными провайдерами МСИ. В качестве объектов, используемых при проведении МСИ могут выступать вещества, материалы, объекты окружающей среды, а также область ОЕИ. Подходы к организации и проведению МСИ призваны определять способность лабораторий достоверно проводить испытания или измерения. МСИ в области обеспечения единства измерений занимает лидирующие позиции на современном рынке т.к. спрос на качество измерений всегда будет актуальным.

Критерий качества электроэнергии также является объектом оценки соответствия и должен участвовать в программах МСИ, поскольку электрическая энергия подлежит обязательной сертификации. В качественной электроэнергии заинтересованы не только обычные пользователи электросетей, но и испытательные лаборатории, которые проводят измерения с помощью СИ ПКЭ. Подобный опыт участия в МСИ даст возможность доказать качество работы лаборатории независимо от того, аккредитована она или нет.

Делая вывод из вышенаписанного можно сформулировать основную задачу исследования, в рамках данной ВКР: Организация и проведение МСИ ПКЭ для мониторинга качества электрической энергии на базе ФБУ «Томский ЦСМ». Объект электроэнергия и оценка показателей качества электроэнергии представляют интерес для исследования, т.к. востребованы обществом. Качество поставляемой электрической энергии влияет на все сферы жизни общества и все чаще становится предметом споров между поставщиками и потребителями электроэнергии, которые имеют в основном финансовый характер.

## **2 Исследование элементов организации межлабораторных сличительных испытаний средств измерений показателей качества электрической энергии (МСИ СИ ПКЭ)**

### **2.1 Качество электрической энергии – показатели, средства измерений, испытания**

Современное развитие России, характеризующееся увеличением мощности нагрузок на предприятиях, автоматизацией производственных процессов, ростом коммунально-бытовых нагрузок, ведет за собой ухудшение качества электрической энергии в системах электроснабжения и как следствие к снижению эффективности работы и сокращения срока службы как электроприёмников, так и самих систем электроснабжения. Электрическая энергия является одним из основных компонентов, необходимых для процесса производства. Электроэнергия как товар обладает целым рядом специфических свойств. Она непосредственно используется при создании других видов продукции. Понятие качества электрической энергии отличается от понятия качества других товаров, так как качество электроэнергии проявляется через качество работы электроприемников.

Качество электроэнергии – это совокупность ее свойств, определяющих воздействие на электрооборудование, приборы и оцениваемых показателями качества электрической энергии (ПКЭ), численно характеризующими напряжение в электрической сети по частоте, действующему значению, форме кривой, симметрии и импульсным помехам. Перечень ПКЭ, их нормативные значения, критерии оценки, методы измерений, требования к средствам измерений установлены государственными стандартами.

Начиная с 1 июля 2014 года принят и введен в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 32144 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [20].

ГОСТ 32144 устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии в точках передачи электрической энергии пользователем электрической энергии сетей низкого, среднего и высокого напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц [20]. Оценка соответствия нормам проводится в течение расчетного интервала в одну неделю. Понятие качества электрической энергии отличается от понятия качества других видов продукции. Каждый электроприемник предназначен для работы при определенных условиях и параметрах электрической энергии: номинальном напряжении, частоте, токе и т. д., поэтому для его нормальной работы должно быть обеспечено энергоснабжение с требуемым качеством электрической энергии.

Если показатели качества электрической энергии в точке её передачи не соответствуют требованиям ГОСТ, то потребитель вправе предъявить претензии к электросетевой организации. С другой стороны, в электрической сети потребителя также должны быть обеспечены условия для выполнения требований ГОСТ при электроснабжении собственных электроприемников.

В целом же показатели качества электрической энергии определяют степень искажения напряжения электрической сети из-за изменения нагрузки, влияния кондуктивных помех (распределяющихся по элементам электрической сети), создаваемых отдельными видами оборудования и возникновения неисправностей, вызываемых, главным образом, внешними событиями.

Снижение качества электроэнергии обуславливает [21]:

- увеличение потерь в элементах электрической сети;
- ускоренное сокращение срока службы изоляции;
- рост потребления электроэнергии и требуемой мощности электрооборудования;
- нарушение работы и ложные срабатывания устройств релейной защиты и автоматики;
- перегрев вращающихся машин;

- сбои в работе электронных систем управления;
- сбои в работе вычислительной техники;
- вероятность возникновения замыканий из-за ускоренного старения изоляции машин и кабелей;
- появление опасных уровней наведенных напряжений на проводах и тросах высоковольтных линий электропередачи, находящихся вблизи действующих;
- помехи в теле- и радиоаппаратуре;
- некорректная работа счетчиков электрической энергии.

Одна часть показателей качества электрической энергии характеризует помехи, продолжительно изменяющие характеристики напряжения, вносимые установившимся режимом работы электрооборудования энергоснабжающей организации и потребителей, т. е. вызванные особенностями технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

К ним относятся отклонения частоты, медленные изменения напряжения, искажения синусоидальности формы кривой напряжения, несимметрия и колебания напряжения. Для их нормирования в ГОСТ 32144 [20] установлены показатели и нормы качества электрической энергии.

Другая часть показателей качества электрической энергии характеризует кратковременные помехи, возникающие в электрической сети в результате коммутационных процессов, грозовых и атмосферных явлений, работы средств защиты и автоматики, запланированных работ в электрических сетях, послеаварийных режимов. К ним относятся провалы напряжения и перенапряжения, импульсные напряжения, кратковременные прерывания напряжения.

Для этих показателей допустимых численных значений ГОСТ 32144 [20] не устанавливает, а приводит лишь справочные данные. Однако такие параметры, как амплитуда, длительность, частота, должны измеряться и составлять статистические массивы данных, характеризующие конкретную



электрическую сеть в отношении вероятности появления случайных событий (кратковременных помех). Как уже отмечалось выше, требования ГОСТ 32144 [20] характеризуют качество электроэнергии параметрами (частоты и напряжения) в точках передачи электрической энергии. Для оценки соответствия ПКЭ нормам стандарта устанавливается минимальный расчетный период, равный 24 ч. и рекомендуемый период, равный 7 суткам.

Измеренные ПКЭ не должны выходить за нормально допустимые значения с вероятностью 0,95 за установленный стандартом расчетный период времени (это означает, что можно не считаться с отдельными превышениями нормируемых значений, если ожидаемая общая их продолжительность составит менее 5% за установленный период времени). Другими словами, КЭ по измеренному показателю соответствует требованиям стандарта, если суммарная продолжительность времени выхода за нормально допустимые значения составляет не более 5% от установленного периода времени, т.е. 1 ч 12 мин, а за предельно допустимые значения – 0 % от этого периода времени.

В соответствии с ГОСТ 30804.4.30 [22] устанавливаются, для каждого измеряемого показателя КЭ, три класса характеристик процесса измерения - А, S и В (далее - классы А, S, В). Для каждого класса определены методы измерений и соответствующие требования к характеристикам СИ.

Класс А применяют, если необходимо проведение точных измерений, например, при проверке соответствия стандартам, устанавливающим нормы КЭ, при выполнении условий договоров, предусматривающих возможность разрешения спорных вопросов путем измерений и т.д. Любые измерения показателя КЭ, проведенные двумя различными СИ, соответствующими требованиям класса А, должны при измерении одних и тех же сигналов обеспечивать получение воспроизводимых результатов с установленной для данного показателя неопределенностью.

Класс S применяют при проведении обследований и оценке КЭ с использованием статистических методов, в том числе при ограниченной номенклатуре показателей. Хотя интервалы времени измерений показателей КЭ

для классов S и A одинаковы, требования к характеристикам процесса измерения класса S снижены.

Класс В установлен для того, чтобы избежать признания СИ многих существующих типов устаревшими. Класс В не рекомендован для вновь разрабатываемых СИ.

Для классов приняты следующие обозначения: А ("advanced") - "повышенного типа"; S ("survey") - "для наблюдений". Класс В ("basic") - "начальный".

В таблице 2 представлен перечень нормированных ПКЭ и ненормированных показателей случайных событий согласно ГОСТ 32144 [20] с указанием класса характеристик процесса измерений и со ссылкой на методы измерений согласно ГОСТ 30804.4.30 [22], ГОСТ 30804.4.7 [23], ГОСТ Р 51317.4.15 [24].

Таблица 2 – Перечень показателей качества электрической энергии

Наименование ПКЭ	Раздел стандарта на методы измерений и нормы качества		Нормальное допускаемое значение	Предельное допускаемое значение	Класс измерений или точности СИ
	ГОСТ 3080.4.30	ГОСТ 32144			
Продолжительные изменения характеристик напряжения					
1 Положительное отклонение частоты	5.1	4.2.1	0,2 Гц	0,4 Гц	А
2 Отрицательное отклонение частоты	5.1	4.2.1	0,2 Гц	0,4 Гц	А
3 Положительные отклонения фазных/междуфазных напряжений	5.2, 5.12	4.2.2	-	10 %	А
4 Отрицательные отклонения фазных/междуфазных напряжений	5.2, 5.12	4.2.2	-	10 %	А
5 Суммарные коэффициенты гармонических составляющих фазных/междуфазных напряжений	5.8 (ГОСТ 30804.4.7п. 3.2)	4.2.4.1	ГОСТ 32144, таб.5	ГОСТ 32144, таб.5	А, 1
6 Коэффициенты гармонических составляющих фазных/междуфазных напряжений	5.8 (ГОСТ 30804.4.7п. 3.2)	4.2.4.1	ГОСТ 32144, таб. 1-4	ГОСТ 32144, таб. 1-4	А, 1

## Окончание таблицы 2 – Перечень показателей качества электрической энергии

Наименование ПКЭ	Раздел стандарта на методы измерений и нормы качества		Нормальное допускаемое значение	Предельное допускаемое значение	Класс измерений или точности СИ
	ГОСТ 3080.4.30	ГОСТ 32144			
7 Коэффициенты интергармонических составляющих фазных/междуфазных напряжений	5.9 (ГОСТ 30804.4.7 прил. А)	-	-	-	1
8 Кратковременная доза фликера	5.3 (ГОСТ Р 51317.4.15 п. 5.7.2)	4.2.3	-	1,38	А
7 Длительная доза фликера	5.3 (ГОСТ Р 51317.4.15 п. 5.7.3)	4.2.3	-	1	А
8 Коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности	5.7	4.2.5	2 %	4 %	А
9 Коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности	5.7	4.2.5	2 %	4 %	А
Случайные события					
10 Глубина и длительность провала напряжения	5.4	4.3.2	-	-	А
11 Максимальное значение/коэффициент и длительность перенапряжения	5.4	4.3.2	-	-	А
12 Длительность прерывания напряжения	5.5	4.3.1	-	-	А

Для определения соответствия электрической энергии стандарту ГОСТ 32144 [20] проводят измерения с помощью специальных средств регистрации и анализа показателей качества электрической энергии – средств измерений качества электрической энергии (СИ ПКЭ). Принцип действия СИ ПКЭ основан на вычислении значений измеряемых параметров путем аналогово – цифрового преобразования массива мгновенных значений входных сигналов напряжения и тока.

На сегодняшний день на рынке представлен широкий спектр СИ ПКЭ как стационарного, так и переносного исполнения. Существует классификация СИ ПКЭ по функциональному назначению и по конструктивному исполнению (таблица 3) [25].

Таблица 3 – Классификация средств измерений показателей качества электрической энергии.

Классификация СИ ПКЭ по функциональному назначению	Классификация СИ ПКЭ по конструктивному исполнению
СИ ПКЭ для целей контроля качества электрической энергии - приборы, выполняющие измерение значений ПКЭ и осуществляющие контроль соответствия полученных результатов измерений ПКЭ допускаемым значениям	СИ ПКЭ для мобильного применения - приборы, предназначенные для непродолжительных измерений
СИ ПКЭ для целей анализа качества электрической энергии - приборы, выполняющие функции СИ ПКЭ, а также измерение значений параметров тока, мощности, углов фазовых сдвигов, напряжений, не являющихся ПКЭ, и других параметров в целях анализа качества электрической энергии	СИ ПКЭ для стационарного применения - приборы, предназначенные для постоянной установки в пунктах контроля качества электрической энергии и организации непрерывных и длительных измерений
СИ ПКЭ для целей непрерывного контроля качества электрической энергии - приборы, выполняющие функции СИ ПКЭ и предназначенные для проведения длительных измерений, в том числе при диагностических и исследовательских работах	

Анализируя нормативные документы, в которых установлены требования к показателям качества электрической энергии, можно сделать вывод, что список данных показателей велик, но не все из них интересуют пользователей электроэнергии. При проведении МСИ провайдер сам устанавливает измеряемые показатели проводя для этого мониторинг. Во время мониторинга к трехфазной сети подключается СИ ПКЭ, используемое в лаборатории, и проводятся измерения. В результате выводится протокол измерений с полным списком ПКЭ (приложение Б) и на основании данного протокола провайдер составляет программу МСИ, где указывает полный перечень ПКЭ, подлежащих контролю.

## 2.2 Основные требования к элементам организации МСИ СИ ПКЭ

Межлабораторные сличительные испытания (МСИ) включают в себя организацию, проведение измерений и оценку их результатов на специально

подобранных зашифрованных образцах в нескольких лабораториях в соответствии с предварительно заданными условиями.

Одной из главных задач МСИ является оценка качества проводимых измерений в лабораториях и проведение корректирующих действий для обеспечения единства измерений. МСИ являются наиболее рациональным инструментом, позволяющим оценить достоверность результатов, полученных в каждой отдельной лаборатории, и дающим наглядное представление о реальной точности методик измерений в целом.

Разработка и реализация программ проверки квалификации должны проводиться провайдерами проверки квалификации, которые компетентны в проведении межлабораторных сличений и имеют возможность получения экспертной оценки при использовании определенных типов образцов для проверки квалификации.

Процесс проведения программ МСИ соответствует следующим этапам:

- разработка схемы проведения МСИ
- разработка плана проведения МСИ
- разработка программы проведения МСИ
- направление информации о программах МСИ участникам 2018 года и еще не участвовавшим в сличениях аккредитованным лабораториям;
- сбор и регистрация анкет участников МСИ, формирование списков, присвоением участникам кодовых номеров;
- заключение с участниками договоров на проведение работ МСИ;
- создание или приобретение качественного ОК, отвечающего требованиям стабильности и однородности
- составление инструкции по проведению испытаний;
- направление участникам ОК в зашифрованном виде и инструкций к ним;
- сбор и регистрация протоколов результатов испытаний;
- обработка и обобщение результатов МСИ;

- оформление и направление участникам документов по результатам МСИ: свидетельств об участии, заключений по результатам МСИ, свободных таблиц оценки качества результатов испытаний.

- передача результатов МСИ, при необходимости, органам по аккредитации для учета результатов МСИ при аккредитации и инспекционном контроле ИЛ;

- выбор вариантов установления нормативов контроля - количественных критериев для оценки качества результатов испытаний, полученных лабораториями-участниками МСИ;

- разрешение спорных ситуаций, возникающих в процессе МСИ.

Проведение МСИ может предусматривать применение различных схем: с использованием одного или нескольких ОК, аттестованных на содержание одного или нескольких контролируемых в них показателей, с получением одного или нескольких результатов измерений в одной ИЛ для каждого контролируемого объекта и показателя, с участием в МСИ того или иного необходимого минимального числа ИЛ, с использованием того или иного алгоритма обработки экспериментальных данных. На рисунке 4 представлены общие типы программ проверок квалификации [2].

Программы, касающиеся одного образца для проверки квалификации, передаваемого от одного участника к другому последовательно, называются последовательные. Иногда такие программы называют программами сличения измерений. В таких программах возможно направление образца обратно провайдеру проверки квалификации для перепроверки. На рисунке 4 данный тип представлен моделью 1.

Для проб, случайно отобранных из определенного источника и распределенных между участниками параллельно, для проведения одновременных испытаний, используются параллельные программы проверки квалификации.

В некоторых программах участниками отбираются образцы, которые затем при анализе рассматриваются как образцы для проверки квалификации.

После завершения испытаний результаты возвращаются провайдеру проверки квалификации и сравниваются с приписанным значением(ями), чтобы определить характеристики функционирования отдельных лабораторий или группы в целом.

Программы с известным значением используют приписанные значения, которые определены независимо от участников и включают подготовку образцов для проверки квалификации с набором известных измеряемых величин или характеристик. Сертифицированные стандартные образцы также могут использоваться в программах, так как их сертифицированные значения и неопределенность измерений используются напрямую. Непосредственное сличение может также осуществляться между образцом для проверки квалификации и сертифицированным стандартным образцом в условиях повторяемости. Однако следует позаботиться о гарантии того, чтобы сертифицированный стандартный образец был близко сопоставим с образцом для проверки квалификации. В этом типе программы могут быть использованы образцы для проверки квалификации из предыдущих туров проверок квалификации, если образец продемонстрировал стабильность.

Существует одно специфическое применение проверки квалификации, часто называемое "слепая проверка квалификации", т.е. когда образец для проверки квалификации неотличим от образцов обычного заказчика лаборатории или проб, получаемых лабораторией. Этот тип проверки квалификации может быть сложным, так как он требует согласованности с обычным заказчиком лаборатории. В дополнение ко всему из-за уникальности упаковки и требований к отгрузке обработка общей массы образца не выполняется и проверка однородности затруднена.

Обычной программой для проверки квалификации является программа с разделенными (расщепленными) уровнями, когда схожие (но не одинаковые) уровни измеряемой величины представлены двумя отдельными образцами для проверки квалификации. Программа используется для оценки прецизионности участника на определенном уровне измеряемой величины. Это позволяет

избежать проблем, связанных с повторными измерениями одного и того же образца для проверки квалификации, или проблем, связанных с включением двух идентичных образцов для проверки квалификации в один и тот же тур проверки квалификации.

Одним особенным типом плана проверки квалификации, который часто используется заказчиками лабораторий, участвующих в проверке квалификации, и некоторыми органами государственного управления, является план с разделенной пробой. Этот план не следует путать с планом с разделенными уровнями.

Проверки квалификации с разделенной пробой включают сравнение данных, полученных небольшими группами участников (часто только двумя). В этих программах проверки квалификации пробы продукта или материала делятся на две (или более) части, причем каждый участник испытывает одну часть пробы (см. рисунок 4, модель 5). Программы этого типа применяют для выявления недостаточной точности, описания постоянного смещения и проверки эффективности корректирующих действий. Данная программа может использоваться для оценивания одного или обоих участников в качестве поставщиков услуг по испытаниям или, когда участников программы слишком мало для соответствующего оценивания результатов.

В таких программах один из участников может рассматриваться как работающий на более высоком метрологическом уровне (т.е. с меньшей неопределенностью измерения) благодаря использованию методов высшей точности и более совершенного оборудования и т.д. или через подтверждение своих характеристик функционирования через успешное участие в общепризнанных программах межлабораторных сличений. Его результаты в таких сличениях рассматриваются в качестве приписанных значений, и он может действовать как лаборатория-консультант или лаборатория-куратор по отношению к другим участникам, сличающим с ним данные, полученные в отношении разделенной пробы.



Специальные типы проверок квалификации (программы неполного процесса) включают оценивание способностей участников выполнять отдельные части полного процесса испытаний или измерений. Например, некоторые существующие программы оценивают способности лаборатории преобразовывать заданный набор данных и представлять соответствующий отчет (а не проводить полное испытание или измерение); давать трактовки (толкования), основанные на заданном наборе данных или на образцах для проверки квалификации.

Программы EQA (программы внешней оценки качества) предлагают разнообразие программ межлабораторных сличений, основанных на обычной модели проверки квалификации, но с широким применением программ, приведенных на рисунке 4. Многие программы EQA разрабатываются для понимания полной цепочки последовательности выполняемых в лаборатории действий, а не только процессов, касающихся выполнения испытаний. Большинство программ являются непрерывными и включают долгосрочный период наблюдения за характеристиками функционирования лаборатории. Характерная особенность программ EQA - обучение участников и повышение качества. Для достижения этой цели частью отчета, направляемого участникам, являются рекомендации и толкования.

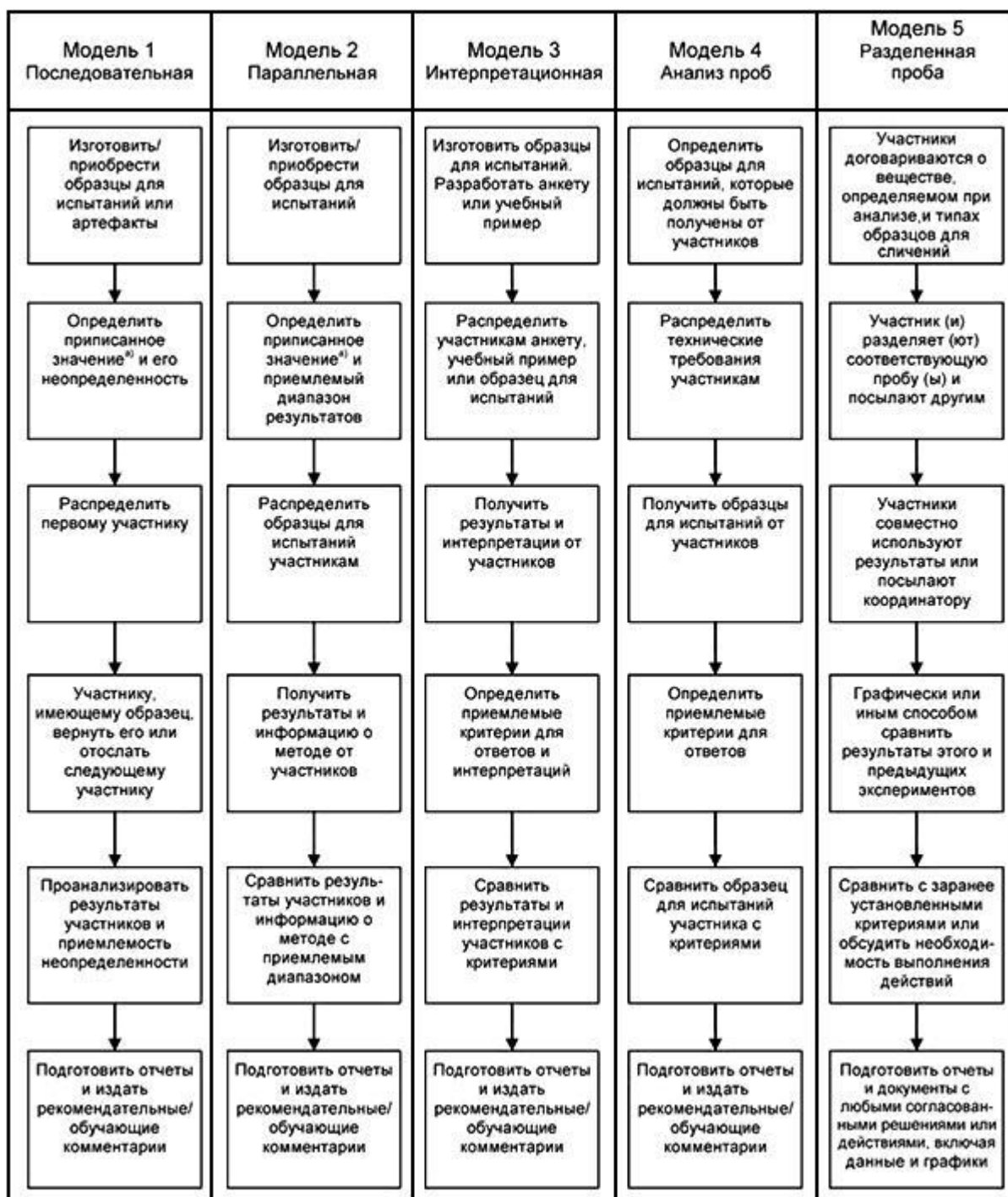


Рисунок 4 - Примеры общих типов программ проверки квалификации

Выбор и реализацию конкретной схемы МСИ проводят с учетом:

- принятого для МСИ алгоритма контроля качества результатов измерений;
- информации о наличии ОК, возможности их разработки (при отсутствии ОК) и аттестации (в том числе в процессе МСИ), стоимости ОК;

- сведений о наличии в методиках измерений, предполагаемых к использованию в МСИ, значений характеристик погрешности и необходимости установления этих характеристик в процессе МСИ (при их отсутствии);
- необходимости проведения МСИ с использованием одной конкретной методики измерений;
- необходимости контроля качества результатов измерений, получаемых по конкретной методике (методикам) измерений, используемой (используемых) в МСИ, во всем диапазоне ее (их) действия;
- длительности проведения измерений применительно к методикам, используемым в МСИ;
- общей стоимости проведения МСИ;
- необходимости решения в процессе МСИ дополнительных задач.

Провайдер, с использованием информации об ИЛ в области деятельности провайдера, анализа области аккредитации аккредитованных ИЛ, результатов предыдущих МСИ, сведений о наличии ОК или возможности их создания, определяет перечень возможных контролируемых объектов и показателей, выбирает схемы проведения МСИ, подготавливает План проведения МСИ.

План проведения МСИ должен содержать следующую информацию:

- схему планируемых МСИ;
- перечень объектов, характеристики которых будут контролировать при проведении МСИ (контролируемые объекты);
- характеристики состава (свойств) контролируемых объектов, качество измерения которых будут контролировать при проведении МСИ (контролируемые характеристики);
- перечень ОК, предполагаемых к использованию при проведении МСИ;
- предполагаемое число участников МСИ;
- планируемые сроки проведения МСИ.

План утверждается руководством ФБУ «Томский ЦСМ». Провайдер в соответствии с утвержденным планом разрабатывает Программу проведения МСИ. Программа проведения МСИ должна содержать следующую информацию:

- наименование и адрес уполномоченной организации, разработавшей программу МСИ и проводящей работу по ее реализации;
- цель проведения МСИ;
- число лабораторий -участниц МСИ;
- наименования и адреса лабораторий - участниц МСИ с указанием аккредитованной ИЛ, являющейся в этих испытаниях референтной (если такая имеется);
- объекты испытаний с указанием нормативного документа (НД) на продукцию;
- для каждого объекта -перечень контролируемых показателей при проведении МСИ, виды выбранных испытаний с указанием НД на методы испытаний и содержащихся в НД норм и/или значений воспроизводимости и приписанных характеристик погрешности;
- используемые схемы проведения МСИ;
- используемые образцы для испытаний:
- для ОК в виде стандартного образца (СО) - категории, наименования и номера по реестру, аттестованные значения СО и погрешности аттестованных значений СО;
- для ОК, создаваемых на основе РО, - описание РО и наименование и адрес референтной лаборатории, предоставляющей опорное значение (технические требования к ОК должны быть приложены к программе МСИ):
- для РО - описание РО(технические требования к РО должны быть приложены к программе МСИ);
- требования о наличии заключений о допуске РО и/или ОК, созданных на основе РО, к применению;

- требования к упаковке и доставке образцов для испытаний лабораториям - участницам МСИ;
- требования к условиям проведения испытаний в разных лабораториях в соответствии с НД на методы испытаний (должны быть обеспечены одинаковые условия проведения испытаний в разных лабораториях);
- требования к средствам измерений, испытательному, вспомогательному, лабораторному оборудованию, материалам и реактивам, применяемым для испытаний образцов в соответствии с НД на методы испытаний;
- алгоритмы обработки данных и вычислений результатов испытаний;
- требования к оформлению протокола результатов испытаний образца в ИЛ;
- алгоритмы обработки результатов испытаний образцов, полученных лабораториями - участницами МСИ;
- требования к заключению по результатам участия каждой ИЛ в МСИ;
- сроки выполнения программы МСИ, включая даты (дату) доставки образцов и проведения (при необходимости одновременного) испытаний лабораториями-участницами;
- календарный план проведения различных этапов.

При подготовке к проведению МСИ ответственными за подготовительные мероприятия составляются письма, информирующие руководителей потенциальных участников о проведении проверок квалификации ИЛ посредством МСИ. В данном письме указывают, что дает лабораториям участие в МСИ, действия координатора, а также указывают документы, которые получит лаборатория-участник по результатам завершения испытаний. Информация об МСИ, проводимых ФБУ «Томский ЦСМ», анкета участника МСИ и опросный лист приводятся в приложениях к данному письму. Письма заблаговременно рассылаются потенциальным участникам-лабораториям, выбор которых

осуществляется на основе Реестра аккредитованных лабораторий России, который находится в свободном доступе на сайте Росаккредитации, в соответствии с областью деятельности ФБУ «Томский ЦСМ» и территориальной принадлежностью лабораторий.

Одновременно на сайте ФБУ «Томский ЦСМ» помещают информацию о проверке компетентности ИЛ посредством МСИ и указывают дату рассылки образцов для контроля ИЛ, приславшим заявки на участие в проведении испытаний.

После заключения соглашения с лабораториями, которые будут принимать участие в МСИ, в установленный срок им направляют зашифрованные образцы для контроля и инструкцию по их применению.

Инструкция по проведению испытаний ОК содержит:

- наименование и шифр ОК;
- краткую характеристику ОК;
- назначение ОК (с указанием контролируемых показателей, а при необходимости ориентировочных диапазонов результатов измерений, требований к используемым методикам измерений);
- порядок подготовки материала ОК к проведению измерений (при необходимости);
- порядок проведения измерений;
- сроки проведения измерений;
- число получаемых результатов измерений;
- требования к протоколу результатов измерений.

Для проведения МСИ провайдер всегда разрабатывает образец для контроля. Участники МСИ должны быть проинструктированы о том, что обращаться с ОК следует так же, как и с рабочими приборами. Аттестованное значение ОК не должно быть раскрыто участниками до того времени, как результаты будут получены. Контролируемые при МСИ показатели являются аттестуемыми характеристиками ОК. Для каждого контролируемого

показателя устанавливают аттестованное значение ОК и доверительные границы характеристики погрешности аттестованного значения. Аттестованное значение ОК должно находиться в диапазоне определяемых значений контролируемого показателя по каждой из методик измерений, которые будут применены участниками МСИ.

Аттестованные значения ОК могут быть установлены (известны) до начала проведения МСИ или установлены в процессе их проведения.

Границы доверительного интервала характеристики погрешности аттестованного значения ОК, как правило, по абсолютной величине не должны превышать одной трети от приписанных значений характеристики погрешности методик измерений, применяемых участниками сличений (ГОСТ 8.315 [26]).

Необходимо продемонстрировать, что ОК достаточно стабильны, и, таким образом, гарантировать, что они не подвергаются каким-либо значительным изменениям во время проведения МСИ, включая условия хранения и транспортировки. Требования к ОК для МСИ представлены в первой главе.

### **2.3 Разработка ОК для участия в МСИ ПКЭ**

В качестве образца для контроля (ОК) был представлен имитатор/калибратор ТРИФОН. Объект МСИ – имитатор трехфазной электрической сети ТРИФОН, предназначенный для воспроизведения параметров трехфазной электрической сети: переменного напряжения, взаимного фазового сдвига, нелинейных искажений, несимметрии в трехфазных системах напряжений. Прибор предназначен для формирования напряжений промышленной частоты в двух режимах:

– режим имитации параметров реальной трехфазной сети по программе, предварительно записанной в энергонезависимой памяти прибора;

– режим калибратора трехфазного переменного напряжения, взаимного фазового сдвига между фазами, гармонического состава сигналов по командам от компьютера.

ОК разработан и изготовлен специально для проведения МСИ в соответствии с техническим заданием провайдера МСИ (для того, чтобы гарантировать стабильность и точность задаваемых параметров).

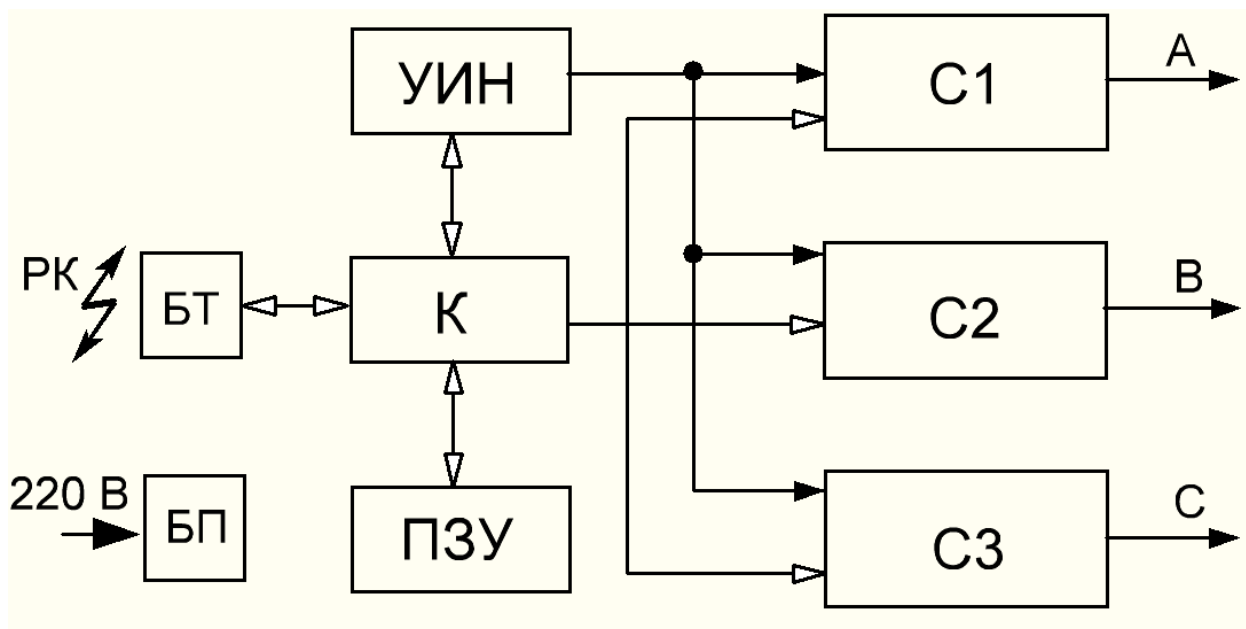
Таблица 4 – Метрологические и технические характеристики ОК

Характеристика	Диапазон значений
Диапазон частот воспроизведения напряжения синусоидальной формы, Гц	От 45 до 60
Дискретность перестройки частоты, Гц, не более	0,01
Абсолютная погрешность установки частоты, Гц	$\pm 0,005$
Диапазон установки среднеквадратического значения выходного напряжения, В:	От 150 до 300
Дискретность установки среднеквадратического значения выходного напряжения, В:	0,1
Основная относительная погрешность установки уровня выходного напряжения, %	0,05
Диапазон установки фазового сдвига между фазными напряжениями, °	От 0 до 360
Дискретность установки фазового сдвига между фазными напряжениями, °	0,01
Абсолютная погрешность установки фазового сдвига между фазными напряжениями, °	0,01
Коэффициент нелинейных искажений воспроизводимого напряжения, %, не более	0,3
Количество формируемых гармоник	40
Диапазон воспроизведения коэффициента любой одиночной гармоники, абс, %	От 0 до 50
Дискретность воспроизведения коэффициента любой одиночной гармоники, абс, %	0,1
Диапазон установки фазового сдвига любой гармоники относительно первой, °	От 0 до 360



Все перечисленные параметры напряжения могут устанавливаться в любом сочетании и независимо для каждого фазного напряжения, если его амплитуда не превышает 500 В.

Структурная схема прибора представлена на рисунке 5.



РК – радиоканал; БТ – модуль радиointерфейса Блyтуз (BlueTooth); БП – блок питания; УИН – управляемый источник напряжения; К – контроллер; ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; С1, С2, С3 – синтезаторы фазных напряжений каналов А, В, С, соответственно

Рисунок 5 – Структурная схема прибора

В основу функционирования прибора положен принцип программного управления. Программа – последовательность этапов, каждый из которых содержит информацию о комплексных спектрах фазных напряжений, наличии или отсутствии динамических составляющих, например, флуктуаций амплитуд, а также длительность этапа.

После подачи питания клавишным переключателем на задней панели, переменное напряжение сети подается на блок питания БП и прибор переходит в режим подготовки к работе. В этом режиме синтезаторы фазных напряжений С1..С3 сбрасываются в исходное состояние, что соответствует нулевым выходным напряжениям и происходит плавный заряд емкостей блока питания

БП в течении пятнадцати секунд. По команде контроллера К производится считывание данных из нулевой страницы ПЗУ, что соответствует нулевому этапу. По параметрам этапа контроллер К формирует управляющие пакеты байт, которые адресно поступают в синтезаторы. В каждом пакете содержится информация об амплитудах и фазовых сдвигах всех гармоник выходного фазного напряжения. Затем контроллер К выдает команду управляемому источнику напряжения УИН, который формирует постоянное напряжение, соответствующее максимальному из амплитудных значений формируемых фазных напряжений.

Синтезаторы С1..С3 выполнены идентичными и являются независимыми друг от друга устройствами. Поэтому каждое фазное напряжение может быть сформировано с любым набором параметров. Синтезаторы реализуют метод прямого синтеза и используют широтно-импульсную модуляцию напряжения УИН с целью получения выходных напряжений в диапазоне  $\pm 500$  В.

По истечении времени нулевого этапа контроллер К считывает из ПЗУ данные первого этапа, формируются фазные напряжения с параметрами первого этапа и так далее. Выполнение программы заканчивается, когда считывается этап, в котором его длительность равна шестнадцатеричному коду 0xFFFFFFFF. Выполнение программы может быть прервано по команде от компьютера с установленной программой «ТРИФОН». Прерывающей командой является пакет байт со структурой, идентичной структуре этапа. После поступления прерывающего пакета по радиоканалу «Блютуз», контроллер К передает данные о фазных напряжениях в синтезаторы С1..С3. По окончании времени выполнения поступившего пакета выполнение программы продолжится с этапа, следующего за прерванным. Если в поступившем от компьютера этапе задано нулевое время выполнения, то счет времени не ведется и этап выполняется либо до поступления следующего, либо до выключения прибора.

Запись программы в ПЗУ прибора производится также по радиоканалу «Блютуз» от программы «ТРИФОН». Работа с программой описана в руководстве по эксплуатации прибора.

Внешний вид прибора показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Прибор «ТРИФОН»

На передней панели нанесены обозначения:

- «Сеть» - индикатор питающего напряжения;
- «Работа» - индикатор режима прибора;
- «Ошибка» - индикатор некорректного режима;
- «А», «В», «С» - выходы соответствующих фазных напряжений.

На задней панели нанесены:

- наименование прибора, адрес предприятия – изготовителя;
- номер прибора по системе нумерации предприятия-изготовителя, месяц и год выпуска;
- «Сеть» - выключатель питания;
- «220 В 50 Гц» - разъем питания прибора от сети;
- контакт заземления.

Данный прибор участвовал в программе МСИ и отправлялся каждому участнику последовательно. В ходе проведения МСИ должно соблюдаться свойство ОК, выражающееся в неизменности значений аттестованной характеристики ОК во времени, при соблюдении условий хранения и применения. Данное свойство называется стабильность и обеспечивается проведением калибровки ОК.

## **2.4 Разработка методики калибровки образца для контроля**

Понятие «калибровка средств измерений» появилось впервые в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений» 1993 года. 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.

Принятие в 2008 году Федерального закона «Об обеспечении единства измерений» 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» 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 [2].

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.

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 [27]:

- вводная часть;
- технические требования;
- условия проведения калибровки;
- требования к квалификации калибровщиков;
- требования по обеспечению безопасности;
- подготовка к калибровке;
- проведение калибровки;
- оценка неопределённости;
- оформление результатов;

В качестве эталонного прибора был выбран эталон Энергомонитор 3.1 – К 02, который хранится в отделе электромагнитных средств измерений в ФБУ «Томский ЦСМ».

Данный прибор 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. 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.

Внешний вид эталона Энергомонитор 3.1 – К 02 изображен на рисунке 7



Рисунок 7 - Эталона Энергомонитор 3.1 – К 02

Калибровку проводили данным способом: прямое измерение эталонным измерительным прибором величины, воспроизводимой калибруемой мерой. Структурная схема представлена на рисунке 8.

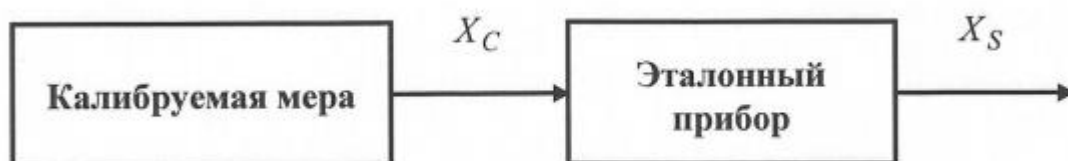


Рисунок 8 – Структурная схема калибровки меры с помощью эталонного средства измерений

Значение величины, воспроизводимой калибруемой мерой, определяется формулой 1:

$$X_c = X_s + \Delta_s \quad (1)$$

где  $X_c$  – показания калибруемого прибора,

$X_s$  – значение величины, воспроизводимой эталонной мерой,

$\Delta_s$  – поправка к значению величины, воспроизводимой эталонной мерой.

Методика калибровки прибора «ТРИФОН» представлена в приложении В. Вместе с методикой калибровки оформляют протокол испытаний (приложение Г).

## **2.5 Выводы и постановка исследования**

В данной главе на основании нормативной документации, публикаций периодических изданий и других источников выполнен анализ требований к показателям качества электрической энергии. Стандарт устанавливает большое множество ПКЭ, но лишь некоторые из них используются потребителями электрических сетей. Для того, чтобы провести мониторинг данных показателей – снимают значения с трехфазной сети, с помощью СИ ПКЭ. На основании этого провайдер МСИ устанавливает выбранные показатели.

В связи с тем, что на рынке отсутствует ОК, который бы мог использоваться в программах МСИ ПКЭ, то было решено создать калибратор/имитатор трехфазной сети «ТРИФОН» на основании требований к ПКЭ, содержащихся в ГОСТ 32144. Данный объект на протяжении всего тура проверки квалификации передается от одного участника к другому и соответственно должен удовлетворять такому требованию как стабильность. Требование стабильности достигается проведением калибровки ОК еще до начала тура МСИ. Для этого была разработана методика калибровки, а также данная процедура была реализована в ФБУ «Томский ЦСМ».

Следующим важным шагом, за который несет ответственность провайдер МСИ, является обработка данных лабораторий – участниц.

### **3 Разработка процедур документации по организации МСИ СИ ПКЭ в ФБУ «Томский ЦСМ»**

#### **3.1 Обработка результатов МСИ**

ИЛ проводят измерения в соответствии с заданием на измерения и высылают координатору протоколы результатов измерений по установленной форме.

Протокол результатов измерений должен содержать:

- наименование организации;
- наименование лаборатории;
- наименование участка;
- наименование и адрес ИЛ;
- номер и срок действия аттестата аккредитации ИЛ (если ИЛ аккредитована);
- телефон, факс, e-mail (адрес электронной почты);
- наименование и шифр экземпляра ОК;
- наименования контролируемых показателей;
- наименование (шифр) НД на методы измерений, используемые методики измерений с указанием при необходимости отклонений от регламентированных процедур измерений;
- результаты параллельных определений в единицах величин, предусмотренных методиками измерений;
- результаты измерений;
- значения приписанных характеристик погрешности методик измерений применительно к полученным в ИЛ результатам измерений;
- даты проведения измерений;
- подписи руководителя ИЛ и исполнителей.

В протоколе целесообразно приводить информацию о способах контроля качества результатов измерений, используемых в ИЛ при проведении рабочих



испытаний. При необходимости в протоколе отражают дополнительные сведения (по указанию координатора).

После получения от ИЛ протокола результатов измерений координатор присваивает каждой ИЛ кодовый номер. После получения результатов испытаний от всех ИЛ - участников МСИ координатор проводит их обработку. Результаты измерений и показатели качества измерений соотносятся только с кодом ИЛ, но не с ее наименованием. Коды ИЛ и все индивидуальные данные об ИЛ, в том числе и ее рабочие характеристики, должны быть известны лишь минимальному числу специалистов координатора МСИ. При направлении итогового отчета ИЛ сообщается ее код.

Обработку экспериментальных данных, полученных при проведении раунда МСИ, проводит координатор программы проведения МСИ. Протоколы с результатами измерений, представленные участниками МСИ, анализируют на предмет:

- наличия ссылок на НД с указанием конкретных разделов, если необходимо, в соответствии с которыми проводились испытания/измерения;
- правильности предоставления результатов измерений (результаты измерений в условиях повторяемости, погрешность/неопределенность результата измерений, число значащих цифр в соответствии с НД и т.п.);
- указания способа расчета погрешности/неопределенности, если необходимо;
- указания условий измерений, если необходимо.

Ответственность за правильность обработки экспериментальных данных, полученных при проведении программ МСИ, несет ответственный исполнитель рабочего аппарата провайдера МСИ. Ответственность за контроль правильности обработки экспериментальных данных, полученных при проведении программ МСИ, несет руководитель рабочего аппарата провайдера.

В нашем исследовании результатом измерений являются временные последовательности показателей качества электроэнергии. Записанные в память анализатора.

Участником МСИ может быть любая испытательная/измерительная лаборатория, осуществляющая измерения ПКЭ. В качестве участников МСИ были 10 лабораторий, выполняющие работы по проверке показателей качества электрической энергии.

На основании полученных от лабораторий протоколов измерений устанавливаем приписанные значения для исследуемых показателей. Приписанное значение ОК – значение величины, характеризующей состав или свойства ОК, принятое при проверке квалификации в качестве референтного и приведенное в документе на ОК с указанием неопределенности.

Для установления приписанных значений лабораторий был использован ГОСТ Р 50779.60 [28]. А также при расчете средних арифметических значений данные, отклоняющиеся от сопоставимых данных, были проверены на наличие выбросов по критерию Граббса (ГОСТ Р ИСО 5725 [29]). Выбросы, при установлении приписанных значений исключаются.

При использовании ОК с установленным приписанным значением до проведения МСИ в качестве статистических показателей могут быть выбраны:  $z$  – индекс,  $z'$  – индекс, число  $E_n$ ,  $\xi$  – индекс (в соответствии с разделом 7 ГОСТ Р 50779.60 [28]).

При выборе статистических показателей принимают во внимание следующее:

- числа  $E_n$  используют для реализации последовательных программ, которыми предусмотрено привлечение референтных лабораторий;
- значение показателей  $E_n$  и  $\xi$  следует применять, если участники оценивают неопределенность результата согласованным всеми участниками способом (в соответствии с ГОСТ Р 54500.3 / руководство ИСО/МЭК 98-3[30]);
- $z'$  – индекс следует применять, если неопределенность, приписанного значения ОК является существенной, т.е. не выполняется условие:  
 $u_x \leq 0,3\hat{\delta}$ .

Т.к. проводились количественные испытания, то применяем статистические методы обработки данных. Такой подход позволяет найти

однозначные объективные значения показателей качества для каждой лаборатории и применить объективные критерии их оценивания. В качестве статистического показателя для оценки результатов участников выбран  $z$  – индекс. Для каждого предоставленного участниками результата измерений вычислено значение  $z$  – индекса по формуле:

$$z = \frac{x-X}{\hat{\sigma}} \quad (2)$$

где  $x$  – результат измерений ОК, полученный участником;

$X$  – приписанное значение

$\hat{\sigma}$  – стандартное отклонение оценки компетентности, соответствующее стандартной неопределенности измерений.

Критическими значениями являются значения 2,0 и 3,0:

$|z| \geq 3$  – результат является сигналом действия, качество результатов испытаний признают неудовлетворительным;

$2 < |z| < 3$  – результат является сигналом предупреждения, качество результатов испытаний признают сомнительным;

$|z| \leq 2$  – сигнал отсутствует, качество результатов испытаний признают удовлетворительным.

При расчете средних арифметических значений данные, отклоняющиеся от сопоставимых данных, проверяют на наличие выбросов по критерию Граббса. Алгоритм вычислений представлен ниже.

$$\bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i; \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (x_i - \bar{x})^2}; \quad (4)$$

Для проверки, не является ли выбросом наибольшая величина из  $x$  расположенных в порядке возрастания совокупности данных  $x_i$  ( $i= 1, 2, \dots, p$ ), вычисляют статистику Граббса  $G_p$  по формуле:

$$G_p = \frac{(x_p - \bar{x})}{s} \quad (5)$$

Для проверки значимости наименьшего результата наблюдения вычисляют тестовую статистику

$$G_1 = \frac{(\bar{x} - x_1)}{s} \quad (6)$$

Если  $G$  расчетное  $>$   $G$  табличного, то значение считают грубой ошибкой и исключают.

Далее определяют приписанное значение. С помощью робастного метода. Робастное выборочное и робастное стандартное отклонение этих данных обозначают  $x^*$  и  $s^*$ . Вычисляют начальные значения для  $x^*$  и  $s^*$ .

$$x^* = \text{медиана}(x_1, x_2, \dots, x_p)$$

$$s^* = 1,438 * \text{медиана}(|x_1 - x^*|, |x_2 - x^*|, \dots, |x_p - x^*|) \quad (7)$$

Вычисляют:

$$\delta = 1,5 * s^* \quad (8)$$

Для каждого  $x_i$  ( $i= 1, 2, \dots, p$ ) вычисляют:

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta, \text{ если } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta, \text{ если } x_i > x^* + \delta \\ x_i, \text{ если } x^* - \delta \leq x \leq x^* + \delta \end{cases} \quad (9)$$

Вычисляют новые значения для  $x^*$  и  $s^*$ .

$$x^* = \sum_{i=1}^p \frac{x_i^*}{p} \quad (10)$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i^* - x^*)^2 / (p - 1)} \quad (11)$$

Робастные оценки и получают на основе итеративных вычислений, т.е. повторных вычислений и в соответствии с формулами 7-11 и с использованием измененных данных, до тех пор пока процесс не начнет сходиться, т.е. разности предыдущих и последующих значений не станут пренебрежимо малы. Обычно итеративные вычисления прекращают при совпадении предыдущих и последующих значений до третьего знака после запятой.

После проведения всех статистических вычислений и определения характеристики функционирования каждой лаборатории составляется сводная

таблица результатов испытаний ОК, которая заносится в отчет о проведении МСИ.

### **3.2 Разработка отчета о проведении МСИ**

По результатам МСИ координатор оформляет следующие документы:

- свидетельство об участии ИЛ в МСИ для каждой ИЛ;
- заключение по результатам участия ИЛ в МСИ для каждой ИЛ;
- сводную таблицу результатов участия всех ИЛ в МСИ для каждого контролируемого объекта, общее заключение (в том числе выводы по проведенным МСИ).

Общее заключение содержит обобщенные результаты МСИ, которые могут быть представлены в форме таблицы или в графическом виде. Координатор направляет в каждую ИЛ - свидетельство об участии в МСИ, заключение по результатам ее участия в МСИ, а также отчет в виде сводной информации о результатах участия всех ИЛ в МСИ (в форме таблицы или в графическом виде) для тех объектов, в программе проведения МСИ которых приняла участие ИЛ, без расшифровки кодовых номеров ИЛ - участников МСИ.

По итогам реализации каждой программы МСИ координатор, отвечающий за выполнение программы МСИ, составляет краткий отчет и проведенной программе, содержащий порядок организации работ, сведения об использованных ОК, сводную информацию о результатах участия всех ИЛ в программе МСИ (без расшифровки кодов ИЛ), методы испытаний, используемые ИЛ – участниками МСИ, информацию о критериях оценки качества результатов испытания (расчет статистических показателей), выводы и комментарии по итогам выполненной программы МСИ, информацию о видах деятельности, переданных по гражданско-правовым договорам. Отчеты по результатам проведенных МСИ сохраняют в бумажном и электронном виде. Провайдер МСИ также отправляет сведения в органы по аккредитации систем аккредитации - перечень ИЛ - участников МСИ, аккредитованных в соответствующей системе, и информацию об ОК, использованных для

проведения МСИ. Это делается с целью информирования органов по аккредитации об аккредитованных ими ИЛ, принявших участие в МСИ.

По окончании работ координатор формирует дело по результатам МСИ, включающее в себя следующие документы:

- план МСИ;
- технические требования к ОК;
- отчет о разработке ОК;
- документ, удостоверяющий метрологические характеристики ОК (паспорт СО, свидетельство на ОК);
- перечень ИЛ - участников МСИ с указанием кодовых номеров;
- инструкции по применению ОК;
- протоколы результатов испытаний ИЛ - участников МСИ;
- копии свидетельств об участии МСИ для каждой ИЛ;
- копии заключений по результатам участия в МСИ для каждой ИЛ;
- сводную таблицу результатов участия всех ИЛ в МСИ;
- общее заключение по результатам проведенных МСИ.

Дело по результатам МСИ может включать в себя другие документы в соответствии с процедурой проведенных работ. В случае получения неудовлетворительных результатов проверки квалификации ИЛ выясняет причины неудовлетворительных результатов и принимает меры по их устранению.

По инициативе ИЛ координатор на договорной основе может оказать помощь ИЛ в выяснении причин получения неудовлетворительных результатов, в разработке рекомендаций по улучшению качества работы в ИЛ, в организации внутреннего контроля качества испытаний, в том числе с применением ОК. ИЛ в случае несогласия с оценкой результатов ее работы может обратиться к координатору для уточнения оценки и при необходимости пересмотра последней. Если ИЛ и координатор не приходят к общему

соглашению, ИЛ вправе обратиться для решения возникших разногласий в НМЦ МСИ.

Получение неудовлетворительных результатов участия в МСИ может произойти у любой лаборатории. От подобного результата, к сожалению, никто не застрахован, но очень важно разобраться почему лаборатория получила подобный результат и провести корректирующие мероприятия.

Наиболее распространенные причины получения неудовлетворительных результатов участия в МСИ:

- случайные ошибки из-за невнимательности исполнителя;
- некорректно заявленная погрешность;
- несоблюдение условий проведения анализа и пренебрежительное отношение к устранению мешающих влияний;
- несоблюдение требований инструкции по использованию образца для контроля (ОК);
- использование несовершенных методик анализа.

В результате проведения МСИ хочется сказать, что не все участники получили удовлетворительные результаты. Только двоим участникам следует провести корректирующие мероприятия. Каждому участнику в результате предоставляется отчет в электронном виде и свидетельство об участии в программе МСИ.

Для того, чтобы лаборатория являлась компетентной в части испытаний нужно, как минимум, проводить мониторинг и поддерживать на должном уровне все составляющие внутрилабораторного контроля.

## **4 Социальная ответственность**

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

Так же рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий в которых будет реализовываться разработка, полученная в ходе написания магистерской диссертации, а именно, обработка данных, полученных на рабочем месте, в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

Рабочим местом является лаборатория поверки, находящаяся в ФБУ «Томский ЦСМ» по адресу г. Томск, ул. Косарева 17а, рабочей зоной является стол с приборами.

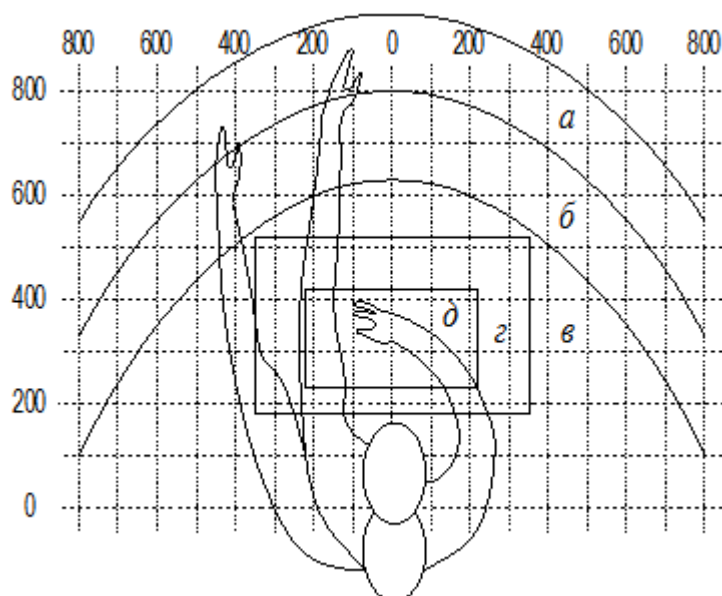
Далее были указаны ЧС, которые могут произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае их возникновения.

### **4.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности**

#### **4.1.1 Эргономические требования к рабочему месту**

В процессе работы, все используемые предметы должны находиться в зоне досягаемости. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости приведено на рисунке 9.





а – зона максимальной досягаемости;

б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в – зона легкой досягаемости ладони;

г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Рисунок 9 – Оптимальное размещение предметов труда и документации  
в зонах досягаемости

#### 4.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений

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

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

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

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

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты. Таким образом, по итогу проделанной работы можно сделать вывод о том, что рабочее место метролога соответствует нормам, ГОСТам и СанПиН. По степени физической тяжести работа метролога относится к категории лёгких работ.

#### 4.2. Производственная безопасность

При работе с электрическими приборами возникают различные вредные факторы, которые негативно воздействуют на организм человека. Также, при работе с электрическими приборами возникают опасные факторы, их перечень представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ с электрическими приборами

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенная напряженность электромагнитного поля				Требования к физическим факторам на рабочих местах устанавливаются СанПин 2.2.4.3359-16. [34] Требования по электробезопасности устанавливаются ГОСТ Р 12.1.019-2009 [35] Требования по пожарной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [36] Требования по взрывобезопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ [37]

Окончание таблицы 5 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ с электрическими приборами

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышение уровня электромагнитных излучений				Требования к физическим факторам на рабочих местах устанавливаются СанПин 2.2.4.3359-16. [34] Требования по электробезопасности устанавливаются ГОСТ Р 12.1.019-2009 [35]. Требования по пожарной безопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [36] Требования по взрывобезопасности устанавливаются ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ [37]
Недостаток естественного освещения				Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 [33]
Недостаточная освещенность рабочей зоны				Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 [33]

#### 4.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклимат является важной характеристикой производственных помещений. В организме человека происходит непрерывное выделение тепла. Одновременно с процессами выделения тепла происходит непрерывная теплоотдача в окружающую среду. Равновесие между выделением тепла и теплоотдачей регулируется процессами терморегуляции, т.е. способностью организма поддерживать постоянство теплообмена с сохранением постоянной температуры тела. Отдача тепла происходит различными видами: излучением, конвекцией, испарением влаги.

Нарушение теплового баланса в условиях высокой температуры может привести к перегреву тела, и как следствие к тепловым ударам с потерей сознания. В условиях низкой температуры воздуха возможно переохлаждение

организма, могут возникнуть простудные болезни, радикулит, бронхит и другие заболевания.

Показателями, которые характеризуют микроклимат рабочей зоны, являются:

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

Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-метролога она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок.

Оптимальные показатели микроклимата рабочей зоны, согласно СанПиН 2.2.4.548 [32], представлены в таблице 6, допустимые – в таблице 7.

Таблица 6 – Оптимальные показатели микроклимата

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

Таблица 7 – Допустимые показатели микроклимата

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

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

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

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

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

Таким образом, делаем вывод о том, что рабочее место метролога соответствует нормам показателей микроклимата так, как есть соответствие температурным показателям в помещении в холодный период – 23,3 °С, и в теплый период – 24,6 °С. Относительная влажность воздуха составляет 58 %, что соответствует диапазону.

#### **4.2.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

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

При неудовлетворительном освещении ощущается усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом

использования электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

Для характеристики естественного освещения используется коэффициент естественной освещенности (КЕО). Величины КЕО для различных помещений лежат в пределах 0,1-12 %.

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

Работа с приборами относится к зрительным работам средней точности для помещений жилых и общественных зданий. Согласно СП 52.13330.2016 [33], такие помещения должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 8.

Таблица 8 - Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий при зрительной работе средней точности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
					Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, ЛК	Коэффициент пульсации освещенности Кп, %, не более	КЕО е <sub>н</sub> , %, при	
							Верхнем или комбинированном	Боковом
Высокой точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	20	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	20	2,0	0,5

На рабочем месте соблюдаются необходимые нормы освещенности согласно ГОСТ Р 55710-2013. «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений». В административных зданиях, а в частности в помещениях

для чтения, письма и обработки данных эксплуатационная освещенность должна составлять 500 лк, что соответствует показателям.

#### **4.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений**

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

Степень и характер воздействия ЭМП на организм человека зависят: от интенсивности излучения; частоты колебаний; поверхности тела облучаемого; индивидуальных особенностей организма; режима облучения (непрерывный или прерывистый) продолжительности воздействия; комбинированного действия других факторов производственной среды.

В диапазонах промышленной частоты, радиочастот, инфракрасного и частично ультрафиолетового света электромагнитные поля оказывают тепловое воздействие. Перегревание отдельных тканей и органов ведёт к их заболеваниям, а повышение температуры тела на 1 °С и выше вообще не допустимо.

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

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

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

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

- изменения в крови;
- катаракту (помутнение хрусталика глаза);
- нервно-психические заболевания [39].

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 [34], предельно допустимые уровни энергетических экспозиций электромагнитного поля диапазона частот  $\geq 30$  кГц - 300 ГГц, не должны превышать значений, приведенных в таблице 9.

Таблица 9 - ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот  $\geq 30$  кГц - 300 ГГц

Диапазоны частот	Предельно допустимые уровни энергетической экспозиции		
	По электрической составляющей, (В/м) $2 \times \text{ч}$	По магнитной составляющей, (А/м) $2 \times \text{ч}$	По плотности потока энергии (мкВт/см <sup>2</sup> ) $\times \text{ч}$
30 кГц- 3 МГц	20000,0	200,0	-
3-30 МГц	7000,0	-	-
30-50 МГц	800,0	0,72	-
50-300 МГц	800,0	-	-
300 МГц-300 ГГц	-	-	200,0

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

На рабочем месте метролога используются мониторы с пониженным уровнем излучения, а также метрологом используются защитные очки. Таким образом, можно сделать вывод о том, что рабочее место соответствует нормам СанПиН 2.2.4.3359-16 [34].

#### 4.2.4 Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного



воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Измерительные приборы должны подключаться к сети питания имеющей защитное заземление.

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

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

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

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

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

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

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019 [35].

### 4.3 Экологическая безопасность

В настоящее время, когда встает проблема рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, уделяется большое внимание организации разумного воздействия на природу. Необходимо совершенствовать технологические процессы с целью сохранения окружающей среды от вредных выбросов.

В связи с тем, что основным средством работы являются средства измерения и электрические приборы, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

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

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

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

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

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

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

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

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004 [36] и ГОСТ 12.1.010 [37].

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

Причинами пожара могут быть:

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

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

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор. По окончании работы поводится влажная уборка всех помещений;

- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;

- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из помещения с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;

- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д. и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;

- правильное содержание помещения;

- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;

- издание приказов по вопросам усиления ПБ;

- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;

- наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

Таким образом можно сделать вывод по всему разделу «Социальная ответственность», что на рабочем месте показатели микроклимата, освещенности и электромагнитных излучений находятся в норме, что говорит о безопасности для человека. Анализ выявленных опасных факторов рабочего помещения показал, что электробезопасность, пожаробезопасность и

экологическая безопасность находятся под контролем, и все необходимые меры для обеспечения безопасности принимаются.

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

Магистерская диссертация включает в себя обзор проведения МСИ показателей качества электроэнергии (МСИ ПКЭ) и выполнение всего алгоритма на имеющихся СИ, а также обработку полученных данных. Следовательно, исследования, проведенные в рамках написания магистерской диссертации, не несут в себе особых денежных затрат.

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ:
  - Потенциальные потребители результатов исследования;
  - Анализ конкурентных технических решений;
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок:
  - Структура работ в рамках научного исследования;
  - Определение трудоемкости выполнения работ;
  - Разработка графика проведения научного исследования;
  - Бюджет научно-технического исследования.

### **5.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Для того, чтобы определить потенциальный потребителей научной разработки необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Есть большая вероятность, что данной работой заинтересуются небольшие организации и лаборатории, поэтому в качестве критериев сегментирования будем рассматривать варианты способов проверки компетентности лабораторий (кроме МСИ), а также сам размер лаборатории. Сегментирование рынка представлено на рисунке 10.

		Способы проверки компетентности лабораторий			
		Аккредитация лабораторий	МСИ	Калибровка оборудования	Проверка оборудования
Размер	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

- Фирма А, 
  - Фирма Б, 
  - Фирма В

Рисунок 10 – Карта сегментирования

По итогам сегментирования определены основные сегменты данного рынка. Межлабораторные сличения показателей качества электроэнергии (МСИ ПКЭ), реализуемые в рамках данной магистерской диссертации необходимо внедрить в мелкие компании и организации, поскольку в крупных и средних компаниях данные МСИ уже реализуются.

## 5.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках [41]:

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

Анализ конкурентных технических решений позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Данный анализ проводится с помощью оценочной

карты, в которой представлен объект магистерской диссертации (Р) и два конкурента (К1 и К2). Оценочная карта приведена в таблице 10.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i - B_i \quad (12)$$

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

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		Б <sub>р</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>р</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,35	5	4	5	1,75	0,40	1,75
2. Энергоэкономичность	0,20	4	4	3	0,80	0,80	0,60
3. Безопасность	0,20	3	3	4	0,60	0,60	0,60
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,25	5	3	4	1,25	0,75	1,00
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>4,40</b>	<b>2,55</b>	<b>3,95</b>
<b>Примечание:</b> Б <sub>р</sub> – оценочные баллы разработки; Б <sub>к1</sub> – оценочные баллы первого конкурента; Б <sub>к2</sub> – оценочные баллы второго конкурента; К <sub>р</sub> – конкурентноспособность разработки; К <sub>к1</sub> – конкурентноспособность первого конкурента; К <sub>к2</sub> – конкурентноспособность второго конкурента.							

Уязвимость позиции конкурентов заключается в том, что их разработки имеют меньшую функциональную мощность и соответственно имеют



невысокую конкурентоспособность, потому имеется возможность занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка.

Конкурентное преимущество разработки заключается в том, что МСИ ПКЭ, рассматриваемые в рамках магистерской диссертации, имеют высокий уровень функциональной мощности, а также данные МСИ удобны и быстры в своем исполнении. Если рассматривать данные МСИ с точки зрения экономической эффективности, то можно сказать, что они не требуют больших финансовых затрат.

### 5.3 Структура работ в рамках научного исследования

Для планирования процесса НТИ и выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР) и студент (С), выполняющий написание магистерской диссертации.

В данном подразделе был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках проведения исследования, а также приведены исполнители по каждому виду работ. Данный перечень представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень работ, этапов и распределение исполнителей

Основные этапы	Номер работы	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материала по теме	С
	3	Выбор направления исследования	НР, С
	4	Календарное планирование работ по теме	С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение теоретического материала по выбранному направлению	С
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С
	7	Проведение эксперимента	С

Окончание таблицы 11 – Перечень работ, этапов и распределение исполнителей

Основные этапы	Номер работы	Содержание работ	Исполнитель
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	С
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	НР,С

Проанализировав данную таблицу можно сделать вывод, что научный руководитель имеет загруженность в работе на 33 %, а студент на 98 %. По данным таблицы 11 в следующих разделах будет построен график реализации проекта.

#### 5.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того, чтобы рассмотреть процесс управления НТИ определим трудоемкость выполнения работ для каждого исполнителя. Эта задача является важной частью работы, т.к. трудовые затраты чаще всего являются основной частью стоимости проведенного исследования.

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (13)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (14)$$

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

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

Далее составим график проведения научного исследования, для этого используем диаграмму Ганта, т.к. она является наиболее наглядным и удобным способом построения графика.

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k \quad (15)$$

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

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

$k$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}} \quad (16)$$

где  $T_{кг}$  – количество календарных дней в году;

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

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

В соответствии с производственным календарем на 2019 год календарных дней – 365, выходных и праздничных дней при шестидневной рабочей неделе – 54. Таким образом, получили значение  $k = 1,4$ . Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения НТИ

Номер работы	Исполнитель и	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$ , раб. дн.	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$ кал.дн.
		$t_{\min i}$ чел.-дн.	$t_{\max i}$ чел.-дн.	$t_{\text{ож}i}$ чел.-дн.		
1	НР	1	2	1,4	1,4	2
2	С	7	10	8,2	8,2	11
3	НР,С	4	7	5,2	2,6	4
4	С	4	6	4,8	4,8	7
5	С	15	17	15	15	20
6	С	19	20	19	19	21
7	С	6	9	7,8	2,8	4
8	С	5	7	5,8	5,8	8
9	НР,С	2	3	2,4	1,2	2

На основании таблицы 12 был построен календарный план-график, представленный в таблице 13.

Таблица 13 – Календарный план-график

Номер работы	Исполнители	$T_{ki}$ – кал.дн	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль		Март			Апрель			Май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	НР	2	□												
2	С	11	■	■											
3	НР	4	■	□											
	С		■												
4	С	7		■	■										
5	С	20			■	■	■	■	■						
6	С	21				■	■	■	■	■	■				
7	С	4							■	■	■	■			
8	С	8									■	■	■	■	
9	НР, С	2											■	■	■

На основании таблицы 12 был построен календарный план-график. Данный график строится для наибольшего по длительности исполнения работ в рамках исследовательской работы с разбиением по месяцам, а затем по декадам за период времени написания дипломной работы. При этом на графике работы для научного руководителя выделены косой штриховкой, а студента – сплошной

заливкой. На основании полученного графика можно проследить реализацию разработки, рассматриваемой в рамках магистерской работы.

## **5.5 Определение бюджета научно-технического исследования**

Планируя бюджет научно-технического исследования (НТИ), необходимо обеспечить достоверное и полное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Для определения бюджета НТИ в рамках выполнения магистерской диссертации с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работы рассчитаны следующие виды затрат:

- материальные затраты НТИ;
- полная заработная плата исполнителей темы;
- затрата на электроэнергию;
- отчисления во внебюджетные фонды.

### **5.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования**

В рамках расчета материальных затрат НТИ должны быть учтены:

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

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

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m (C_i \cdot N_{расхi}) \quad (17)$$

где  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

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

$C_i$  – цена на приобретение  $i$  – го вида приобретаемого материального ресурса;

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

Значения цен были взяты на основании чеков после приобретения соответствующего вида продукции. После проведения расчетов материальных затрат результаты занесли в таблицу 14.

Таблица 14 – Материальные затраты

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

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

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

### 5.5.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

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

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (18)$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (19)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, которые выполняются исполнителем, раб. дн.

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

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (20)$$

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

$M$  – количество месяцев работы исполнителя без отпуска за период года.

$M = 4$  месяца.

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

Для расчета действительного фонда рабочего времени была заполнена таблица 15. Т.к. календарный план-график составлен на 4 месяца, то баланс рабочего времени будем рассчитывать исходя из этого.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	С
Календарное число дней	120	120
Количество нерабочих дней:	34	34
выходные дни;	6	6
праздничные дни		

Окончание таблицы 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	С
Потери рабочего времени	_____	_____
Действительный фонд рабочего времени	80	80

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{М}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{ПР}} + k_{\text{Д}}) \cdot k_{\text{Р}} \quad (21)$$

где  $З_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

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

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

$k_{\text{Р}}$  – районный коэффициент (для г. Томска – 1,3).

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{ПР}}$	$k_{\text{Д}}$	$k_{\text{Р}}$	$З_{\text{М}}$	$З_{\text{ДН}}$	$T_{\text{Р}}$	$З_{\text{ОСН}}$
НР	0,3	0,2	1,3	9170,10	458,5	8	3668
С	0,3	0,2	1,3	7170,10	358,5	77	27604,5
Итого							31272,5

Делая вывод, по полученным данным можно сказать, что заработная плата студента за выполненный объем работы будет в 9 раз превышать заработную плату научного руководителя.

Таким образом, следует сделать вывод о том, что данная разработка ресурсосберегающая и бюджетно эффективная для внедрения на предприятие.



После внедрения данной разработки на предприятии повысится продуктивность работы, сократится время, затрачиваемое на обработку результатов.

## Заключение

На сегодняшний день понятие качества имеет весомое значение в обществе. Требования по качеству устанавливаются как к товарам и услугам, так и к испытательным, калибровочным и измерительным лабораториям. Для обеспечения качественных измерений лаборатория должна участвовать в программах проверки квалификации, которые реализуются путем проведения МСИ. МСИ могут проводиться в области обеспечения единства измерений, а также для веществ и материалов. В данной работе в качестве объекта МСИ был взят критерий качества показателей электрической энергии.

В ходе проделанной работы была реализована процедура МСИ СИ ПКЭ на базе ФБУ «Томский ЦСМ». Для этого:

- проведена подготовка документации для проведения МСИ;
- организована процедура МСИ;
- обработаны данные лабораторий участниц;
- составлены основные документы и отчеты по завершении программы МСИ;
- сделаны выводы об успешных/неуспешных результатах участия лабораторий в МСИ.

## **Список использованных источников**

1. ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. – М.: Стандартинформ, 2013.
2. ГОСТ ISO/IEC 17025 – 2009. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – М.: Стандартинформ, 2013.
3. ILAC – P9:06/2014 ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities.
4. Галицкая Т.В., Слепцова Е.А., Хустенко Л.А., Чухланцева М.М. Организация межлабораторных сличительных испытаний за Уралом и не только // Контроль качества продукции. 2018. №9. С. 40 – 44.
5. Политика Росаккредитации в отношении проверки квалификации калибровочных лабораторий путем проведения межлабораторных сличительных (сравнительных) измерений.
6. Ефремова Н.Ю., Макаревич В.И., Миранович-Качур С.А., Гайдук М.В. Что такое проверка квалификации и для чего она нужна? Организация и проведение программ проверок квалификации в Республике Беларусь // Стандартные образцы. 2013. №2. С. 71 – 87.
7. ГОСТ ИСО/МЭК 17011-2009. Оценка соответствия. Общие требования к органам по аккредитации, аккредитуемым органам по оценке соответствия
8. ГОСТ Р 8.692-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к компетентности провайдеров проверок квалификации испытательных лабораторий посредством межлабораторных сравнительных испытаний. – М.: Стандартинформ, 2010. – 32 с.
9. Шпаков С.В. Использование стандартных образцов для проверки квалификации лабораторий // Применение стандартных образцов. 2014. №2. С. 56 – 60.

10. Панева И.В., Пономарева О.Б. Межлабораторные сравнительные испытания как инструмент экспериментальной проверки технической компетентности лабораторий // Стандартные образцы. 2006. №2. С. 45 – 48.

11. Горяева Л.И. Требования к образцам для контроля, применяемым при проверках квалификации испытательных лабораторий // Стандартные образцы. 2009. №3. С. 22 – 26.

12. Шпаков С.В. Деятельность провайдеров межлабораторных сравнительных испытаний // Стандартные образцы. 2009. №3. С. 15 – 21.

13. ГОСТ Р 8.690-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Использование программ проверки квалификации посредством межлабораторных сравнительных испытаний при аккредитации испытательных лабораторий. – М.: Стандартиформ, 2010. – 11 с.

14. Протокол заседания рабочей группы по вопросам деятельности провайдеров межлабораторных сличительных (сравнительных) испытаний при Общественном совете при Федеральной службе по аккредитации.

15. Семенов А. С., Матул Г. А., Хазиев Р. Р., Шевчук В. А., Черенков Н. С. Анализ показателей качества электрической энергии при работе асинхронного двигателя от трехфазного источника питания // Фундаментальные исследования. 2014. № 9. С. 1210 – 1217.

16. Сафонов Д. Г., Тураханов К. Х. Анализ основных характеристик современных средств измерения показателей качества электроэнергии // Омский научный вестник. 2010. №1 (87). С. 144 – 149.

17. Постановление Правительства РФ от 1 декабря 2009 года N 982. Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии (с изменениями на 21 февраля 2018 года, редакция, действующая с 27 декабря 2018 года)

18. ГОСТ 32144 – 2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии

в системах электроснабжения общего назначения. Введ. 2014 – 01 – 01. М.: Стандартиформ, 2013. 10 с.

19. Дед А. В., Сикорский С. П., Рогозина Д. А. Обзор современного рынка средств измерений показателей качества электроэнергии // Омский научный вестник. 2017. № 5 (155). С. 82 – 88.

20. ГОСТ 32144 – 2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. 2014.07.01 – М. : Стандартиформ, 2013. – 10 с.

21. Дед А. В., Паршукова А. В. О показателях качества электрической энергии. Нормы ГОСТ 32144 – 2013 // Омский научный вестник. 2015. № 1 (137). С. 148 – 150.

22. ГОСТ 30804.4.30 – 2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств. Введ. 2014 – 01 – 01. М.: Стандартиформ, 2014. 51с.

23. ГОСТ 30804.4.7 – 2013. Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств. Введ. 2014 – 01 – 01. М.: Стандартиформ, 2013. 34 с.

24. ГОСТ Р 51317.4.15 – 2012. Совместимость технических средств электромагнитная. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования. Введ. 2013 – 01 – 01. М.: Стандартиформ, 2014. 33 с.

25. ГОСТ 8.655 – 2009 ГСИ. Средства измерений показателей качества электрической энергии. Общие технические требования. Введ. 2009 – 08 – 25. М.: Стандартиформ, 2009. 87 с.

26. ГОСТ 8.315 – 97 Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения. Введ. 1998 – 07 – 01. М.: Стандартиформ, 2008. 31 с.

27. ГОСТ Р 8.879-2014 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению». Введ. 2015 – 09 – 01. М.: Стандартиформ, 2015. 6 с.
28. ГОСТ Р 50779.60 – 2017 (ИСО 13528:2015) Статистические методы. Применение при проверке квалификации посредством межлабораторных испытаний. Введ. 2018 – 12 – 01. М.: Стандартиформ, 2017. 83 с.
29. ГОСТ Р ИСО 5725 – 2 – 2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 2. Основной метод определения повторяемости и воспроизводимости стандартного метода измерений. Введ. 2002 – 11 – 01. М.: Стандартиформ, 2009. 51 с.
30. ГОСТ 34100.3 – 2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. Введ. 2018 – 09 – 01. М.: Стандартиформ, 2017. 105 с.
31. ГОСТ 12.2.032 -78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.
32. Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997. – 20 с.
33. Свод правил: СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. М.: Минрегион России, 2011. – 74 с.
34. Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. М.: Минздрав России, 2003. – 39 с.
35. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 28 с.
36. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.
37. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.

38. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Официальный текст. - М. : Пропаганда : Омега-Л, 2002. - 176 с. : ил. - (Российская правовая библиотека).

39. В.С. Алексеев, И.В. Ткаченко, О.И. Жидкова. Безопасность жизнедеятельности. Сборник лекций. – М.: Эксмо, 2008. – 160 с.

40. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. М.: Минздрав России, 2003. – 56 с.

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

## Приложение А (обязательное)

### Раздел 1

Analysis of general requirements for verification of laboratory qualifications. ILAC  
and RosAccreditation Policy on Participation in the Qualification Testing Procedure

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Митряшкина Анастасия Валерьевна		

Консультант ОАР ИШИТР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		



## **1 Analysis of general requirements for verification of laboratory qualifications.**

### **1.1 The modern demand for testing qualification examination and measurement laboratories**

In the modern world, there is an increasing interest in the problem of the quality of products and services. This criterion depends on the competence of testing laboratories. In order to ensure the quality of the tests carried out, laboratories conduct proficiency tests among accredited testing, measuring, calibration and calibration laboratories.

In accordance with GOST ISO / IEC 17043 - 2013 “proficiency testing is the evaluation of the performance characteristics of a participant according to predetermined criteria through inter-laboratory proficiency comparisons”. The verification of laboratory qualifications is an important element in ensuring the quality of its work. In connection with the growing requirements for independent evidence of competence on the part of regulatory authorities and consumers, it becomes necessary to verify the qualifications of the laboratory. It is also important to participate in the proficiency testing for the laboratory itself, which receives an independent assessment of the quality of its analytical results. This allows the laboratory to monitor and improve their activities. The need for constant confidence in the quality of the laboratory is important not only for the laboratories and their customers, but, also, for other interested parties, for example, inspecting organizations, accreditation bodies of laboratories and other organizations that establish requirements for laboratories.

Currently, the international standard ISO / IEC 17043 [3] is the basic document in the field of proficiency testing. In accordance with this standard, the activities for the implementation of proficiency tests should be carried out by organizations called providers. A qualification verification provider is an organization that is responsible for all the tasks of developing and implementing a proficiency-testing program. Proficiency testing is planned and developed by the provider through the proficiency-testing program. Then, the program is implemented in one or several rounds in a

specific test area: measurement or control. The proficiency testing tour is a complete sequence of actions for distributing samples to proficiency testing, evaluating results and providing a report on the results of proficiency testing to participants. Figure 1 shows the process of conducting proficiency testing.

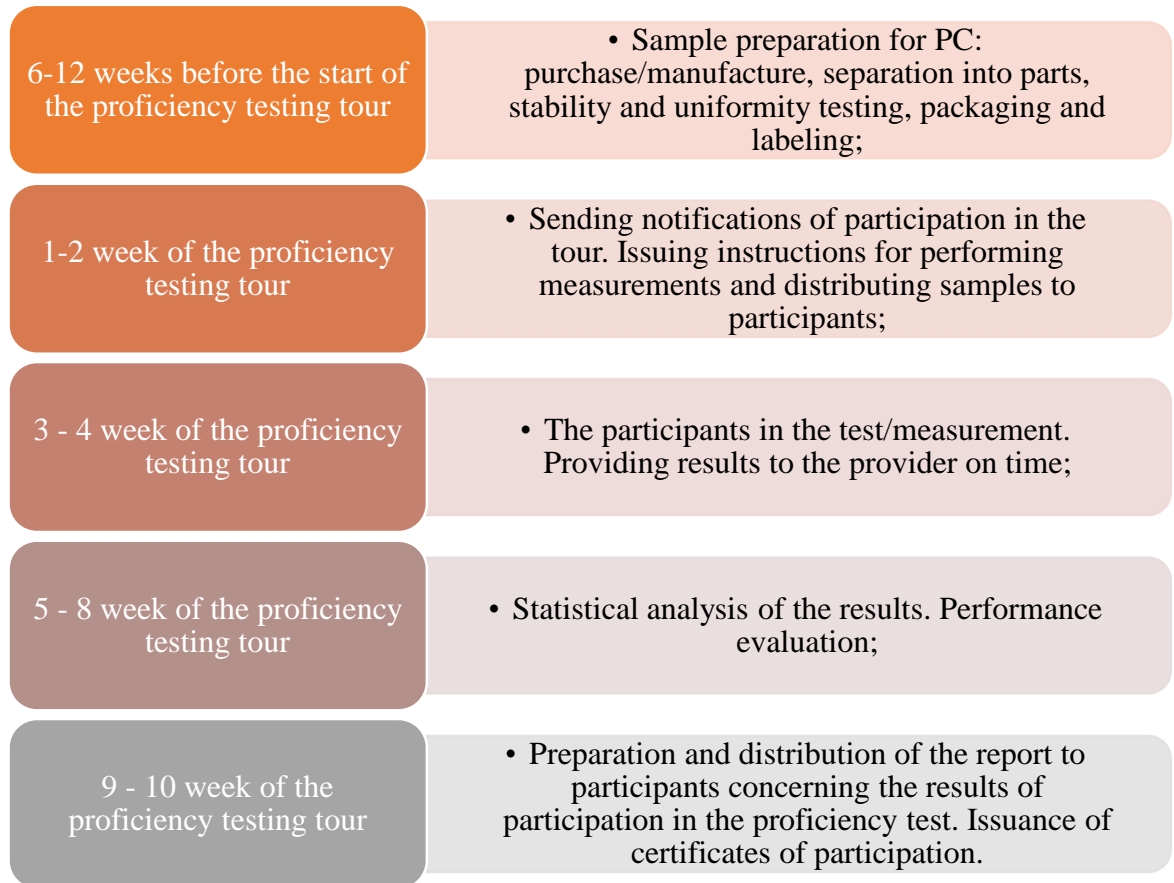


Figure 1 – The process of preparing for the proficiency testing tour and its implementation.

ISO/IEC 17043 [3] in its essence regulates only the activities of providers of qualification tests, requirements for the development and implementation of proficiency testing programs. The proficiency testing programs are distinguished by the following characteristics: the field of application, the nature of the samples for proficiency testing, the methods used and the number of participants. Many proficiency-testing programs are designed specifically to test the understanding of the complete chain of actions performed in a laboratory, and not just the processes directly related to performing tests/measurements.

The entire procedure for the implementation of proficiency testing can be divided into two stages:

1) conducting inter-laboratory proficiency checks, when the samples of the test material or the test object are distributed among the participants and the necessary tests/measurements are carried out and test/measurement protocols are completed;

2) conversion of the results of measurements of participants into the statistics of functioning and the subsequent evaluation of the characteristics of the functioning of participants.

The characteristic of functioning is a kind of complex parameter that characterizes the laboratory ability to perform a particular measurement/test and to obtain "high-quality" measurement results. The measurement result that the laboratory receives when performing a specific procedure (measurement procedure) must be presented in the protocols, these protocols can be considered as products that the laboratory produces. The quality of the measurement result can be considered acceptable if it meets the requirements for accuracy. However, the quality of the measurement result will depend not only on the used measuring equipment and skilled personnel, but, also, on the existence and successful operation of the laboratory management system. Therefore, assessing the quality of the measurement result provided by the laboratory as part of the proficiency testing tour, we can give some complex characteristics of the laboratory functioning, covering all aspects of its work.

The characteristics of functioning can be satisfactory, doubtful and unsatisfactory. However, it should be borne in mind that it is a point type, that is, it applies only to a specific type of test/measurement checked during a qualification round and is limited to the period of the qualification round. A laboratory obtaining a satisfactory performance in a separate proficiency testing tour does not mean that this assessment can be used to confirm that the laboratory receives reliable data under any other circumstances (when performing other types of tests/measurements and at a different time).

### **1.1.2 Benefits from participating in qualification tests**

Participation in proficiency tests allows identifying weaknesses in the functioning of the laboratory, and in case of successful implementation of preventive and corrective actions, this will make them stronger.

A sample that is subject to analysis in a proficiency testing program (the so-called qualification testing sample) comes to the laboratory in the same way as regular samples for daily laboratory practice. These samples are subject to storage and testing/measurement. All obtained results are recorded and sent to the provider in the same way as the client. Properly performed proficiency testing allow checking how the whole process functions, and where errors can occur. Therefore, as mentioned earlier, the assessment obtained by participating in the proficiency testing is complex for the entire functioning of the laboratory and should not be regarded as relating only to the measurement result.

In addition to obtaining a performance evaluation by a participant, the proficiency test allows comparing this assessment with those of other participants in the proficiency test. During this test, confidentiality rules are followed (without their specific identification), which is for most of the participants the most important and interesting feature of the proficiency test. The main goal of the laboratory in this test is not to take the first place, but to take a strong position in relation to other similar laboratories. The ability to make sure that the laboratory receives results comparable to the results of other participants in the proficiency testing has a motivating influence on the staff and management of the laboratory. Proficiency testing allows maintaining a sufficient level of self-esteem and confidence in the activities carried out by laboratory staff.

Laboratories participating in proficiency testing programs systematically receive samples whose characteristics will be known. Compared to certified standard samples, the price of such samples is relatively low, so they can be an excellent material for training laboratories to perform quality measurements. Samples left after the qualification round, in the case of a sufficient number, can become valuable standard

samples for the laboratory. At the end of the proficiency testing tour, each participant receives a report containing the results characterizing the sample — the assigned values of the characteristics of the sample. If the laboratory has a part of the sample remaining after the measurements within the framework of the proficiency testing tour and has information regarding the stability of the characteristics of this sample, then it can use this sample as a standard sample. Although the proficiency testing report is not a certificate, the information it contains may be useful for many applications.

Participation in proficiency testing can be useful for confirming the results of the validation/verification of a new measurement procedure when it is implemented in a laboratory. The main goal of the laboratory when introducing a new measurement technique is to provide objective evidence that the measurement results obtained in accordance with this methodology are reliable. The best way to carry out such evidence is to analyze certified reference materials, but in many cases, such samples are not available. Then an alternative solution is to participate in the appropriately selected proficiency-testing program. This participation allows confirming the satisfactory functioning of the laboratory in accordance with the new measurement methodology.

Based on the qualification verification data, estimates of measurement uncertainty can be calculated or validated [7]. This corresponds to the recommendations, repeatability and reproducibility indicators for individual measurement methods in accordance with ISO 5725 international standards [5]. The use of various measurement techniques, various equipment, and the involvement of different operators with the laboratory participation in proficiency testing makes it possible to compare the accuracy of a certain type of measurement/test upon listed factors.

Conducting qualification checks contributes to the improvement of technical regulations, standards, and documents that contain requirements for measurement methods. In addition, checks contribute to the elimination of ambiguities in the interpretation of the requirements and provisions presented in the documents, as well as their early implementation in practice.

The most important advantage provided by the proficiency testing is that the results obtained in the proficiency testing are a very important argument for clients of the laboratory and external control organizations, including accreditation bodies and state supervisory authorities. The presentation of the participation results of proficiency test to auditors or evaluators is the responsibility of a laboratory accredited to ISO/IEC 17025. In addition, the ability to provide such results to customers is a great way to prove the quality of their work, regardless of whether the laboratory is accredited or not.

All the above-mentioned benefits derived from participation in proficiency tests are felt in the best way only in the case of constant periodic participation and the participant performing work on errors. The emergence of trends in measurement results over a long period is a problem that may go unnoticed by laboratory staff. Systematic participation in proficiency tests allows the timely detection of trends in a series of laboratory measurement results that manifest themselves over time. Continuous systematic evaluation of performance through proficiency tests allows identifying areas for learning and improvement. It can also assist in the audit process. In the case of a laboratory where a management system operates and which has achieved satisfactory results in several rounds of proficiency testing of a specific program, it may be entitled to use these results to confirm that it is able to obtain consistently reliable data in a verified measurement/test area.

## **1.2 Inter-laboratory proficiency comparative tests are an important tool for confirming the competence of laboratories.**

In order to monitor the quality of tests or measurements performed by test, calibration and calibration laboratories, testing of laboratories by means of inter-laboratory proficiency comparisons is used. In practice the verification of laboratory qualifications through inter-laboratory comparisons is a reliable tool for assessing the competence of accredited laboratories in certain areas of testing and measurement.

Based on the definition contained in ISO/IEC 17043 [1], it can be concluded that inter-laboratory comparisons and proficiency testing are not the same things.

Inter–laboratory comparisons are only a method by which proficiency testing can be implemented.

In accordance with GOST ISO/IEC 17043 - 2013, the term “inter–laboratory comparisons” means an organization that performs and evaluates measurements or tests of the same parameter of several samples by two or more laboratories. All studies are conducted in accordance with pre-established conditions. The participation of laboratories in proficiency testing programs by means of ICS is one of the criteria for the competence of laboratories and confirming the accuracy of measurement results issued by laboratories.

ICS are used to:

- determine the performance of individual laboratories in relation to specific tests or measurements to monitor the current work of the laboratories;
- identify problems occurring in laboratories, and for taking corrective measures that may relate to the work of a particular group of specialists or the calibration of instrumentation;
- provide clients of the laboratory with additional confidence in its competence;
- establish values for reference materials and their subsequent evaluation of suitability for use in specific test or measurement techniques;
- evaluate the error characteristics of measuring instruments in cases where there are no standards created that could ensure their verification with the required accuracy.

### **1.2.1 Implementation of the Interlaboratory Comparison Studies**

The participants of interlaboratory comparisons are accredited laboratories and a provider. The laboratory plans to participate in interlaboratory comparative trials in order to cover each of the areas of measurement/testing during the accreditation cycle. The provider also performs the work of planning, organizing and conducting qualification tests in accordance with the requirements of GOST ISO/ IEC 17043-2013.

The IC procedure consists from organizing and assessing the size of a quantity characterizing a certain object by several different laboratories in accordance with pre-determined conditions. To implement the laboratory qualification verification program, the provider (organizer) sends out to the participant the comparisons of the standard characterized by the nominal value  $x_{nom}$  of the measured value. Participating laboratories send the provider measurement results in the form of  $x_i$  estimates of the nominal value and the corresponding standard uncertainties  $u(x_i)$ . The provider processes the results obtained sets of the reference value  $x_{ref}$  (an estimate of the measured value obtained from the results of all participants). Under the reference value is understood the assessment that best describes the nominal value of the measured value, obtained from the results of all participants in comparison. Then, the most consistent subset of the comparison results is formed, excluding unreliable lab results.

For inter-laboratory comparisons (IC), the reference value can be established by the reference laboratory, identified with the help of a group of expert laboratories, or determined as a value consistent with the data of all participants in the IC.



## Приложение Б

(справочное)

Испытательная лаборатория  
(ИЛ \_\_\_\_\_)

Адрес:  
Тел./факс:  
E-mail:

Аттестат аккредитации №, \_\_\_\_\_  
Выдан «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.  
Срок действия до «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

«Утверждаю»  
Руководитель лаборатории  
\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**ПРОТОКОЛ № 1 от 04.05.2019**  
испытаний при периодическом мониторинге качества ЭЭ в электрических сетях

ФБУ «Томский ЦСМ»  
(наименование организации)

(на 7 листах)

Настоящий протокол испытаний относится только к электрической энергии в пункте мониторинга, указанном в пункте 3 протокола, за период испытаний, определенный в пункте 4 протокола.

Полная или частичная перепечатка настоящего протокола испытаний без разрешения организации ФБУ «Томский ЦСМ» не допускается.

## 1 Заказчик испытаний

Наименование организации: ФБУ «Томский ЦСМ»

Юридический адрес: г. Томск, ул. Косарева 17а

## 2 Цель испытаний

Определение значений показателей качества электрической энергии и их сопоставимости с установленными требованиями КЭ в интервале времени мониторинга.

(медленные изменения напряжения п.4.2.2 ГОСТ 32144)

(суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения п.4.2.4 ГОСТ 32144)

(коэффициент гармонических составляющих напряжения п.4.2.4 ГОСТ 32144)

(коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности п.4.2.5 ГОСТ 32144)

(коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности п.4.2.5 ГОСТ 32144)

(отклонение частоты п.4.2.1 ГОСТ 32144)

(доза фликера п. 4.2.3 ГОСТ 32144)

(провалы и перенапряжения п.4.3.2 ГОСТ 32144)

## 3 Идентификационные данные пункта мониторинга

Место (обозначение) в схеме: 2

Адрес: 3

Центр питания: 4

## 4 Сроки проведения испытаний

с 03.05.2019 10:00:00

по 04.05.2019 10:00:00

## 5 Методика испытаний

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 32144 (п.п. 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5, 4.3.2) и ГОСТ 30804.4.30 (п.п. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.8, 5.7).

## 6 Условия проведения испытаний

№ п / п	Наименование	Результат измерений		Рабочие условия эксплуатации СИ	
		наименьшее	наибольшее	наименьшее	наибольшее
1	Температура окружающего воздуха, °С			-40	+55
2	Атмосферное давление, кПа			84	106,7
3	Относительная влажность, %			30	90
4	Напряжение питания, В			85	265
5	Частота напряжения питающей сети, Гц			45	55

## 7 Перечень средств измерений (СИ)

	Наименование СИ	Тип СИ	Заводской номер	Номер свидетельства о поверке, дата очередной поверки
1	Прибор для измерения показателей качества ЭЭ	Прорыв-КЭ-А	№ 1410338	
2	Прибор для измерения атмосферного давления, температуры и влажности			

3			
---	--	--	--

## 8 Границы допускаемой погрешности (СИ)

№ п / п	Наименование измеряемого показателя	Основная погрешность $\Delta_{\text{осн}}$	Температура окружающего воздуха, T, (°C)	Дополнительная температурная погрешность $\Delta_{\text{доп. T}}$
1	Медленные изменения напряжения	0,1		
2	Отклонение частоты	0,01		
3	Суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения	5		
4	Коэффициент гармонических составляющих напряжения	5		
5	Коэффициент несимметрии по обратной последовательности	0,15		
6	Коэффициент несимметрии по обратной последовательности	0,15		
7	Длительная доза фликера	5		
8	Кратковременная доза фликера	5		

Границы суммарной погрешности СИ в соответствии с паспортом:

$$\pm\Delta_{\text{сумм}} = \pm(\Delta_{\text{осн}} + \Delta_{\text{доп. T}})$$

## 9 Заключение

Измерения проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.30, класс А. Из результатов испытаний ЭЭ согласно пункту 2 протокола, за период времени, установленный в пункте 4 протокола, следует, что значения показателей качества электрической энергии в границах установленных требований:

- медленные изменения напряжения:  
отрицательное отклонение - **находится**  
положительное отклонение - **находится**
- суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения - **находится**
- коэффициент гармонических составляющих напряжения - **не находится**
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности - **находится**
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности - **находится**
- отклонение частоты - **находится**
- доза фликера  
длительная доза фликера - **находится**  
кратковременная доза фликера – **находится**

## 10 Приложения

10.1 Результаты измерений показателей качества ЭЭ.

10.2 Определение мощности нагрузки и коэффициента мощности вторичных цепей измерительного трансформатора.

10.3 Маркированные данные посуточно.

Инженер-испытатель:

Вторушин Ю.А.  
инициалы, фамилия

Техник-испытатель:

Митряшкина А.В.  
инициалы, фамилия

Приложение № 1.1 к протоколу испытаний № 1

Дата и время начала измерений: 03.05.2019 10:00:00

Дата и время окончания измерений: 04.05.2019 10:00:00

Таблица 1 - Результаты измерений отклонений напряжения

Суточный режим нагрузок			
Измеряемая характеристика	Результат измерений	Нормативное значение	T <sub>2</sub> , %
Напряжение фазное А (междуфазное АВ)			
$\delta U_{(-)}$ , %	0,00	10,00	0,00
$\delta U_{(+)}$ , %	6,60	10,00	0,00
Напряжение фазное В (междуфазное ВС)			
$\delta U_{(-)}$ , %	0,00	10,00	0,00
$\delta U_{(+)}$ , %	6,75	10,00	0,00
Напряжение фазное С (междуфазное СА)			
$\delta U_{(-)}$ , %	0,00	10,00	0,00
$\delta U_{(+)}$ , %	6,51	10,00	0,00
Неопределённость измерений			
Обозначение	Оценка	Допускаемое значение	
$U_{p\delta U}$ , %		±0.10	

Таблица 2 - Результаты измерений отклонений частоты

Измеряемая характеристика	Результат измерений	Нормативное значение	T <sub>1</sub> , %	T <sub>2</sub> , %
$\Delta f_{н(95\%)}$ , Гц	-0,03	-0,20	0,00	xx
$\Delta f_{в(95\%)}$ , Гц	0,02	0,20		xx
$\Delta f_{нм(100\%)}$ , Гц	-0,10	-0,40	xx	0,00
$\Delta f_{нб(100\%)}$ , Гц	0,04	0,40	xx	
Неопределённость измерений				
Обозначение	Оценка		Допускаемое значение	
$U_{p\Delta f}$ , Гц			±0.01	

Таблица 3 - Результаты измерений коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности

Измеряемая характеристика	Результат измерений	Нормативное значение	T <sub>1</sub> , %	T <sub>2</sub> , %
$K_{2U(95\%)}$ , %	0,42	2,00	0,00	xx
$K_{2U(100\%)}$ , %	0,55	4,00	xx	0,00
Неопределённость измерений				
Обозначение	Оценка		Допускаемое значение	
$U_{pK_{2U}}$ , %			±0.15	

Таблица 4 - Результаты измерений коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности

Измеряемая характеристика	Результат измерений	Нормативное значение	T <sub>1</sub> , %	T <sub>2</sub> , %
$K_{0U(95\%)}$ , %	0,74	2,00	0,00	xx
$K_{0U(100\%)}$ , %	0,97	4,00	xx	0,00
Неопределённость измерений				
Обозначение	Оценка		Допускаемое значение	
$U_{pK_{0U}}$ , %			±0.15	

Таблица 5 - Результаты измерений суммарных коэффициентов гармонических составляющих фазных (междуфазных) напряжений

Измеряемая характеристика	Фаза А (АВ)			Фаза В (ВС)			Фаза С (СА)			Нормативное значение
	Результат измерений	T <sub>1</sub> , %	T <sub>2</sub> , %	Результат измерений	T <sub>1</sub> , %	T <sub>2</sub> , %	Результат измерений	T <sub>1</sub> , %	T <sub>2</sub> , %	
K <sub>U(95%)</sub> , %	2,22	0,00	xx	2,06	0,00	xx	2,00	0,00	xx	8,00
K <sub>U(100%)</sub> , %	2,31	xx	0,00	2,18	xx	0,00	2,07	xx	0,00	12,00
Неопределённость измерений										
Обозначение			Оценка				Допускаемое значение			
U <sub>pKU</sub> , %							±0.05 (при K<1); ±5 (при K≥1)			

Таблица 6 - Результаты измерений коэффициентов гармонических составляющих фазных (междуфазных) напряжений порядка n

n	Результат измерений, %												Нормативное значение	
	Фаза А (АВ)				Фаза В (ВС)				Фаза С (СА)				K <sub>U(n)(95%)</sub>	K <sub>U(n)(100%)</sub>
	K <sub>U(n)(95%)</sub>	K <sub>U(n)(100%)</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	K <sub>U(n)(95%)</sub>	K <sub>U(n)(100%)</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	K <sub>U(n)(95%)</sub>	K <sub>U(n)(100%)</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>		
2	0,06	0,06	0,00	0,00	0,06	0,09	0,00	0,00	0,06	0,07	0,00	0,00	2,00	3,00
3	0,85	1,00	0,00	0,00	1,04	1,13	0,00	0,00	0,86	0,91	0,00	0,00	5,00	7,50
4	0,04	0,05	0,00	0,00	0,06	0,07	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	1,00	1,50
5	1,28	1,35	0,00	0,00	1,14	1,21	0,00	0,00	1,10	1,17	0,00	0,00	6,00	9,00
6	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,50	0,75
7	0,71	0,79	0,00	0,00	0,59	0,65	0,00	0,00	0,58	0,61	0,00	0,00	5,00	7,50
8	0,04	0,05	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,50	0,75
9	1,19	1,25	0,00	0,00	0,98	1,00	0,00	0,00	0,98	1,00	0,00	0,00	1,50	2,25
10	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,50	0,75
11	0,51	0,54	0,00	0,00	0,37	0,46	0,00	0,00	0,50	0,54	0,00	0,00	3,50	5,25
12	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
13	0,48	0,50	0,00	0,00	0,50	0,54	0,00	0,00	0,47	0,49	0,00	0,00	3,00	4,50
14	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
15	<b>0,48</b>	<b>0,50</b>	<b>42,11</b>	<b>15,04</b>	<b>0,34</b>	0,38	<b>21,05</b>	0,00	0,24	0,25	0,00	0,00	0,30	0,45
16	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
17	0,34	0,36	0,00	0,00	0,35	0,38	0,00	0,00	0,47	0,50	0,00	0,00	2,00	3,00
18	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
19	0,24	0,28	0,00	0,00	0,36	0,39	0,00	0,00	0,38	0,39	0,00	0,00	1,50	2,25
20	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,20	0,30
21	<b>0,20</b>	0,21	<b>6,77</b>	0,00	<b>0,23</b>	0,24	<b>24,81</b>	0,00	<b>0,24</b>	0,26	<b>28,57</b>	0,00	0,20	0,30
22	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
23	0,17	0,19	0,00	0,00	0,15	0,17	0,00	0,00	0,23	0,29	0,00	0,00	1,50	2,25
24	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,20	0,30
25	0,10	0,11	0,00	0,00	0,15	0,19	0,00	0,00	0,13	0,15	0,00	0,00	1,50	2,25
26	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,05	0,00	0,00	0,20	0,30
27	0,10	0,11	0,00	0,00	0,07	0,08	0,00	0,00	0,11	0,13	0,00	0,00	0,20	0,30
28	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
29	0,09	0,11	0,00	0,00	0,08	0,10	0,00	0,00	0,11	0,13	0,00	0,00	1,50	2,25
30	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
31	0,06	0,06	0,00	0,00	0,08	0,11	0,00	0,00	0,06	0,07	0,00	0,00	1,50	2,25
32	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
33	0,08	0,09	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00	0,00	0,07	0,08	0,00	0,00	0,20	0,30
34	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
35	0,07	0,08	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	1,50	2,25
36	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
37	0,05	0,06	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	1,50	2,25
38	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
39	0,05	0,05	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,20	0,30
40	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,20	0,30
Неопределённость измерений														
Обозначение			Оценка				Допускаемое значение							
U <sub>pKU(n)</sub> , %							±0.05(при K<1); ±5(при K≥1)							

Таблица 7 - Результаты измерений коэффициентов интергармонических составляющих фазных (междуфазных) напряжений порядка n

n	Результат измерений, %		
	Фаза А (АВ)	Фаза В (ВС)	Фаза С (СА)
	K <sub>Uisg(n)</sub>	K <sub>Uisg(n)</sub>	K <sub>Uisg(n)</sub>
1	0,00	0,01	0,01
2	0,01	0,01	0,01
3	0,01	0,01	0,01

4	0,01	0,01	0,01
5	0,01	0,01	0,01
6	0,01	0,01	0,01
7	0,01	0,02	0,01
8	0,01	0,01	0,01
9	0,01	0,01	0,01
10	0,01	0,01	0,01
11	0,01	0,01	0,01
12	0,01	0,01	0,01
13	0,01	0,01	0,01
14	0,01	0,01	0,01
15	0,01	0,01	0,01
16	0,01	0,01	0,01
17	0,01	0,01	0,01
18	0,01	0,01	0,01
19	0,01	0,01	0,01
20	0,01	0,01	0,01
21	0,01	0,01	0,01
22	0,01	0,01	0,01
23	0,01	0,01	0,01
24	0,01	0,01	0,01
25	0,01	0,01	0,01
26	0,01	0,01	0,01
27	0,01	0,01	0,01
28	0,01	0,01	0,01
29	0,01	0,01	0,01
30	0,01	0,01	0,01
31	0,01	0,01	0,01
32	0,01	0,01	0,01
33	0,01	0,01	0,01
34	0,01	0,01	0,01
35	0,01	0,01	0,01
36	0,01	0,01	0,02
37	0,01	0,01	0,01
38	0,01	0,01	0,01
39	0,01	0,01	0,01

Таблица 8 - Результаты измерений кратковременной дозы фликера

Измеряемая характеристика	Фаза А (АВ)	Фаза В (ВС)	Фаза С (СА)	Нормативное значение
$P_{st}$ , о.е.	0,09	0,60	0,09	1,38
Неопределённость измерений				
Обозначение	Оценка		Допускаемое значение	
$U_{PPst}$				

Таблица 9 - Результаты измерений длительной дозы фликера

Измеряемая характеристика	Фаза А (АВ)	Фаза В (ВС)	Фаза С (СА)	Нормативное значение
$P_{lt}$ , о.е.	0,02	0,09	0,02	1,00
Неопределённость измерений				
Обозначение	Оценка		Допускаемое значение	
$U_{PPlt}$				

Таблица 10 - Результаты измерений числа перенапряжений по максимальному напряжению и длительности

Значение перенапряжения $u$ , % опорного напряжения	Длительность перенапряжения $\Delta t_{пер}$ , с					
	$0,01 < \Delta t_{пер} \leq 0,2$	$0,2 < \Delta t_{пер} \leq 0,5$	$0,5 < \Delta t_{пер} \leq 1$	$1 < \Delta t_{пер} \leq 5$	$5 < \Delta t_{пер} \leq 20$	$20 < \Delta t_{пер} \leq 60$
$110 < u \leq 120$	14	0	0	0	0	0
$120 < u \leq 140$	0	0	0	0	0	0
$140 < u \leq 160$	0	0	0	0	0	0
$160 < u \leq 180$	0	0	0	0	0	0
Неопределённость измерений						
Обозначение	Оценка			Допускаемое значение		
$U_{р\Delta U_{пер}}$ , %						

Таблица 11 - Результаты измерений числа провалов по остаточному напряжению и длительности

Остаточное напряжения $u$ , % опорного напряжения	Длительность провала $\Delta t_{п}$ , с					
	$0,01 \leq \Delta t_{п} \leq 0,2$	$0,2 < \Delta t_{п} \leq 0,5$	$0,5 < \Delta t_{п} \leq 1$	$1 < \Delta t_{п} \leq 5$	$5 < \Delta t_{п} \leq 20$	$20 < \Delta t_{п} \leq 60$
$90 > u \geq 85$	0	0	0	0	0	0
$85 > u \geq 70$	0	0	0	0	0	0
$70 > u \geq 40$	0	0	0	0	0	0
$40 > u \geq 10$	0	0	0	0	0	0
$10 > u \geq 0$	0	0	0	0	0	0
Неопределённость измерений						
Обозначение	Оценка			Допускаемое значение		
$U_{р\Delta U_{п}}$ , %						

Приложение № 3 к протоколу испытаний № 1

от " 4 " мая 2019 г.

Маркированные данные посуточно

Период проведения измерений

№ п/п	Интервал времени измерений		Число маркированных данных, %			Допускаемое значение, %
	Начало	Окончание	Напряжение А (АВ)	Напряжение В (ВС)	Напряжение С (СА)	
1	30.05.2019 10:00:00	31.05.2019 10:00:00	0,00	6,25	0,00	5,00

**Приложение В**  
**(справочное)**

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

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**МЕТОДИКА КАЛИБРОВКИ**

**Имитатор трехфазной сети/калибратор трехфазного напряжения**  
**«ТРИФОН»**

МК

Разработчик:  
Инженер ОРМ: Митряшкина А.В.

Количество страниц: 6

г. Томск  
2019 г.



Настоящая методика калибровки предназначена для проведения калибровки имитатора трехфазной сети/калибратора трехфазного напряжения «ТРИФОН» (далее - прибор).

Рекомендуемый интервал между калибровками – 1 год.

## **1 Нормативные ссылки**

СТО 03-32-2014 Калибровка средств измерений. Порядок проведения работ при планировании, приеме, калибровке и выдаче средств измерений

## **2 Технические требования**

### **2.1 Требования к определяемым метрологическим характеристикам**

В процессе калибровки устанавливают действительные значения и абсолютные погрешности измерений:

- частоты, Гц;
- напряжения, В;
- суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения, %;
- коэффициента гармонической составляющей напряжения, %;

### **2.2 Требования к средствам калибровки (включая прослеживаемость)**

Эталоны и средства измерений, применяемые для калибровки прибора, должны иметь действующие свидетельства об аттестации (для эталонов) и свидетельства о поверке (для средств измерений) и быть прослеживаемы к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при отсутствии соответствующих государственных первичных эталонов единиц величин – к национальным первичным эталонам единиц величин иностранных государств.

Характеристики эталона, который может быть использован для проведения калибровки прибора, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Диапазон значений и погрешности прибора электроизмерительного эталонного многофункционального Энергомонитор – 3.1 К 02

Измеряемые величины	Диапазоны измерений	Пределы и вид допускаемой основной погрешности измерений	Примечание
Действующее (среднеквадратическое) значение переменного напряжения (U), В	от 0,01 U <sub>н</sub> до 1,2 U <sub>н</sub>	Относительная $\pm[0,01+0,005  (U_n/U) - 1 ]$	
Коэффициент n-ой гармонической составляющей, n от 2 до 40, напряжения (K <sub>U</sub> (n)) и тока (K <sub>I</sub> (n)), %	0...49,9	абсолютная $\pm 0,01\%$ относительная $\pm 1\%$	0,2 I <sub>н</sub> ≤ I ≤ 1,2 I <sub>н</sub> 0,2 U <sub>н</sub> ≤ U ≤ 1,1 U <sub>н</sub> K <sub>U</sub> < 1,0 (K <sub>I</sub> < 1.0)  K <sub>U</sub> ≥ 1,0 (K <sub>I</sub> ≥ 1,0)
Частота (f), Гц	от 40 до 70	абсолютная $\pm 0,003$ Гц	0,2 I <sub>н</sub> ≤ I ≤ 1,2 I <sub>н</sub> 0,2 U <sub>н</sub> ≤ U ≤ 1,1 U <sub>н</sub>
Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (K <sub>U</sub> ) и тока (K <sub>I</sub> ), %	0...49,9	абсолютная $\pm 0,01\%$ относительная $\pm 1\%$	0,2 I <sub>н</sub> ≤ I ≤ 1,2 I <sub>н</sub> 0,2 U <sub>н</sub> ≤ U ≤ 1,1 U <sub>н</sub> K <sub>U</sub> < 1,0 (K <sub>I</sub> < 1.0)  K <sub>U</sub> ≥ 1,0 (K <sub>I</sub> ≥ 1.0)

### 3 Условия проведения калибровки

3.1 Калибровка должна проводиться в условиях:

- температура окружающего воздуха, °С от +5 до +40°С;
- относительная влажность окружающего воздуха, % от 30 до 80%;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7 кПа
- напряжение питающей сети, В 220 В
- частота сети, Гц 50 Гц

### 4 Требования к квалификации персонала

К проведению калибровки допускаются лица, изучившие эксплуатационную документацию на используемые средства калибровки и прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

### 5 Требования безопасности

5.1 При проведении калибровки необходимо соблюдать требования безопасности, установленные в эксплуатационной документации на средства калибровки, и требования по обеспечению безопасности труда, действующие в организации, проводящей калибровку.

5.2 Перед калибровкой средства измерений, которые подлежат

заземлению, должны быть надежно заземлены. Подсоединение зажимов защитного заземления к контуру заземления должно производиться ранее других соединений, а отсоединение — после всех отсоединений.

## **6 Подготовка к калибровке**

Проводится проверка комплектности и внешнего вида прибора.

При внешнем осмотре проверяют соответствие прибора следующим требованиям:

- внешний вид, маркировка, комплектность, состояние покрытия корпуса и других элементов калибруемого средства измерений (прибор «ТРИФОН») должно соответствовать руководству по качеству (РЭ) на него;
- корпус прибора должен быть чистым, без глубоких вмятин и подвижных частей;
- сетевой кабель должен располагаться в укладке.

Если транспортирование или хранение прибора проводилось в условиях, отличных от рабочих, необходимо выдержать прибор в рабочих условиях не менее двух часов.

Прибор, не удовлетворяющий предъявляемым требованиям, бракуется и дальнейшая калибровка не производится.

## **7 Проведение калибровки**

7.1 Прибор «ТРИФОН» распаковывают и изучают руководство по эксплуатации (РЭ). Подготавливают прибор к работе согласно разделу 6 РЭ и подключают эталон Энергомонитор – 3.1 К 02 к калибруемому прибору.

7.2 Клавишным выключателем «СЕТЬ» включают прибор и запускают программу «ТРИФОН» на компьютере с установленным модулем «Блютуз». При запуске программы связь с прибором по радиointерфейсу будет установлена автоматически.

7.3 После нахождения радиомодуля программа открывает стартовое окно. На вкладке «Управление» задают значения напряжения для каждой фазы (А, В, С) в пределах диапазона от 40 до 300 В.

7.4 Запускают измерение напряжения нажатием кнопки «Включить» на лицевой панели программы «ТРИФОН».

7.5 Заданные значения напряжения сравнивают со значениями напряжения измеряемыми эталоном. Полученные результаты измерений напряжения заносят в таблицу по форме таблицы 3.

7.6 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений напряжения по формуле (1) и заносят в таблицу по форме таблицы 3:

$$\Delta U = U_{\text{зад}} - U_{\text{изм}} \quad (1)$$

где  $U_{\text{изм}}$  – измеренное значение напряжения;

$U_{\text{зад}}$  – установленное значение напряжения.

7.7 Задают значение частоты устанавливая во вкладке «Управление» каждое фазное напряжение равное 220 В и значение частоты из диапазона от 45 – 60 Гц. Запускают измерение частоты нажатием кнопки «Включить» на лицевой панели программы «ТРИФОН».

7.8 Заданные значения частоты сравнивают со значениями частоты измеряемыми эталоном. Полученные результаты измерений частоты заносят в таблицу по форме таблицы 3.

7.9 Рассчитывают абсолютную погрешность измерений частоты по формуле (2) и заносят в таблицу по форме таблицы 3:

$$\Delta f = f_{\text{зад}} - f_{\text{изм}} \quad (2)$$

где  $f_{\text{изм}}$  – измеренное значение частоты;

$f_{\text{зад}}$  – установленное значение частоты.

7.10 Определяют коэффициент гармонической составляющей напряжения во вкладке «Управление» в выпадающем списке «Форма» выбирают фазовый сдвиг и устанавливают номер гармоники от 2 до 40. Полученные результаты измерений коэффициента гармонической составляющей напряжения заносят в таблицу по форме таблицы 3.

7.11 Запускают измерение коэффициента гармонической составляющей нажатием кнопки «Включить» на лицевой панели программы «ТРИФОН».

7.12 Абсолютную погрешность определяют по формуле (3) и заносят в таблицу по форме таблицы 3:

$$\Delta K_{U(n)} = K_{U(n)_{\text{зад}}} - K_{U(n)_{\text{изм}}} \quad (3)$$

где  $K_{U(n)_{\text{изм}}}$  – измеренное значение частоты;

$K_{U(n)_{\text{зад}}}$  – установленное значение частоты.

7.13 Определяют значения суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения во вкладке «Управление» в выпадающем списке «Форма». Полученные результаты измерений суммарного коэффициента гармонических составляющих заносят в таблицу по форме таблицы 3.

7.14 Запускают измерение значений суммарного коэффициента гармонической составляющей нажатием кнопки «Включить» на лицевой панели программы «ТРИФОН».

7.15 Абсолютную погрешность определяют по формуле (4) и заносят в таблицу по форме таблицы 3:

$$\Delta K_U = K_{U_{\text{зад}}} - K_{U_{\text{изм}}} \quad (4)$$

где  $K_{U_{\text{изм}}}$  – полученное значение частоты;

$K_{U_{\text{зад}}}$  – установленное значение частоты.

## 8 Оценка неопределенности измерений при калибровке

8.1 Стандартную неопределенность по типу В, обусловленную погрешностью эталона, рассчитывают по формуле:

$$u_{B(\Delta_3)} = \frac{\Delta_3}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

$\Delta_3$  – абсолютная погрешность эталона.

8.2 Стандартную неопределенность по типу В, обусловленную дискретностью эталона, рассчитывают по формуле:

$$u_{B(d_3)} = \frac{d_3}{2\sqrt{3}} \quad (6)$$

$d_3$  – дискретность эталона.

8.3 Стандартную неопределенность по типу В, обусловленную дискретностью прибора «ТРИФОН», рассчитывают по формуле:

$$u_{B(d_{TP})} = \frac{d_{TP}}{2\sqrt{3}} \quad (7)$$

$d_{TP}$  – дискретность прибора «ТРИФОН».

8.4 Суммарную стандартную неопределенность измерений рассчитывают по формуле:

$$u_c = \sqrt{u_{B(\varepsilon)}^2 + u_{B(d_\varepsilon)}^2 + u_{B(d_{TP})}^2} \quad (8)$$

8.5 Расширенную неопределенность измерений  $U$  рассчитывают по формуле:

$$U = k \cdot u_c \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент охвата,  $k = 2$  и соответствует коэффициенту охвата для нормального закона и доверительной вероятности  $P = 0,95$

## 9 Оформление результатов калибровки

9.1 Результаты измерений вносят в таблицу по форме таблицы 3.

Таблица 3

Значения заданные на «ТРИФОН»	Значения измеренные Энергомонитором	Отклонение $\Delta$	Расширенная неопределенность $U$

9.2 Результаты калибровки прибора оформляются протоколом и сертификатом о калибровке. Формы протокола калибровки СИ и сертификата о калибровке приведены в СТО 03-32.

## Приложение Г (справочное)

### Протокол калибровки

№ \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Средство измерений (СИ) Имитатор трехфазной сети/калибратор трехфазного напряжения «ТРИФОН»

заводской номер (номера) 1

принадлежащее ФБУ «Томский ЦСМ»

наименование юридического (физического) лица

откалибровано в соответствии с МК «Имитатор трехфазной сети/калибратор трехфазного напряжения «ТРИФОН» Методика калибровки»

наименование и номер документа на методику калибровки

с применением эталонов: прибор электроизмерительный эталонный многофункциональный «Энергомонитор – 3.1К» Исполнение ЭМЗ.1 02, 2-го разряда, № 0476, 3.1.ZBЭ.0476.2013

наименование, заводской номер, разряд, класс или погрешность

и средств измерений: имитатор трехфазной сети/калибратор трехфазного напряжения «ТРИФОН»

наименование, заводской номер, разряд, класс или погрешность

при следующих значениях влияющих факторов: температура окружающего воздуха 23 °С;

приводят перечень влияющих факторов,

относительная влажность окружающего воздуха 66 %

нормированных в документе на методику калибровки, с указанием их значений

#### Результаты операций калибровки:

1 Внешний осмотр соответствует п. 6 МК

2 Определение действительных значений метрологических характеристик

Результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик для напряжения приведены в таблице 1

Таблица 1

Значения заданные на «ТРИФОН» $U_{зад}, В$	Значения измеренные Энергомонитором, $U_{изм}, В$			Отклонение $\Delta U, В$			Расширенная неопределенность $U, В$		
	А	В	С	А	В	С	А	В	С
231	230,996	231,001	230,998	0,004	-0,001	0,002	0,064	0,064	0,064
242	241,998	242,002	241,999	0,002	-0,002	0,001	0,064	0,064	0,064
221	220,996	220,985	220,997	0,004	0,015	0,003	0,063	0,063	0,063
209	208,997	208,987	208,998	0,003	0,013	0,002	0,063	0,063	0,063
192	191,997	191,987	192,000	0,003	0,013	0	0,063	0,063	0,063
220	219,997	219,984	219,999	0,003	0,016	0,001	0,063	0,063	0,063
50	49,999	49,999	49,999	0,001	0,001	0,001	0,060	0,060	0,060
250	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
220	220,001	219,998	220,000	-0,001	0,002	0	0,063	0,063	0,063

Результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик для частоты приведены в таблице 2

Таблица 2

Значения заданные на «ТРИФОН» $f_{\text{зад}}$ , Гц	Значения измеренные Энергомонитором, $f_{\text{изм}}$ , Гц	Отклонение, $\Delta f$ , Гц	Расширенная неопределенность $U$ , Гц
50,000	50,000	0,000	0,007
50,500	50,502	0,002	0,007
52,000	51,997	-0,003	0,007
48,000	48,002	0,002	0,007
49,500	49,508	0,008	0,007
55,000	55,006	0,006	0,007
45,000	44,993	-0,007	0,007
50,000	49,992	-0,007	0,007
50,500	50,498	-0,001	0,007
49,500	49,500	0,000	0,007
52,000	51,998	-0,002	0,007
48,000	47,996	-0,004	0,007
50,000	50,000	0,000	0,007
51,000	50,997	-0,003	0,007
49,000	49,003	0,003	0,007
49,500	49,506	0,006	0,007

Результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик для коэффициента гармонической составляющей напряжения приведены в таблице 3

Таблица 3

Значения заданные на «ТРИФОН» $K_{U(n)\text{зад}}$ , %			Значения измеренные Энергомонитором, $K_{U(n)\text{изм}}$ , %			Отклонение $\Delta K_{U(n)}$ , %			Расширенная неопределенность $U$ , %		
№ гарм.	Фазовый сдвиг, град	Уровень, %	A	B	C	A	B	C	A	B	C
2	0	2,00	1,988	1,990	1,910	-0,012	-0,010	-0,090	0,013	0,013	0,013
	90		1,910	2,000	1,920	-0,090	0,000	-0,080	0,013	0,013	0,013
3	0	5,00	4,930	4,910	4,920	-0,070	-0,090	-0,080	0,013	0,013	0,013
	90		4,910	4,900	4,990	-0,090	-0,100	-0,010	0,013	0,013	0,013
4	0	1,00	0,910	0,910	0,910	-0,090	-0,090	-0,090	0,013	0,013	0,013
	90		0,920	0,910	0,920	-0,080	-0,090	-0,080	0,013	0,013	0,013
5	0	6,00	5,980	5,980	5,990	-0,020	-0,020	-0,010	0,013	0,013	0,013
	90		5,910	5,990	5,980	-0,090	-0,010	-0,020	0,013	0,013	0,013
7	0	5,00	4,910	4,989	4,910	-0,090	-0,011	-0,090	0,013	0,013	0,013
	90		4,910	4,976	4,910	-0,090	-0,024	-0,090	0,013	0,013	0,013
9	0	1,500	1,450	1,460	1,540	-0,050	-0,040	-0,050	0,013	0,013	0,013
	90		1,460	1,450	1,450	-0,040	-0,050	-0,050	0,013	0,013	0,013
11	0	3,500	3,490	3,480	3,480	-0,010	-0,020	-0,020	0,013	0,013	0,013
	90		3,480	3,480	3,480	-0,020	-0,020	-0,020	0,013	0,013	0,013
15	0	0,300	0,290	0,290	0,290	-0,010	-0,010	-0,010	0,013	0,013	0,013



	90		0,280	0,280	0,280	-0,020	-0,020	-0,020	0,013	0,013	0,013
--	----	--	-------	-------	-------	--------	--------	--------	-------	-------	-------

Результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик для суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения приведены в таблице 4

Таблица 4

Значения заданные на «ТРИФОН» $K_{U_{зад}}$ , %		Значения измеренные Энергомонитором, $K_{U_{изм}}$ %			Отклонение, $\Delta K_U$ %			Расширенная неопределенность $U$ , %		
Наименование формы	$K_{U_{зад}}$ , %	A	B	C	A	B	C	0,06	0,06	0,06
Синус, ограниченный, 10%	4,22	4,12	4,17	4,10	-0,11	-0,05	-0,12	0,06	0,06	0,06
Синус, ограниченный, 20%	8,98	8,96	8,97	9,00	-0,02	-0,01	0,01	0,06	0,06	0,06
Треугольник 1	9,44	9,31	9,38	9,29	-0,13	-0,06	-0,15	0,06	0,06	0,06
Треугольник 2	10,25	10,11	10,19	10,09	-0,15	-0,06	-0,16	0,06	0,06	0,06
6-пульсный выпрямитель	11,58	11,38	11,36	11,38	-0,20	-0,22	-0,20	0,06	0,06	0,06
12-пульсный выпрямитель	10,61	10,52	10,55	10,47	-0,09	-0,06	-0,14	0,06	0,06	0,06

Начальник ОЭМСИ

Исполнитель

\_\_\_\_\_

подпись

\_\_\_\_\_

подпись

С.А. Спасенко

инициалы, фамилия

А.В. Митряшкина

инициалы, фамилия