

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

Тема работы
Проблема обеспечения метрологической прослеживаемости измерений электрических величин

УДК 004.42:006.91-047.26:621.3.015.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Ершов Иван Анатольевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

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

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

Министерство 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	Ершову Ивану Анатольевичу

Тема работы:

Проблема обеспечения метрологической прослеживаемости измерений электрических величин	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1097/с от 12.02.2019г.

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом данного исследования является программно-аппаратный комплекс для калибровки удалённым доступом вольтметров. Выполняется данная работа путём создания программы для PXI в среде разработки LabVIEW.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Аналитический обзор литературы; 2 Обзор законодательства; 3 Построение алгоритма работы программы; 4 Программирование в среде разработки LabVIEW; 5 Программирование контроллера; 6 Социальная ответственность; 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 8 Раздел, выполненный на английском языке</p>
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация PowerPoint</p>
--	-------------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	В. С. Николаенко
Социальная ответственность	Н. А. Атепаева
Раздел, выполненный на английском языке	А.В. Диденко

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
Введение, Использование информационных систем, Калибровка с удалённым доступом

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.01.19
--	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Ершов Иван Анатольевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Ершову Ивану Анатольевичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	– заработная плата исполнителей; – материальные затраты; – накладные расходы.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Коэффициенты для расчёта заработной платы.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	– отчисления во внебюджетные фонды; – дополнительная заработная плата.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	–SWOT-анализ; – оценка коммерческого потенциала проекта.
2. <i>Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования</i>	–оценка последовательности действий; – формирование плана работ; – определение трудоемкости выполнения работ.
3. <i>Разработка графика проведения научного исследования</i>	– оценка длительности проведения работ; – расчет временных показателей; – построение диаграммы Ганта.
4. <i>Расчет бюджета научно-технического исследования</i>	– расчет материальных затрат; – расчет основной заработной платы; – расчет дополнительной заработной платы; – отчисления во внебюджетные фонды; – накладные расходы; – формирование бюджета.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Матрица SWOT;</i> 2. <i>Календарный план-график НИР;</i> 3. <i>Диаграмма Ганта.</i> 4. <i>Бюджет НИР;</i>
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.03.19
---	----------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Ершов Иван Анатольевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Ершову Ивану Анатольевичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

Проблема обеспечения метрологической прослеживаемости измерений электрических величин

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рассматривается возможность совершенствования системы метрологической прослеживаемости средств измерений путём разработки программно-аппаратного комплекса для калибровки с удалённым доступом. Рабочей зоной данной работы является учебный кабинет 208А 10 корпуса ТПУ. Область применения – услуги по калибровке вольтметров.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) ГОСТ 12.2.032-78
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Превышение уровня шума; 3. Отсутствие или недостаток естественного света; 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 5. Наличие электромагнитных полей; 6. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
3. Экологическая безопасность:	Наличие в ПЭВМ опасных для окружающей среды веществ, такие как производные газов и тяжелые металлы.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Пожар.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Ершов Иван Анатольевич		

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:	03.06.19
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.03.2019	Аналитический обзор литературы	15
15.03.2019	Обзор законодательства	15
14.04.2019	Построение алгоритма работы программы	20
26.04.2019	Программирование в среде разработки LabVIEW	30
15.05.2019	Программирование контроллера	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа 84 страницы, 12 рисунков, 16 таблиц, 25 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: калибровка с удалённым доступом, программно-аппаратный комплекс, калибровка, метрология, средство измерений, электрические величины, LabVIEW, измерение.

Объект исследования работы – программно-аппаратный комплекс для калибровки вольтметров с удалённым доступом.

Целью данной работы является разработка программно-аппаратного комплекса для калибровки с удалённым доступом вольтметров.

В процессе исследования была изучена законодательная база калибровки вольтметров. Также была разработана программа в среде LabVIEW. Данная программа была использована для программирования PXI.

В результате был разработан программно-аппаратный комплекс калибровки с удалённым доступом вольтметров.

Результаты данной работы могут применяться для оказания услуг по калибровке.

Разработка способствует развитию новых технологий обеспечения единства измерений, которые позволят значительно сократить расходы на передачу единицы физической величины.

Содержание

	С.
Введение	12
1 Интернет вещей	14
1.1 Общие сведения	14
1.2 Использование информационных систем	15
2 Неопределённость измерений	19
2.1 Общие сведения	19
2.2 Сравнение с погрешностью	20
2.3 Расчёт неопределённости	21
2.4 Рекомендации	25
3 Калибровка с удалённым доступом	28
3.1 Общие сведения	28
3.2 Пример реализации	29
3.3 Программно-аппаратный комплекс	31
3.4 Программная часть	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	41
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	41
4.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования	42
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	42
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	43
4.3 Разработка графика проведения научного исследования	44
4.4 Расчет бюджета научно-технического исследования	47
4.4.1 Расчет материальных затрат	47

4.4.2	Расчет основной заработной платы	48
4.4.3	Расчет дополнительной заработной платы	50
4.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды	50
4.4.5	Накладные расходы	51
4.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы	51
5	Социальная ответственность	53
	Введение	53
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	53
5.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	53
5.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	54
5.2	Производственная безопасность	56
5.2.1	Анализ вредных и опасных факторов	56
5.2.2	Отклонение показателей микроклимата	57
5.2.3	Превышение уровня шума	59
5.2.4	Недостаточная освещенность рабочей зоны и отсутствие или недостаток естественного света	60
5.2.5	Уровень электромагнитных полей	62
5.2.6	Повышенное значение напряжения в электрической цепи	63
5.3	Экологическая безопасность	63
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
	Заключение	67
	Список публикаций студента	69
	Список литературы	72
	Приложение А. Разделы на иностранном языке	74

Введение

Обеспечение единства измерений является ключевым фактором развития науки и техники. Связано это с повсеместным использованием различных средств измерений практически во всех сферах деятельности. Однако данная система длительное время не претерпевала серьезных изменений, что привело к моральному и техническому устареванию. Как правило, все нововведения были связаны с совершенствованием эталонов первичных эталонов. Одним из таких примеров является решение заседания 26-й Генеральной конференции по мерам и весам об отказе от материального эталона килограмма в пользу его определения через постоянную Планка [1]. Однако стоит понимать, что на рядового владельца средства измерений, как потребителя услуги поверки или калибровки, данные решения никак не влияют. Как и любого потребителя владельца средства измерений интересуют в первую очередь качество и скорость оказания услуг. И если с качеством метрологических услуг всё в порядке, то скорость оказания услуг оставляет желать лучшего. Это серьезная проблема для потребителя, поскольку он лишается средства измерений, когда сдаёт его на поверку или калибровку. Зачастую, это приводит к значительным потерям из-за отсутствия регулярно используемых на рабочем месте средств измерений.

Основываясь на этом можно сделать вывод о том, что функционирующая на текущий момент система является недостаточно эффективной. Решением данной проблемы может стать переход к новым техническим решениям и использованию информационных систем. Одним из таких решений является использование программируемых средств измерений, которые открывают новые возможности для передачи единицы физической величины. Одной из таких возможностей является калибровка с удалённым доступом как часть концепции Интернет вещей. Данная концепция подразумевает калибровку и поверку средств измерений с удалённым доступом по сети высокоскоростного интернета. Ранее

использование данной технологии было невозможно из-за недостаточной технологической базы. Однако на сегодняшний день программируемые средства измерений набирают всё большую популярность. Также немаловажную роль в использовании данной системы играет общедоступность интернета.

Поскольку описанное выше подразумевает повсеместное использование программ, результаты измерений будут представлены в электронном виде. Данная особенность позволяет отказаться от бумажных носителей информации в пользу электронных. Также этому способствует огромное количество разработанных на сегодняшний день баз данных и систем защиты, которые позволяют создавать информационные системы для внесения, хранения и просмотра информации об используемых средствах измерений.

1 Интернет вещей

1.1 Общие сведения

Стремление повысить эффективность процессов привело к подключению многих устройств к сети Интернет. Данная инновация так быстро набрала популярность, что сегодня подключением к сети оборудуют не столько производственную аппаратуру, но и бытовые вещи. Таким образом, возможность отслеживать и вести управление устройствами дистанционно перешла из возможности в необходимость. И действительно, на текущий момент всё больше организаций используют интернет вещи. Исходя из статьи [2] можно сделать вывод о том, что ежегодный рост числа Интернет Вещей имеет экспоненциальную зависимость. В данной работе сказано, что основываясь на этом можно предположить, что число Интернет Вещей в 2020 году достигнет 7 трлн., при условии, что данный процесс будет соответствовать развитию технологий широкополосного доступа.

Термин «Интернет вещей» был придуман и введен в оборот Центром автоматической идентификации при Массачусетском технологическом институте США [3]. Данная концепция подразумевает сеть вещей, которые взаимодействуют друг с другом и могут принимать решения без непосредственного участия человека. Сеть «Интернета вещей» не является открытой средой, поскольку состоит из множества закрытых решений. «Умные» объекты способны взаимодействовать друг с другом только в рамках данных решений.

Однако существует множество препятствий для развития данной технологии. Одной из таких проблем являются расходы на внедрение данной системы, которые берёт на себя пользователь. Мало кто решится на отказ от старой и отлаженной системы в пользу новой, кардинально меняющей всю систему взаимодействий. Также многие организации не готовы хранить и передавать конфиденциальную информацию по сети Интернет, поскольку

это значительно увеличивает риск утечки данной информации или манипуляций с информационным продуктом. Естественно над решением всех этих проблем уже ведётся работа, однако, на текущий момент нельзя с уверенностью утверждать, что все проблемы, связанные с использованием «Интернета вещей» решены.

Подключение умных устройств к Интернету может быть реализовано двумя способами: путём использования сервера в самом устройстве, либо через «промежуточный полнофункциональный узел прямого и обратного действия». Данный шлюз требуется для того, чтобы обмениваться данными с датчиком, используя интерфейс датчика, а затем, используя свой сервер, подключаться к Интернету. Также данный шлюз позволяет интегрировать множество компонентов и устройств.

Можно сделать вывод о том, что «Интернет вещей» является на сегодняшний день приоритетной концепцией в развитии науки и техники. Именно поэтому, для сохранения конкурентоспособности, организации, которые занимаются обеспечением единства измерений, должны проводить цифровизацию.

1.2 Использование информационных систем

Обеспечение единства измерений является одним из важнейших направлений развития для поддержания стабильного развития науки и производства в стране. Сегодня отношения в сфере обеспечения единства измерений регулирует федеральный закон № 102-ФЗ [4]. По данному закону каждое средство измерений, используемое в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений должно проходить периодическую поверку. Постоянное увеличение количества используемых средств измерений и увеличение количества операций оформления результатов значительно увеличили сроки проведения поверки. Поскольку

потребитель лишается средства измерений на рабочем месте на время проведения поверки, ему приходится терпеть убытки.

Оформление результатов поверки занимает значительную часть времени. В общем случае в него входят оформление свидетельства о поверке или запись в паспорте, нанесение знака поверки на средство измерений, занесения информации в АИС «Метрконтроль» [5] и занесение информации в журнал работ о поверках. Несложно заметить, что многая информация просто дублируется на разные виды носителей. Однако, из-за использования устаревших средств защиты, все эти носители не способны гарантировать необходимой защиты от недобросовестных владельцев средств измерений. Современная печать позволяет без труда подделать свидетельство о поверки, а информация о поверке, которая отправляется в Росстандарт, не имеет юридической силы, из-за чего редко используется. Также можно сверить свидетельство о поверке с данными с журналов, хранящихся в архивах аккредитованных центров, но это требует много трудозатрат. Также имеется возможность провести контрольную поверку средств измерений при аудите, но количество средств измерений в некоторых организациях, которых может быть сотни или даже тысячи, делает это физически невозможным.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о неэффективности существующей системы обеспечения единства измерений из-за высоких финансовых и временных затрат. Чтобы решить данную проблему требуется обратиться к программе «Цифровая экономика Российской Федерации» [6], которая включает отказ от физических носителей информации в пользу цифровых. Таким образом, будет достигнута оптимизация расходов на оформление результатов и хранение информации.

Оптимальным решением данной задачи является создание информационной системы, которая позволит избавиться от бумажных носителей информации, таких как свидетельства о поверке, паспорта и журналы. Основным условием данной системы должна быть высокая защищенность информации, а именно отсутствие возможности изменения

информации, после внесения её в базу данных. При этом данная информация должна быть общедоступна, чтобы каждый желающий мог самостоятельно проверить, когда была проведена поверка средства измерений. Также это значительно упростит проверку владельцев средств измерений уполномоченными лицами.

Стоит иметь в виду, что для использования документа он должен иметь юридическую силу. Именно поэтому в данной информационной системе должна быть использована электронная подпись. Существует несколько видов электронной подписи и для данной задачи отлично подойдёт квалифицированная электронная подпись [7], из-за того, что её можно получить только в аккредитованном удостоверяющем центре. Цифровой формат информации позволит получать доступ к ним из любого места, где есть интернет. Более того, это упразднит возможность подделки документа, поскольку он будет храниться в базе данных контролирующих структур. Для внедрения данной системы потребуются внести изменения в федеральный закон № 102-ФЗ [4], где не прописана возможность оформления результатов поверки или калибровки в виде электронных документов, подписанных электронной подписью. Стоит иметь в виду, что необходимые изменения не связаны с физическими ограничениями, что делает их вполне реализуемыми.

На текущий момент, в соответствии с Концепцией информатизации деятельности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, разработана Федеральная государственная информационная система Росстандарта. В соответствии с Приказом 1402 от 05.07.2018 «О наименованиях ФГИС Росстандарта» [8] она состоит из 3 очередей: ФГИС «Береста», ФГИС «Аршин» и ФГИС «Контур». К обеспечению единства измерений относится ФГИС «Аршин». На текущий момент в ней в свободном доступе представлены нормативные документы, сведения об эталонах единиц величин и прочая полезная информация, связанная с обеспечением единства измерений. Но самое главное, уже сейчас собираются

и публикуются в свободном доступе сведения о результатах поверки средств измерений. Это означает, что уже сегодня ведётся активная деятельность по цифровизации системы обеспечения единства измерений. Возможно в будущем это позволит отказаться от физических носителей информации, что значительно уменьшит материальные и временные затраты на оформление результатов поверки и калибровки.

2 Неопределённость измерений

2.1 Общие сведения

Неопределённость измерения связана в первую очередь с невозможностью дать полное описание измеряемой величины из-за отсутствия неограниченного количества информации. В связи с этим появляется пространство для истолкования, из-за чего появляется неопределённость результата измерений, которая уменьшает точность измерений. Стоит понимать, что невозможно получить истинное значение измеряемой величины, но можно получить её в некотором приближении. Из-за чего используется оценка истинного значения измеряемой величины. На данную оценку влияет множество факторов, такие как окружающая среда и используемые технические средства, в связи с чем требуется минимизировать данное влияние для достижения необходимой точности. Одним из способов минимизировать влияние является внесение поправки в результат измерений, после чего получаем исправленный результат, который считается наилучшей оценкой истинного значения.

Как уже сказано ранее, даже исправленный результат является лишь оценкой, из-за различных случайных факторов, неточного определения поправок или же неполного знания о физических явлениях, которые вносят систематическую ошибку. Связано это с тем, что нам известны только оценки данных параметров. В связи с этим введен параметр неопределённость, оценка которого связана со случайными и систематическими эффектами. Стоит иметь в виду, что незначительное значение неопределённости не означает, что величина погрешности также незначительна. Данная ситуация может возникнуть при пропуске значимого систематического эффекта при оценке неопределённости. Также неопределённость не определяет близость полученного результата измерений к значению измеряемой величины, а только оценивает близость к

наилучшему значению, которое получено на основе имеющихся на текущий момент знаний.

Необходимость в правильной оценке неопределённости измерений обусловлена требованиями к содержанию методик калибровки [9]. Введение данного понятия связано в первую очередь с недостатками понятия погрешность измерения. Одним из таких недостатков является невозможность отнести погрешность измерения к величине, поскольку она относится только к конкретному измерению [10]. Преимуществом неопределённости является возможность отнести полученное значение измеряемой величине.

2.2 Сравнение с погрешностью

Термин погрешность измерения используется двояко, в зависимости от используемого значения величины. В первом случае, когда используется опорное значение величины в процессе калибровки посредством эталона, погрешность известна. Под опорным значением понимают значение величины, используемое как основа для сравнения со значением величины того же рода. Стоит иметь в виду, что используется эталон с регламентированным значением величины с незначительной неопределённостью, либо когда используется приписанное значение величины. Во втором случае, когда измеряемая величина предполагается однозначно определённым истинным значением, погрешность неизвестна.

При решении практических задач используется опорное значение. При теоретических исследованиях применяют истинное значение, которое не может быть определено. Таким образом, можно сделать вывод о том, что поскольку опорное значение величины относится только к конкретному эталону, то и полученная погрешность измерения относится только к конкретному результату измерений. На это также указывает тот факт, что погрешность является конкретным положительным или отрицательным

числом. На основании этого делаем вывод о том, что погрешность измерения не является статистическим параметром, в чём и заключается её основное отличие от неопределённости.

Существует две составляющие погрешности измерения: систематическая и случайная. Систематическая составляющая не меняется при повторных измерениях, либо её изменения можно предсказать. Стоит отметить, что причины появления систематической погрешности могут быть неизвестны. При этом используется поправка для её компенсации. Значение систематической погрешности находят путём вычитания случайной составляющей из погрешности измерения. Под случайной составляющей погрешности понимают погрешность, которая в процессе повторных измерений изменяется непредсказуемо. При этом стоит иметь в виду, что составляющие погрешности, как и сама погрешность, имеют свой положительный или отрицательный знак.

В первую очередь неопределённость это неотрицательный параметр, характеризующий разброс значений величины. На основе используемой информации данный разброс можно обосновано приписать измеренной величине. Любые результаты измерений в метрологических ситуациях могут быть охарактеризованы неопределённостью. При этом использование погрешности, в силу невозможности её конкретного определения, допустимо только для теоретических исследований.

2.3 Расчёт неопределённости

Как правило рассчитывается оценка расширенной неопределённости, состоящая из неопределённости типа А и неопределённости типа В [11]. Неопределённость, рассчитанная по типу А, связана со статистическим анализом наблюдений, а неопределённость по типу В связана с априорной информацией о проводимых измерениях. В подавляющем большинстве

случаев наилучшей оценкой результата многократных измерений является среднее арифметическое значение, найденное по формуле (1).

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n a_k, \quad (1)$$

где a_k – результат k -го измерения,
 n – число измерений.

Для оценки величины разброса значений, который обусловлен случайными эффектами, рассчитывают выборочную дисперсию по формуле (2). Данная величина является оценкой дисперсии распределения вероятностей измеряемой величины.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=1}^n (a_k - \bar{a})^2, \quad (2)$$

где a_k – результат k -го измерения,
 n – число измерений,
 \bar{a} – среднее арифметическое.

Стоит отметить, что корень из дисперсии это выборочное стандартное отклонение (СКО). Поскольку в качестве результата измерений используется среднее арифметическое, то требуется оценить оценку дисперсии среднего значения, по формуле (3).

$$s^2(\bar{a}) = \frac{s^2}{n}, \quad (3)$$

где s^2 – выборочная дисперсия,
 n – число измерений.

Неопределённость типа А приравнивают величине s^2 , из-за чего её иногда называют дисперсией типа А. При этом следует иметь в виду, что число измерений должно быть достаточным, для обеспечения надёжности полученных оценок. Для оценки надёжности оценки дисперсии среднего значения можно использовать дисперсию оценки стандартного отклонения, найденного по формуле (4).

$$\sigma^2[s(\bar{a})] = \frac{\sigma^2(\bar{a})}{2\nu}, \quad (4)$$

где $\sigma^2(\bar{a})$ – дисперсия среднего,
 $\nu = n - 1$ – число степеней свободы для $s(\bar{a})$,
 n – число измерений.

Формула (4) является приближенной, однако в подавляющем большинстве случаев её применение оправдано. По сути, данная величина является «неопределённостью неопределённости», которая при малом числе опытов может быть довольно высока. К примеру, при числе наблюдений $n = 4$ соотношение $\frac{\sigma[s(\bar{a})]}{\sigma(\bar{a})}$ будет равно 42 %. Значения данного соотношения для другого числа наблюдений, приведены в таблице 1. Отсюда можно сделать вывод о том, что на практике, зачастую, оценку стандартного отклонения оценки стандартного отклонения нельзя считать пренебрежимо малой. Более того, оценка стандартной неопределённости по типу А может быть менее надёжной, чем оценка стандартной неопределённости по типу В.

Таблица 1 – Отношение $\frac{\sigma[s(\bar{a})]}{\sigma(\bar{a})}$ по числу наблюдений

Число наблюдений	$\frac{\sigma[s(\bar{a})]}{\sigma(\bar{a})}$ в процентах
2	76
3	52
4	42
5	36
10	24
20	16
30	13

Неопределённость типа В также является оценкой дисперсии, но определяется без использования результатов повторных наблюдений.

Данный тип неопределённости является обобщением всей доступной информации о вариативности величины. Такой информацией может служить:

- характеристики, заявляемые изготовителем;
- данные о предыдущих поверках или калибровках;
- данные о предыдущих измерениях;
- неопределённости величин из справочников.

При решении практических задач, как правило, можно оценить только верхние и нижние границы для измеряемой величины (то есть тот интервал, в котором с высокой долей вероятности будет находиться физическая величина). Также зачастую отсутствует информация о распределении вероятностей внутри данного интервала. В таком случае рационально предположить, что вероятность попадания измеряемой величины в каждую точку внутри интервала одинакова. Данное предположение соответствует равномерному (прямоугольному) распределению вероятностей. В таком случае неопределённость по типу В можно найти по формуле (5), а в случае одинаковых границ по формуле (6).

$$u^2 = \frac{(a_+ - a_-)^2}{12}, \quad (5)$$

$$u^2 = \frac{a^2}{3}, \quad (6)$$

где a_+ – верхняя граница интервала,

a_- – нижняя граница интервала,

$$a = a_+ - a_-.$$

Суммарную стандартную неопределённость можно вычислить по формуле (7).

$$u_c^2 = \sum_{k=1}^m \left(\frac{df}{dx_i} \right)^2 u^2(x_k), \quad (7)$$

где $u^2(x_k)$ – оценка стандартной неопределённости по типу А или по типу В.

f – функциональная зависимость измеряемых величин.

Несложно догадаться, что когда величину измеряют непосредственно, частная производная по функциональной зависимости будет равна 1.

Расширенная неопределённость, которая обычно приводится вместе с результатом измерения, находят путём умножения суммарной стандартной неопределённости на коэффициент охвата k :

$$U = k \cdot u_c. \quad (8)$$

На основе центральной предельной теоремы можно предположить, что распределение вероятностей, характеризующее результат измерения и суммарной стандартной неопределённостью, является нормальным. Поскольку нецелесообразно высчитывать точное значение интервалов, чьи уровни доверия незначительно отличаются. Таким образом, принимаем $k = 2$ при уровне доверия 95 % и $k = 3$ при уровне доверия 99 %.

2.4 Рекомендации

Стоит иметь в виду, что влияющие величины в виде параметров обеспечения работы лаборатории могут добавлять значительную неслучайную составляющую, пренебрегать которой нельзя. К таким факторам можно отнести давление, температуру воды, напряжение и частоту электрической цепи и т.д. Также следует отметить, что при непрерывном изменении цифры младшего разряда на показывающем устройстве цифрового прибора, в неопределённость вносят субъективные предпочтения оператора. Из-за этого рекомендуется найти способ остановить изменения значения младшего разряда на некоторый промежуток времени. В случае, когда процедура измерений включает установку нуля, требуется проводить данную процедуру перед каждым измерением. Таким образом, будет устранён один из источников неопределённости измерений.

Расчёт неопределённости часто основывается на предположении о том, что нецелесообразно проводить подробный анализ, а достаточно применить формулы математической статистики, для оценки

неопределённости типа А. В таком случае требуется проверить гипотезу о том, что все влияющие факторами являются случайными величинами. Для этого проводят проверку неизменности математического ожидания и дисперсии, а также наличие возможности неконтролируемого дрейфа во время многократных измерений. Одним из способов данной проверки является разбиение периода повторных наблюдений на две части и вычисление их СКО и среднего арифметического, для их сравнения.

Поскольку формулы статистического анализа для оценки неопределённости измерений приведены для случая, когда наблюдения являются независимыми, требуется проверить соблюдение данного условия. Когда все данные были получены по единственной выборке, нельзя считать данные наблюдения независимыми. Данная ситуация возможна, когда производится измерение характеристик материала, а не образца данного материала. В данном случае требуется дополнить оценку дисперсии оценкой дисперсии, характеризующей разброс значений между выборками.

Зачастую в стремлении упростить расчёты происходит отказ от большинства составляющих, что приводит к потере основного отличия погрешности от неопределённости – возможности отнести полученное значение к величине, а не измерению. Одним из примеров такого упрощения является статья [12]. В данной статье для расчёта расширенной неопределённости предложено использовать формулу (9).

$$U = k \cdot u_s, \quad (9)$$

$$u_s \leq \frac{\Delta}{\sqrt{3}}, \quad (10)$$

где Δ – предел допускаемой погрешности эталона,

k – коэффициент охвата,

u_s – стандартная неопределённость эталона.

Данная формула подразумевает отказ от неопределённости, рассчитанной по типу А. Поскольку коэффициент охвата, как правило, принимается равным 2, что обусловлено пунктом G.6.6 стандарта [11]. Таким

образом, расширенная неопределённость зависит только от погрешности эталонного прибора. Из-за этого теряется весь смысл расчёта неопределённости, т.к. при применении одинакового эталона для разных средств измерений значение расширенной неопределённости будет неизменным. Несмотря на это данную формулу часто используют на практике.

Расширенная неопределённость как величина не будет иметь смысл, если исключать из неё большую часть компонентов. Связано это с тем, что именно эти компоненты формируют её отличие от погрешности, и, что наиболее важно, преимущества, которые обуславливают необходимость её использования.

3 Калибровка с удалённым доступом

3.1 Общие сведения

Огромное количество электрических средств измерений используются как в науке, так и на производстве. Каждое средство измерений нуждается в регулярной калибровке или поверке. Передача единицы физической величины рабочему эталону происходит поэтапно, и каждый этап требует непосредственного подключения к эталонам разного уровня. Это означает, что каждый владелец средства измерений, использующий его в сфере государственного регулирования, обязан приносить его в специальное учреждение, либо оплатить доставку этого эталона к месту нахождения поверяемого средства измерения, а также оплатить командировку поверителя. В современных условиях данная схема крайне затратна для общества в целом. Данная проблема проявляется особенно остро в случаях, когда средства измерения находятся в отдалённых районах, и доставка эталонов и средств измерений является непростым делом. Предлагаемая концепция Internet of Measurements (IoM) предполагает, что средства измерений будут калиброваться дистанционно при помощи программно-аппаратного комплекса.

Главным преимуществом калибровки с удалённым доступом является экономия средств и времени за счёт того, что не требуется непосредственного присутствия уполномоченного лица. Данная идея была впервые предложена в статье [13], где представлены основные этапы и необходимое оборудование для использования данной методики. Тем не менее, ввиду отсутствия в прошлом идеологии Интернета вещей, в полной мере IoM не был реализован.

Для калибровки с удалённым доступом используется термогигрометр и мобильный рабочий эталон. Термогигрометр обеспечивает контроль соответствия нормальным условиям при калибровке прибора. Мобильный

рабочий эталон требуется для передачи единицы физической величины средству измерения. Недостатком данной схемы является участие человека и полуавтоматический режим работы. Передача измеряемой величины осуществляется так, что каждый элемент функциональной схемы повышает общую погрешность передаваемого значения, что в случае с калибровкой средства измерения является важнейшим показателем. В данный момент существует реальная модель многофункционального мобильного эталона [14]. Данная модель апробирована и способна проводить калибровку самостоятельно. Однако данная модель имеет явный недостаток, который связан с большим количеством элементов функциональной схемы.

Концепция рынка на базе IoM должна обеспечивать такой сервис потребителю, чтобы купленный им измерительный прибор калибровался и поверялся из лаборатории заказчика. В данной работе приводится пример частной реализации IoM на основе технологии компании National Instruments (NI). Эти технологии позволяют совместить в одной программируемой плате целый программно-аппаратный комплекс, который будет полностью синхронизирован и управляться программой в реальном времени. Интерфейсы измерительных систем от National Instruments в полной мере обеспечивают работоспособность существующих поверочных схем с учетом сервисов и протоколов IoM.

Одним из преимуществ данной технологии является отсутствие непосредственного взаимодействия с владельцами средства измерения и формирование протокола в режиме реального времени. Таким образом, сотрудник аккредитованной лаборатории будет защищен от негативного воздействия или клеветы со стороны заказчика.

3.2 Пример реализации

Схема калибровки с удалённым доступом представлена на рисунке 1. Сотрудник лаборатории считывает показания с калибруемого средства

измерений и вписывает их в специальную таблицу. Эти данные отправляются сотруднику аккредитованного центра для дальнейших расчётов.

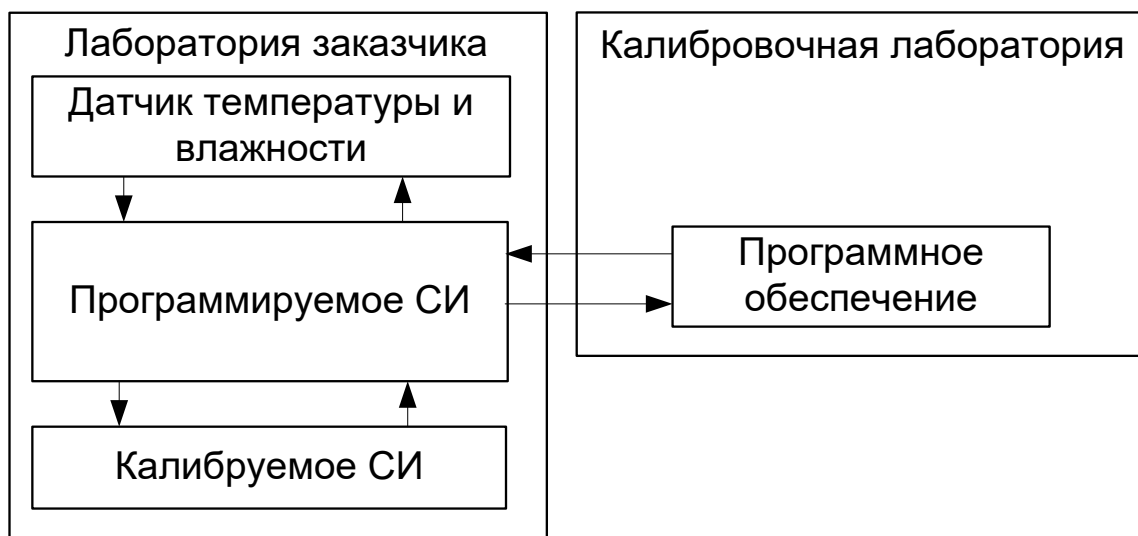


Рисунок 1 – Схема калибровки с удалённым доступом

Разработанная на текущий момент система производит обмен информацией через Ethernet, что является наиболее популярной на сегодняшний день технологией. Стоит также отметить, что подключение компонентов к одной системе значительно облегчает синхронизацию. Высокое быстродействие данной системы обусловлено тем, что результаты измерений и показания датчика передаются напрямую в управляющую программу.

Современные средства измерений можно разделить на те, работу которых можно автоматизировать при помощи программы и те, у которых данная функция отсутствует. Как правило, автоматизация представляет собой передачу команд по интерфейсу (зачастую используется интерфейс RS-232). Весь список команд представлен в технической документации. На текущий момент существует множество технических решений, обеспечивающих возможность автоматизировать процесс измерений.

Управление программируемыми средствами измерений производится путём передачи кадров, состоящих из нескольких байтов. В каждом байте

записан код, который активирует ту или иную функцию. Таким образом, для каждого средства измерений структура кадров будет отличаться, из-за чего возникает необходимость в привлечении программистов, что влечёт за собой значительные расходы. В связи с этим, для перехода к технологии калибровки с удалённым доступом требуется организовать разработку программного обеспечения для программируемых средств измерений. Это значительно сократит временные и финансовые затраты на внедрение данной технологии.

Поскольку поверка и калибровка средств измерений – это юридическое действие, необходима защита передаваемых данных. Действительно, для калибровки вполне достаточно двустороннего соглашения между измерительным прибором и эталоном, причем эталонный интерфейс выступает в качестве средства документирования погрешности измерения. Для обеспечения юридической чистоты требуется третья незаинтересованная сторона – авторизованный центр, выдающий команды на калибровку и фиксирующий все операции, включая выдачу электронного сертификата. На сегодняшний день создание программного обеспечения для расчёта результатов калибровки по входным данным не составит большого труда. Входные данные больше не потребуется набирать вручную, поскольку они сами накапливаются в программе в процессе калибровки. Таким образом, будет достигнута экономия и повышено быстродействие.

3.3 Программно-аппаратный комплекс

Программно-аппаратный комплекс разработан на базе PXI. Именно данная система позволяет совместить в себе все компоненты. В данной работе были использованы:

- контроллер NI PXI-8102;
- генератор сигналов NI PXI-5421;
- датчик температуры и влажности HS-2000D.

Выбор оборудования National Instruments был обусловлен удобством использования и широким охватом аппаратуры, с которыми будет совместима разработанная программа. Данное преимущество позволяет использовать другое аппаратное обеспечение, не внося значительных изменений в программу. Внешний вид программно-аппаратного комплекса представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Программно-аппаратный комплекс

Поскольку генератор сигналов выступает в роли эталона, рассмотрим его технические характеристики [15]. При этом следует учесть, что данные характеристики актуальны, когда выполняются следующие условия:

- присутствует фильтр аналогового сигнала;
- по умолчанию установлена максимальная частота дискретизации;
- выходное сопротивление 50 Ом;
- генерация сигнала без усиления до 1 Вп-п, с низким коэффициентом усиления до 2 Вп-п, с высоким коэффициентом усиления до 12 Вп-п;
- скорость дискретизации 100 – 106 точек в секунду (MS/s);
- использование прибора в диапазоне температур окружающей среды от 0 °С до 50 °С.

Данные характеристики характеризуют ожидаемую производительность блоков при температуре окружающей среды $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ с уровнем достоверности 90 %, полученных при испытаниях во время

разработки или производства. Количество генерируемых сигналов – 1. Используемый интерфейс – SMB (гнездо). Разрешение ЦАП: 16 бит. Существует два режима генерации сигнала:

1. Возможность генерировать сигнал с помощью программы в диапазоне от $5,54 V_{п-п}$ до $12 V_{п-п}$. При этом используется усилитель с низким коэффициентом усиления, либо усилитель с высоким коэффициентом усиления в зависимости от диапазона.

2. Устройство оптимизировано для генерации сигнала при помощи программы с промежуточной частотой в диапазоне напряжения от $0,707 V_{п-п}$ до $1,000 V_{п-п}$.

Амплитудный диапазон режимов генератора представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Амплитудный диапазон генератора

Режим	Нагрузка	Диапазон ($V_{п-п}$)
Без усиления	50 Ом	(0,707 - 1,000)
	1 кОм	(1,35 - 1,91)
	выше 1 кОм	(1,41 - 2,00)
Низкий коэффициент усиления	50 Ом	(0,00564 - 2,00)
	1 кОм	(0,0107 - 3,81)
	выше 1 кОм	(0,0113 - 4,00)
Высокий коэффициент усиления	50 Ом	(0,0338 - 12,0)
	1 кОм	(0,0644 - 22,9)
	выше 1 кОм	(0,0676 - 24,0)

Амплитудное разрешение: $< 0,06 \%$ ($0,004$ дБ) амплитудного диапазона. Диапазон смещения: $\pm 25 \%$ от амплитудного диапазона с приращениями $< 0,0014 \%$ от амплитудного диапазона (недоступно в режиме без усиления). Максимальное выходное напряжение генератора представлено в таблице 3.

Таблица 3– Максимальное выходное напряжение генератора

Режим	Нагрузка	Диапазон (В _п)
Без усиления	50 Ом	± 0,5
	1 кОм	± 0,953
	выше 1 кОм	± 1,0
Низкий коэффициент усиления	50 Ом	± 1,0
	1 кОм	± 1,905
	выше 1 кОм	± 2,0
Высокий коэффициент усиления	50 Ом	± 6,0
	1 кОм	± 11,43
	выше 1 кОм	± 12,0

Погрешность при генерации постоянного напряжения для высокого импеданса. При генерации сигнала с использованием усиления:

± 0,2 % от диапазона амплитуды ± 0,05 % от смещения ± 500 мкВ (при ±10 °С от температуры самокалибровки);

± 0,4 % от диапазона амплитуды ± 0,05 % от смещения ± 1 мВ (в пределах температуры окружающей среды от 0 °С до 50 °С).

При генерации сигнала без использования усиления:

± 0,2 % от диапазона амплитуды (при ± 10 °С от температуры самокалибровки);

± 0,4 % от диапазона измерения (в пределах температуры окружающей среды от 0 °С до 50 °С);

Ошибка смещения постоянного тока: ± 30 мВ (в пределах температуры окружающей среды от 0 °С до 50 °С). Погрешность при генерации синусоидального напряжения с частотой 50 кГц: (2,0 % + 1мВ), (минус 1,0 % - 1мВ). Неравномерность АЧХ при частоте 50 кГц:

– без усиления: от минус 0,4 дБ до 0,6 дБ (от 100 Гц до 40 МГц);

– низкий коэффициент усиления: от минус 1,0 дБ до 0,5 дБ (от 100 Гц до 20 МГц);

– высокий коэффициент усиления: от минус 1,2 дБ до 0,5 дБ (от 100 Гц до 20 МГц).

3.4 Программная часть

Программная часть разработана в среде LabVIEW и состоит из управляющей и управляемой программы. Управляющая программа запускается из аккредитованной лаборатории и отвечает за передачу необходимой информации для генерации сигнала и обработку результатов измерений. Управляемая программа необходима для управления аппаратной частью и передачи результатов измерений. Лицевая панель управляющей программы показана на рисунках 3 и 4. Несложно заметить, что на ней присутствует достаточно много переменных, однако большая часть из них устанавливаются по умолчанию.

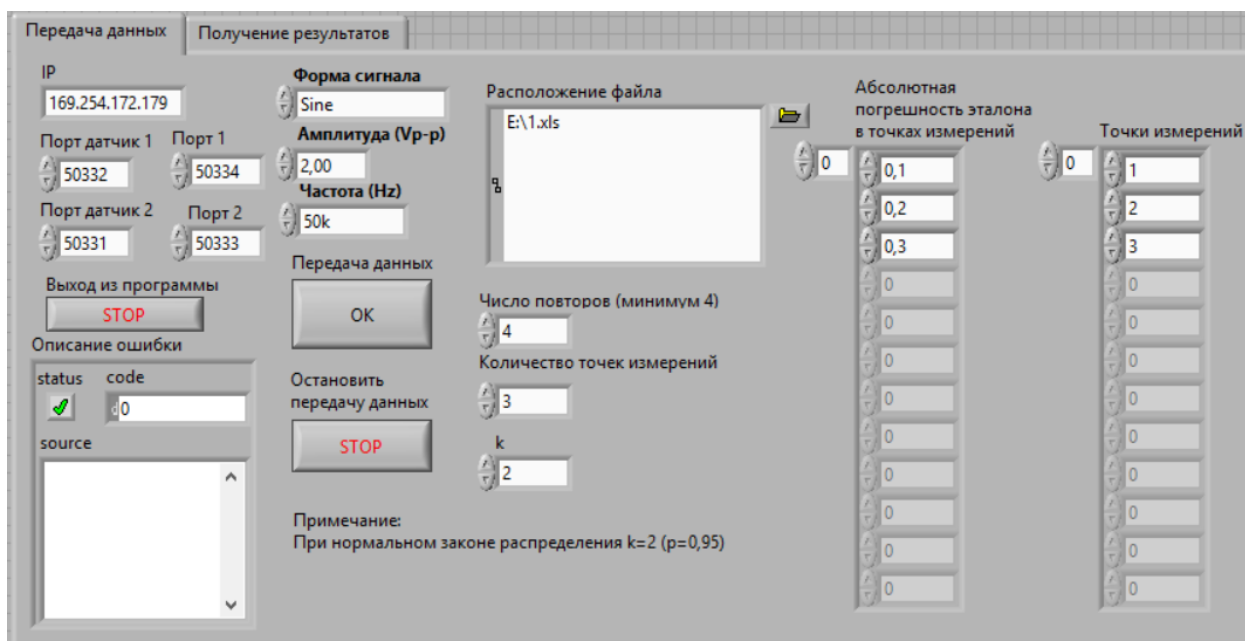


Рисунок 3 – Интерфейс управляющей программы

Работа с данной программой начинается с ввода IP-адреса и используемых портов. По умолчанию используются порты 50311-50334, которые обычно не заняты другими программами, но при необходимости есть возможность их заменить. Далее вводятся параметры сигнала, такие как форма сигнала, амплитуда и частота. Также требуется задать количество точек, в которых будут проводиться измерения, и количество повторов в

каждой точке. Для каждой из точек требуется ввести абсолютную погрешность используемого эталона в этой точке.

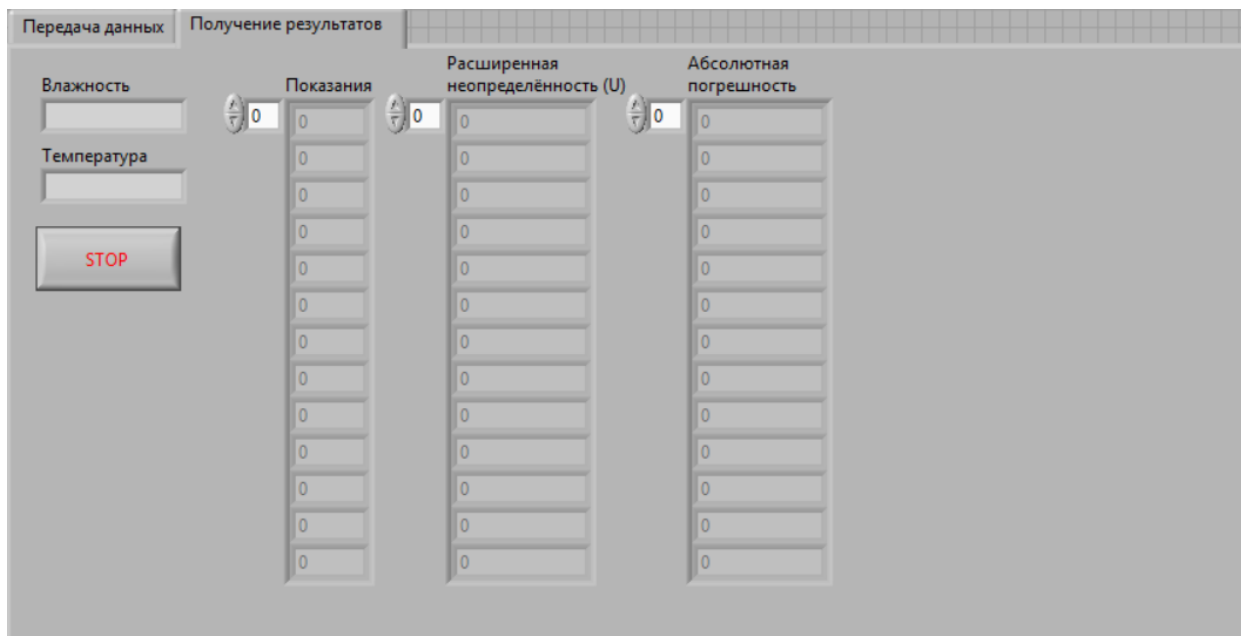


Рисунок 4 – Интерфейс управляющей программы

После ввода всех необходимых данных можно приступить к запуску программы. Работа данной программы заключается в отправке необходимых для генерации сигнала данных и получения данных о результатах измерений. Управляющая программа показана на рисунке 5. После выполнения данной программы все полученные сведения используются подпрограммой для расчёта неопределённости, показанной на рисунке 6. Наличие данной подпрограммы обусловлено требованиями к содержанию методик калибровки [9].

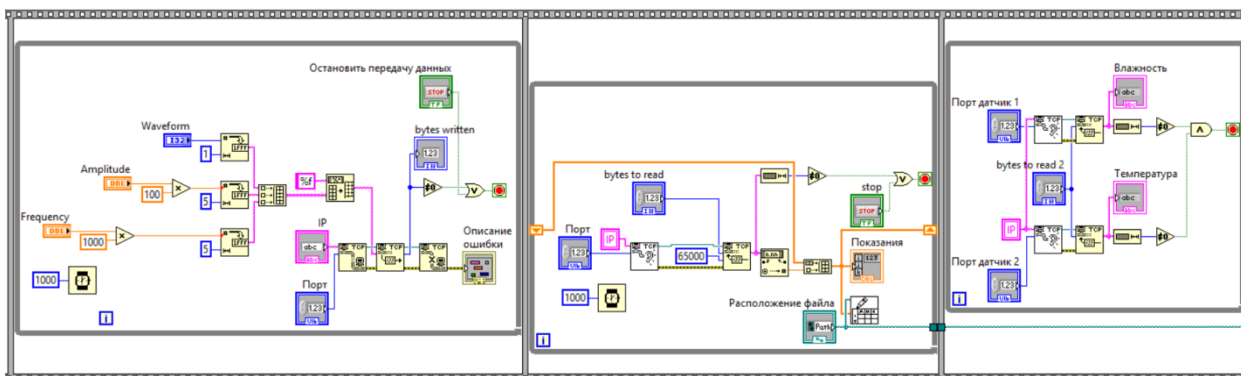


Рисунок 5 – Основная часть управляющей программы

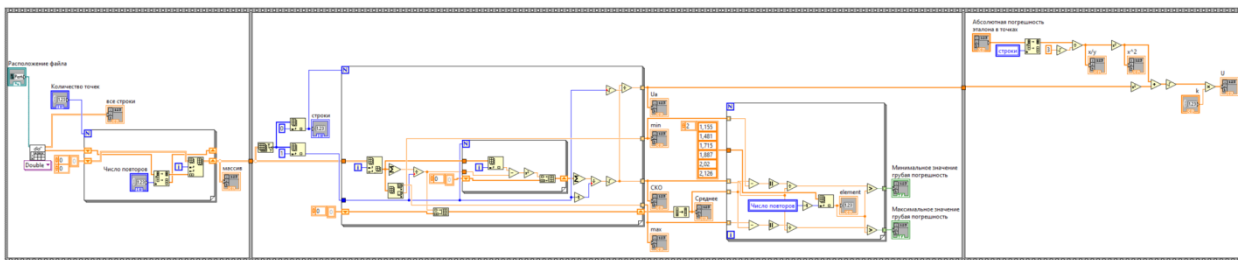


Рисунок 6 – Подпрограмма для расчёта расширенной неопределённости

Для обеспечения последовательности действий используется «FlatSequence». В первой секции производится отправка данных, необходимых для генерации сигнала. Для этого все значения требуется объединить в одну строку, т.к. LabVIEW позволяет отправлять по сети только строковый тип данных. Во второй секции происходит ожидание результата измерений, которое должно прийти с управляемой программы. Каждый полученный результат измерения записывается в файл. В третьем блоке производится ожидание данных, полученных с датчика температуры и влажности. Датчик необходим для постоянного контроля условий проведения калибровки.

В результате выполнения программы формируются таблицы с результатами измерений, абсолютной погрешностью и неопределённостью. Данные таблицы можно использовать для формирования протокола.

Управляемая программа также основана на использовании «FlatSequence» и показана на рисунке 7. Управляемая программа установлена в программно-аппаратном комплексе и занимается его непосредственным управлением, используя данные, полученные с управляющей программы.

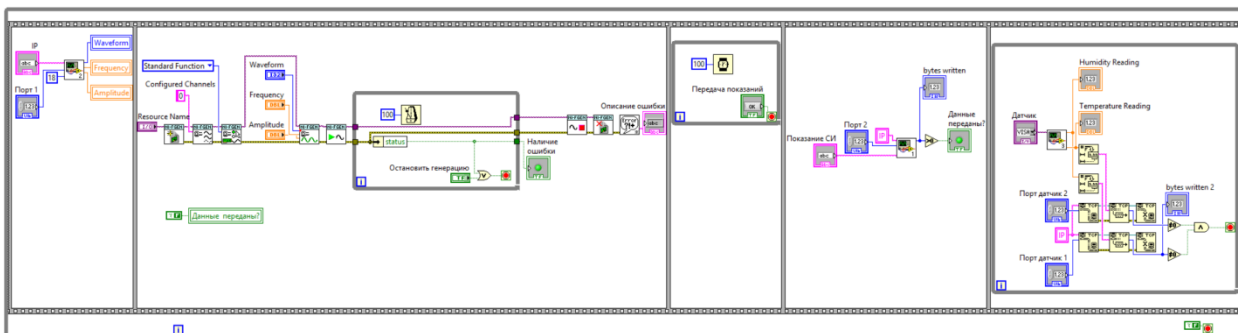


Рисунок 7 – Управляемая программа

В первой секции производится получение данных с управляющей программы и преобразование их из строкового типа данных в числовой при помощи специальной подпрограммы, представленной на рисунке 8. Эта подпрограмма производит разделение полученной строки на массив строк, после чего каждый элемент переводится в требуемый числовой формат. В данном случае это целочисленный формат и число с двойной точностью. Полученные числа переходят в следующую секцию при помощи блоков «Local Variable».

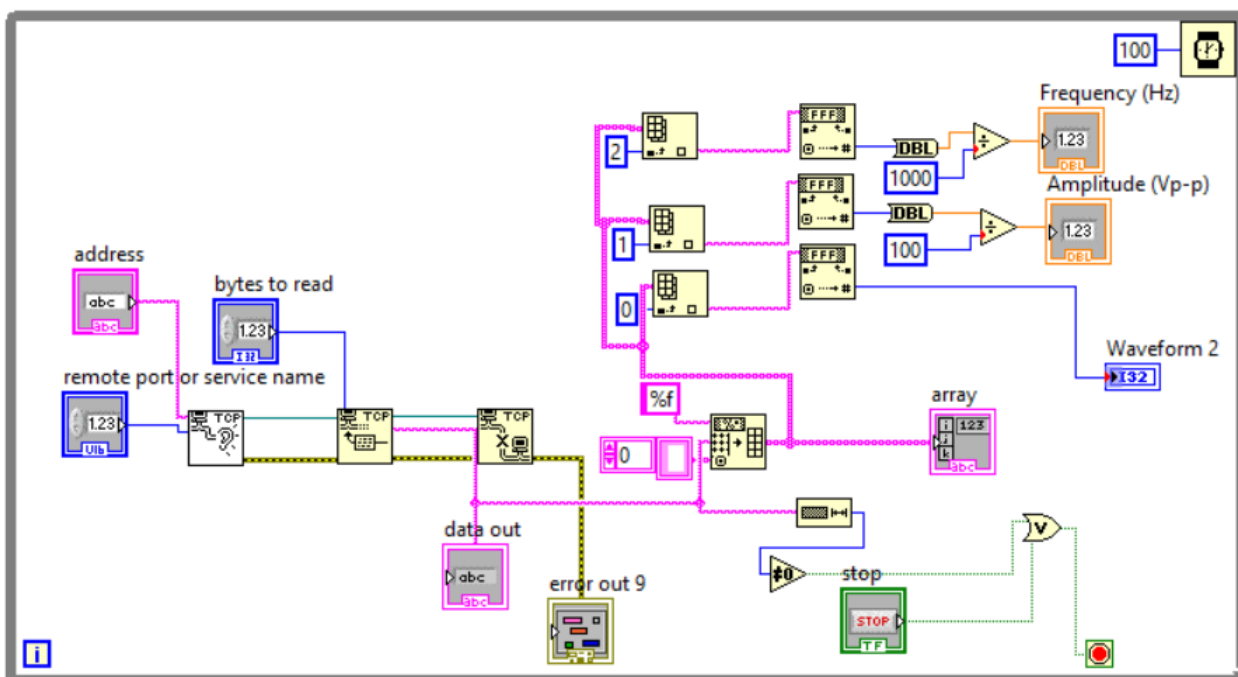


Рисунок 8 – Первая подпрограмма

Вторая секция занимается управлением установленным генератором. Сначала находится блок инициализации, в котором назначается управляемое устройство. Далее расположены блоки конфигурации, которые обозначают какие каналы устройства будут генерировать сигнал и вид выходного сигнала. Затем, используя данные, полученные с управляющей программы, задаётся форма генерируемого сигнала. На этом этапе все подготовительные операции заканчиваются и можно приступить к генерации сигнала. Генерация сигнала продолжается до тех пор, пока не произойдёт какая-либо ошибка либо не будет нажата кнопка «Остановить генерацию». После чего сессия работы с аппаратной частью заканчивается и, в случае

необходимости, выводится описание ошибки. Третья и четвертая секция используют подпрограмму для передачи полученных результатов измерений на управляющую программу. Пятая секция считывает данные с датчика температуры и влажности при помощи подпрограммы и отправляет эти данные на управляющую программу. Алгоритм управляемой программы представлен на рисунке 9 в виде блок-схемы.



Рисунок 9 – Алгоритм работы управляемой программы

Можно сделать вывод о том, что создать программно-аппаратный комплекс для калибровки с удалённым доступом, имеющий большую точность, возможно. Однако его разработка и внедрение потребует

значительных затрат. Но поскольку цену изделия зачастую определяет его уникальность, с увеличением количества программируемых средств измерений, появится возможность создать аналогичное устройство за меньшую стоимость.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе приведено поэтапное планирование разработки программно-аппаратного комплекса для калибровки с удалённым доступом измерений электрических величин. Проведена оценка перспективности исследования и необходимых финансовых и временных расходов.

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

SWOT-анализ является одним из самых распространенных методов для комплексной оценки внутренних и внешних факторов, оказывающих влияние на проект. К внутренним факторам относятся сильные (S) и слабые (W) стороны проекта, а к внешним факторам – возможности (O) и угрозы (T). Визуальное представление результатов SWOT-анализа представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT

	Положительное влияние	Отрицательное влияние
Внутренняя среда	<ol style="list-style-type: none">1. Университет предоставляет необходимое оборудование и помещение для работы.2. Наличие высококвалифицированных консультантов, в лице научного руководителя и сотрудников университета.3. Использование методов, основанных на возможностях современного оборудования.	<ol style="list-style-type: none">1. Отсутствие вариантов внедрения разработанной технологии.2. Высокая стоимость оборудования.3. Необходимость привлечения квалифицированных специалистов.4. Сложность внедрения данной технологии.
Внешняя среда	<ol style="list-style-type: none">1. Высокий спрос из-за повсеместного применения средств измерений электрических величин.2. Эксклюзивность услуги.	<ol style="list-style-type: none">1. Нехватка квалифицированных специалистов.2. Конкуренция со стороны организаций, проводящих калибровку.

На основании данного анализа можно сделать вывод о том, что при наличии необходимого финансирования данный проект имеет высокие шансы стать конкурентоспособным поставщиком услуг по калибровке средств измерений электрических величин.

4.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для того чтобы провести планирование исследования, нужно оценить процессы определения общего содержания работ, участников исследования, разработки последовательности действий и установление продолжительности работ, а также построение графика проведения исследований.

Разделим выполнение выпускной квалификационной работы на этапы, в каждом из которых распределим исполнителей. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания на ВКР	1	Составление и утверждение задания ВКР	Руководитель
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Подбор материалов по теме	Руководитель, студент
	3	Изучение материалов по теме	Руководитель, студент
	4	Выбор методов разработки и анализа данных	Руководитель, студент

Продолжение таблицы 5

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
Теоретические исследования	6	Проведение анализа методов	Студент
	7	Проверка результатов	Студент
	8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Интерпретация результатов	Руководитель, студент
	10	Оценка эффективности разработки	Руководитель, студент
Проведение ОКР			
Оформление пояснительной записки и сдача ВКР	11	Обоснование безопасности проводимых исследований и финансовой эффективности	Студент
	12	Оформление пояснительной записки	Руководитель, студент
	13	Сдача готовой дипломной работы	Студент

На основании перечня этапов научного исследования можно сделать вывод о том, что работы будут проводиться не хаотично, а последовательно, что способствует эффективному рабочему процессу.

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Основные затраты на проведение научно-исследовательской работы, зачастую, приходятся на оплату труда. Именно поэтому крайне важно определить трудоёмкость работ каждого участника. Для определения среднего значения трудоемкости используется формула (11).

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (11)$$

где t_{mini} – минимальная трудоемкость работ, ч.-дн.,
 t_{maxi} – максимальная трудоемкость работ, ч.-дн.,
 $t_{ожi}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работы, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p по формуле, учитывающая параллельность выполнения работ:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (12)$$

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.

4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Поскольку студенческая работа предполагает анализ сравнительно небольшого объема тем, наиболее удобным инструментом для построения является диаграмма Ганта. Данная диаграмма представляет собой ленточный график, на котором изображены все работы по теме протяженными во времени отрезками. Данные отрезки, характеризуют даты начала и конца выполнения работ.

Для удобства построения графика требуется перевести длительность каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные. Для этого можно использовать следующую формулу. Продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях T_{Ki} рассчитывается по формуле:

$$T_{Ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (13)$$

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

T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях,

T_{pi} – продолжительность выполнения i -ой работы в рабочих днях.

Коэффициент календарности определяется по формуле (14).

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (14)$$

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

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

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

Используя производственный календарь за 2019 год при шестидневной рабочей неделе, получаем следующие входные данные: выходных дней, с учетом праздников – 66. Основываясь на этом $k_{\text{кал}} = 1,22$.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 6, где Р – руководитель, С – студент.

Таблица 6 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер работы	Трудоемкость работ			Исполнитель	Длительность работ в рабочих днях T_{pi} , раб.дн.	Длительность работ в календарных днях T_{ki} , кал.дн.
	t_{min} , чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.	$t_{ож}$, чел.-дн.			
1	1,0	4,0	2,2	Р	2,2	2,7
2	20,0	30,0	24,0	С	12,0	14,6
	20,0	30,0	24,0	Р	12,0	14,6
3	25,0	32,0	27,8	С	13,9	17,0
	25,0	32,0	27,8	Р	13,9	17,0
4	10,0	12,0	10,8	С	5,4	6,6
	10,0	12,0	10,8	Р	5,4	6,6
5	1,0	1,0	1,0	С	0,5	0,6
	1,0	1,0	1,0	Р	0,5	0,6
6	18,0	23,0	20,0	С	20,0	24,4
7	3,0	5,0	3,8	С	3,8	4,6
8	2,0	3,0	2,4	С	2,4	2,9
9	2,0	4,0	2,8	С	1,4	1,7
	2,0	4,0	2,8	Р	1,4	1,7
10	1,0	3,0	1,8	С	0,9	1,1
	1,0	3,0	1,8	Р	0,9	1,1
11	5,0	9,0	6,6	С	6,6	8,1

Продолжение таблицы 6

Номер работы	Трудоемкость работ			Исполнитель	Длительность работ в рабочих днях T_{pi} , раб.дн.	Длительность работ в календарных днях T_{Ki} , кал.дн.
	t_{min} , чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.	$t_{ожi}$, чел.-дн.			
12	35,0	42,0	37,8	С	18,9	23,1
	35,0	42,0	37,8	Р	18,9	23,1
13	1,0	1,0	1,0	С	1,0	1,2

Общая длительность работ в рабочих днях составляет 89 дней. Длительность работ в календарных днях 109 дней. Календарный план график проведения научно-исследовательской работы приведен в таблице 7. График строился с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней).

Таблица 7 – Календарный план-график проведения НИР

Номер работы	Исполнители	T_{Ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ														
			Февраль			Март			Апрель			Май					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Руководитель	3	█														
2	Руководитель, студент	15	█	█													
3	Руководитель, студент	17		█	█												
4	Руководитель, студент	7					█	█									
5	Руководитель, студент	1															
6	Студент	24					█	█	█								
7	Студент	5															
8	Студент	3															
9	Руководитель, студент	2															
10	Руководитель, студент	1															
11	Студент	8															
12	Руководитель, студент	23															
13	Студент	1															

█ – студент, █ – руководитель

На основании полученного календарного план-графика можно сделать вывод о том, что разработка проекта укладывается в требуемые сроки.

4.4 Расчет бюджета научно-технического исследования

4.4.1 Расчет материальных затрат

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с материальными затратами на проведение исследования. К материальным затратам относятся затраты на все материалы, необходимые для разработки проекта. К ним относятся, как приобретаемые со стороны сырье, материалы и полуфабрикаты, так и материалы, необходимые для обеспечения нормального технологического процесса. На поддержание объектов исследования также выделяются средства, поскольку многие из них предполагают техническое обслуживание и ремонт. Расчет материальных затрат осуществляется по формуле (15).

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m (C_i \cdot N_{расхi}), \quad (15)$$

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.

Все материальные затраты сведены в таблицу 8, при $k_T = 15 \%$.

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Затраты на материалы, (З _м),руб.
Бумага для принтера	шт	1	400	460
Заправка картриджа	шт	1	550	632,5
Печать листов	шт	170	1	195,5
Ручка шариковая	шт	1	36	41,4
Тетрадь	шт	1	51	58,65
Итого				1388,1

4.4.2 Расчет основной заработной платы

В данном разделе приведены расчеты расходов, связанные с заработной платой всей участников исследовательской работы. При этом заработная плата включает в себя как основную, так и дополнительную. Расчет проводится по формуле (16).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (16)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата,

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (от 12 до 20 % от основной заработной платы).

Основная зарплата рассчитывается по формуле (17).

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (17)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника,

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (18).

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (18)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.,

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:
 при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя,
 при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя,

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней.

Далее требуется составить баланс рабочего времени, представленный в таблице 9.

Таблица 9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	66
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле (19).

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (19)$$

где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.,

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска),

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, примем равным 0,3,

k_d – коэффициент доплат и надбавок, примем равным 0,3.

Оклад руководителя (к.т.н., доцент) – 23265р.

Оклад студента – 6278р.

Рассчитываем заработную плату и вносим её в таблицу 10.

Таблица 10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23265	48391	2005	53	106265
Студент	6278	13058	541	89	48149

4.4.3 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата исполнителей учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет осуществляется по формуле (20).

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (20)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным от 0,12 до 0,15).

Дополнительная заработная плата руководителя составляет 12752 рублей. Дополнительная заработная плата студента составляет 5778 рублей.

4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы (21).

$$Z_{отч} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot k_{внеб}, \quad (21)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент, учитывающий социальные выплаты организации. В 2019 году $k_{внеб} = 0,3$.

Отчисления руководителя составляют 35705 рублей.

Отчисления студента составляют 16178 рублей.

4.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Рассчитываются по формуле (22).

$$Z_{накл} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{отч}) \cdot k_{нр}, \quad (22)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Примем коэффициент накладных расходов равным 16 %.

Накладные расходы всех участников исследования равны 35972 рублей.

4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Расчет бюджета приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	1388
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	154414
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18530
Отчисления во внебюджетные фонды	51883

Продолжение таблицы 11

Наименование статьи	Сумма, руб.
Накладные расходы	35972
Бюджет затрат НИИ	262187

В данном разделе была проведена оценка временных и финансовых ресурсов, необходимых для проведения данной научно-исследовательской работы. Оценка финансовых затрат является основополагающим фактором в перспективности научного исследования, поскольку определяет привлекательность для потенциальных источников финансирования. Используя календарный план-график проведения научно-исследовательской работы можно оценить сроки выполнения каждого этапа работы. Был сделан вывод о том, что работа укладывается в требуемые сроки.

5 Социальная ответственность

Введение

Данная научно-исследовательская работа заключается в совершенствовании системы метрологической прослеживаемости средств измерений путём разработки программно-аппаратного комплекса для калибровки с удалённым доступом. Область применения данного устройства – оказание услуг по калибровке вольтметров. Потребители данной услуги – владельцы вольтметров, которые используются вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений. На текущий момент количество используемых средств измерений на производстве и в научных исследованиях возрастает, что обуславливает актуальность данного исследования.

Проводились исследования в отделении автоматизации и робототехники 10 корпуса Томского политехнического университета в учебной аудитории. При работе с компьютером на человека воздействует множество вредных факторов, которые не только снижают его производительность, но и негативно воздействуют на его здоровье. Именно для минимизации воздействия данных факторов существует охрана труда.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Санитарно–эпидемиологические правила и нормативы при работе с ПЭВМ описаны в нормативном документе СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 [16]. Правовые нормы трудового законодательства описаны в Трудовом кодексе Российской Федерации [17]. Данный документ устанавливает

обязательные для выполнения требования при работе с вредными и опасными факторами, которые возникают при работе с персональным компьютером для минимизации их влияния на организм человека. К данным требованиям относится:

- допустимая продолжительность ежедневной работы: при 36-часовой рабочей неделе – 8 часов, при 30-часовой рабочей неделе и менее – 6 часов;
- продолжительность рабочего дня или смены, непосредственно предшествующих нерабочему праздничному дню, уменьшается на один час;
- продолжительность сверхурочной работы не должна превышать для каждого работника 4 часов в течение двух дней подряд и 120 часов в год;
- в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается;
- продолжительность еженедельного непрерывного отдыха не может быть менее 42 часов.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Требования к организации рабочего места с ПЭВМ представлены в следующих нормативных документах: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16], ГОСТ 12.2.032-78 [18]. В соответствии с данным ГОСТом конструкция рабочего места должна соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. При этом должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля.

Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

- высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног;
- высоты сиденья и подставки для ног (при нерегулируемой высоте рабочей поверхности). Оптимальная рабочая поза для работающих более низкого роста достигается за счет увеличения высоты рабочего сиденья и подставки для ног на величину, равную разности между высотой рабочей поверхности для работающего ростом 1800 мм и высотой рабочей поверхности, оптимальной для роста данного работающего.

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами, должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах от 400 до 550 мм и углам наклона вперед до 15° и назад до 5°;
- высоту опорной поверхности спинки от 280 мм до 320 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $\pm 30^\circ$;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах от 260 до 400 мм;

– стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной от 50 до 70 мм;

– регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах от 200 до 260 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах от 350 до 500 мм

Соблюдение данных требований обеспечивает высокую производительность труда рабочего. Кроме того, способствует снижению воздействия вредных факторов, чем сокращает утомляемость.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Для обеспечения безопасности персонала, используется классификация воздействующих факторов, при выполнении работ на вредные и опасные. При осуществлении данной работы на исследователя воздействовали следующие вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-2015 [19] описаны в таблице 12.

Таблица 12– Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16]. СанПиН 2.2.4.548-96 [5]. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [6]. СП 52.13330.2016 [7]. ГОСТ 12.1.019-2017 [8]
2. Превышение уровня шума		+		
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	

Продолжение таблицы 12

4.Недостаточная освещенность рабочей зоны			+	
5. Наличие электромагнитных полей	+	+	+	
6.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

5.2.2 Отклонение показателей микроклимата

Любое рабочее место должно соответствовать определенным требованиям, для обеспечения высокой производительности работника. Данные условия должны минимизировать психологическое напряжение, связанное с климатом внутренней среды помещения или маленькой площадью, выделенной на рабочее место. Данная научно-исследовательская работа проводилась в отделении автоматизации и робототехники, в учебном корпусе 10, кабинет 208А. Данный кабинет имеет площадь 43.01 м² и 8 рабочих мест оборудованных ПЭВМ. В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16], на одного работника должна быть выделена площадь 4,5 м². Данный кабинет соответствует данным требованиям, поскольку в нём отводится 5,4 м² на одного работника.

Требования к оптимальным величинам микроклимата приведены в СанПиН 2.2.4.548-96 [20]. Данные параметры должны обеспечивать комфортное пребывание человека на рабочем месте, без состояния теплового дискомфорта. Поскольку данная работа не связана со значительными физическими нагрузками, она относится к категории работ Ia по уровню энергозатрат. Требования устанавливаются к следующим показателям, оптимальные величины которых приведены в таблице 13:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;

- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Таблица 13 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

Если по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины показателей микроклимата, устанавливаются допустимые величины показателей микроклимата. Данные показатели установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые величины показателей микроклимата приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Теплый	(21,0-22,9)	(24,1-25,0)	(20,0-29,0)	(15-75)	0,1	0,2
Холодный	(20,0-21,9)	(25,1-28,0)	(19,0-26,0)	(15-75)	0,1	0,1

Рабочее место соответствует допустимым показателям микроклимата. Для обеспечения показателей в допустимых пределах используется водная система отопления. Вентиляция воздуха поддерживается проветриванием аудитории во время перерывов.

Показатели микроклимата на рабочем месте соответствуют допустимым показателям микроклимата. На основании этого можно сделать вывод о том, что никаких дополнительных мероприятий проводить не требуется.

5.2.3 Превышение уровня шума

В данном разделе будут освещены вопросы, связанные с уровнем шума на рабочем месте. Шум оказывает значительное влияние на производительность труда работника, связано это со снижением внимания и повышенной утомляемостью. Основные требования к допустимому уровню шума на рабочих местах приведены в СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [21]. Предельно допустимый уровень звукового давления, в соответствии с среднегеометрическими частотами, приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Предельно допустимые уровни звукового давления

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука в дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность, рабочее место с вычислительной машиной.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Основными источниками шума являются:

- система охлаждения системных блоков;
- шум с улицы;
- люминесцентные лампы.

Для уменьшения уровня шума требуется регулярно производить техническое обслуживание компьютеров, а именно: чистку от пыли. Рабочее место находится в отдалении от дороги. Также, в нем проводится регулярное техническое обслуживание компьютеров. Для снижения шума от люминесцентных ламп лучше всего использовать электронный пускорегулирующий аппарат (ЭРПА) вместо обычного пускорегулирующего аппарата (дресселя). Всё это значительно снижает уровень шума. Шум на рабочем месте не превышает предельно допустимый уровень звукового давления. Основываясь на этом, можно сделать вывод о том, что рабочее место соответствует нормам.

5.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны и отсутствие или недостаток естественного света

Важнейшим условием для обеспечения благоприятных условий труда является рациональное освещение рабочего места. Именно оно является основополагающим фактором, влияющим на продуктивность работы. На сегодняшний день требования к освещенности рабочего места приведены в СП 52.13330.2016 [22]. Освещение должно быть не чрезмерно ярким, для уменьшения раздражения в глазах. Однако, недостаточность освещения приведет к повышенной утомленности из-за напряжения зрения.

Обеспечение освещения рабочего места обеспечивается смешанным освещением, то есть с использованием естественного и искусственного освещения. Оконные проемы преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток. Также, они должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Рабочие столы должны быть размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Освещенность на поверхности стала в зоне размещения рабочего документа должна быть от 300 до 500 лк. Поскольку, освещение не должно создавать бликов, освещенность на поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м². Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в учебных помещениях должен быть не более 15. Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 °С до 90 °С вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать соотношение от 3:1 до 5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

5.2.5 Уровень электромагнитных полей

Поскольку электронно-вычислительные машины создают электромагнитные поля, которые негативно влияют на здоровье и самочувствие человека, существуют требования, регламентирующие соответствующие параметры. Данные требования описаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [16]. Временные допустимые уровни электромагнитного поля, создаваемого ПЭВМ на рабочем месте приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Временно допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

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

Для уменьшения влияния электромагнитного поля, требуется отдалить источник от работника. В данном случае основным источником является LCD -дисплей. Для минимизации воздействия вредного фактора требуется расположить монитор от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм. Электромагнитные поля на рабочем месте не превышает предельно допустимый уровень ЭМП. Основываясь на этом, можно сделать вывод о том, что рабочее место соответствует нормам.

5.2.6 Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Поражение электрическим током, является серьезной опасностью при работе с ПЭВМ. Именно поэтому, требуется проводить мероприятия по обеспечению электробезопасности. Основные требования по электробезопасности представлены в нормативном документе ГОСТ 12.1.019-2017 [23]. Рабочее место находится в аудитории, которая относится к группе помещений без повышенной опасности. Поскольку данное помещение сухое, хорошо отапливаемое, с токонепроводящими полами, с температурой от 18 до 20 °С и влажностью от 40 до 50 %.

Причиной поражения электрическим током при работе с ПЭВМ может быть как оплошность, при прикосновении к токоведущим частям, так и в случае ухудшения изоляции токоведущих частей. Поражение электрическим током может привести к серьезным травмам, а в некоторых случаях – к смерти.

Поскольку все токоведущие части компьютера изолированы, а также, помещены в специальный корпус, вероятность прикосновения к токоведущим частям сведена к минимуму. Также питающие розетки имеют заземляющие контакты, которые, что обеспечивает соблюдение требований электробезопасности.

5.3 Экологическая безопасность

Соблюдение экологической безопасности является важным требованием для любой деятельности человека. Связанно это с тем фактом, что практически любая деятельность приводит к негативному влиянию на окружающую среду. Именно поэтому требуется выявлять предполагаемые источники загрязнения и предпринимать соответствующие меры по их минимизации.

Данное исследование не является промышленной деятельностью, т.к. проводится с использованием ПЭВМ. Опасность для окружающей среды возникает только в случае неправильной утилизации компьютерной техники, поскольку в ней содержатся опасные для окружающей среды вещества, такие как производные газов и тяжелые металлы. При попадании на свалку, данные вещества проникают в почву, отравляют воздух и воду. Неисправные устройства списываются, а затем утилизируются специализированными организациями, согласно Федеральному закону № 89-ФЗ [24].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации техногенного характера в настоящее время представляют большую угрозу безопасности человека, как на рабочем месте, так и вне его. К одной из таких ситуаций, при работе с ЭВМ, можно отнести пожар, причины возникновения которого были рассмотрены ранее.

Поскольку ЭВМ не оказывает особого влияния на окружающую среду, возникновение данной ЧС маловероятно и будет вызвано сторонними факторами. Поскольку работа с ЭВМ не выделяет вредных веществ, способных вызвать серьезные заболевания, чрезвычайные ситуации не могут быть вызваны в ходе научно-исследовательской работы используемыми техническими средствами.

Поскольку работа с ЭВМ не оказывает значительное влияние на окружающую среду, данные чрезвычайные ситуации не могут быть вызваны в ходе научно-исследовательской работы используемыми техническими средствами.

В случае возникновения чрезвычайной ситуации – пожар в 10 корпусе Томского политехнического университета предусмотрены все меры для обеспечения эвакуации находящихся внутри людей. К ним относятся система охранно-пожарная сигнализация, планы эвакуации, порошковые огнетушители, таблички с направлением к запасному выходу. План

эвакуации второго этажа правого крыла, на котором располагается аудитория, представлен на рисунке 10.

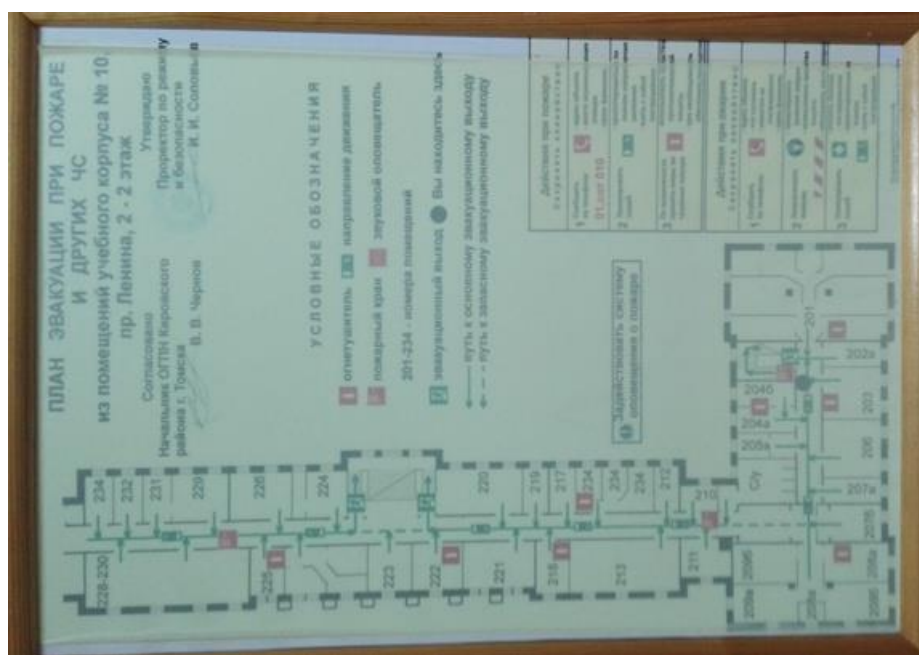


Рисунок 10 – План эвакуации при пожаре и других ЧС

Основные требования по обеспечению пожарной безопасности представлены в документе «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [25]. Поскольку работа в учебном кабинете не предполагает использование пожароопасных материалов, данная рабочая зона относится к категории помещений с пониженной пожароопасностью (Д). К данному классу помещений относятся помещения, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

К основным причинам возникновения пожара можно отнести:

- неисправности в электрооборудовании;
- неисправности в проводке;
- дефекты в электрических приборах;
- короткое замыкание;
- несоблюдение правил пожарной безопасности.

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и имущество, относятся:

- пламя и искры;

- тепловой поток;
- повышенная температура окружающей среды;
- повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода;
- снижение видимости в дыму.

В соответствии с техническим регламентом каждый объект должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Данная система создается с целью предотвращения пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре. Данная система должно включать в себя:

- систему предотвращения пожара;
- систему противопожарной защиты;
- комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Рабочее место, находящееся в корпусе 10, имеет систему охранно-пожарной сигнализации, планы эвакуации, порошковые огнетушители, таблички с направлением к запасному выходу. Отсюда можно сделать вывод о том, что данная аудитория соответствует всем требованиям обеспечения пожарной безопасности. План эвакуации второго этажа правого крыла, на котором располагается аудитория, представлен на рисунке 10.

Заключение

Эффективная система обеспечения единства измерений является основополагающим фактором для развития науки и техники. Связано это в первую очередь с тем, что в подавляющем большинстве организаций используются средства измерений. Современная система обеспечения единства измерений морально и технически устарела, а потому требует новых решений, для повышения эффективности. Таким решением может стать переход к использованию информационных систем и калибровки с удалённым доступом.

В данной работе рассмотрена возможность перехода от бумажных носителей к использованию информационных систем. Дан обзор законодательства, связанный с оформлением результатов поверки и калибровки. Сделан вывод о том, что поскольку на сегодняшний день квалифицированная электронная подпись имеет юридическую силу, имеется возможность заменить бумажные свидетельства и сертификаты на файлы в базе данных, подписанные электронной подписью. Данный метод значительно снизит расходы на выпуск бланков, повысит защищенность и доступность метрологической информации о средствах измерений.

Помимо этого рассмотрен алгоритм оценки неопределённости измерений. Было выявлено, что излишние упрощения вычислений приводят к потере практической ценности полученной величины. Были даны практические рекомендации по оценке расширенной неопределённости измерений.

Был разработан программно-аппаратный комплекс калибровки с удалённым доступом вольтметров на базе PXI. Программная часть разработана в среде LabVIEW. При помощи данного комплекса была проведена калибровка вольтметра. На основании этого можно сделать вывод о том, что современный уровень технологического прогресса позволяет

перейти к новым техническим решениям, для уменьшения расходов на передачу единицы физической величины.

Список публикаций студента

1 Stukach O.V., Ershov I.A., Sychev I.V. Towards the Distributed Temperature Sensor with Potential Characteristics of Accuracy // 2018 XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE). – 2018. – pp. 268-271. – DOI: 10.1109/APEIE.2018.8546271.

2 Ершов И.А. Использование информационных систем для обеспечения метрологической прослеживаемости // МНСК-2018: Информационные технологии. Материалы 56-й Международной научной студенческой конференции. – Новосибирск: НГУ, 2018 – с. 31.

3 Ершов И.А. Современные технологии калибровки средств измерений электрических величин // Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск: ТПУ, 2018. – с. 227-228.

4 Ершов И.А. Программно-аппаратный комплекс дистанционной калибровки средств измерений электрических величин // Автоматика и программная инженерия. – Новосибирск: ПАО «НИПС», 2018. – № 4(26). – с. 29-33.

5 Aymagambetova R.Z., Ershov I.A., Stukach O.V. Towards the problem of measurement traceability in the Internet of measurement concept // 2017 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics). – 2017. – pp. 1-4. – DOI: 10.1109/Dynamics.2017.8239425.

6 Ershov I.A., Stukach O.V. Approach to the Clustering Modeling for the Strong Correlative Control Measurements for Estimation of Percent of the Suitable Integrated Circuits in the Semiconductor Industry // 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk. – 2016. – pp. 1-4. – DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7819007.

7 Ершов И.А., Аймагамбетова Р.Ж. Совершенствование информационного обеспечения метрологической прослеживаемости // Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск: ТПУ, 2018. – с. 227-228.

8 Ершов И.А. Реализация программы "цифровая экономика" в системе обеспечения единства измерений // Автоматика и программная инженерия. – Новосибирск: ПАО «НИПС», 2018. – № 1(23). – с. 105-109.

9 Ершов И.А. Моделирование полупроводникового производства на основе статистических данных // МНСК-2017: Инструментальные методы и техника экспериментальной физики. Материалы 55-й Международной научной студенческой конференции, 2017. – Новосибирск: НГУ, 2017. – с. 30.

10 Ершов И.А., Аймагамбетова Р.Ж., Стукач О.В. Технология блокчейн в обеспечении метрологической прослеживаемости // Динамика систем, механизмов и машин. – Омск: ОмГТУ, 2017. – Т. 5. – № 4. – с. 57-61.

11 Ершов И.А., Стукач О.В. Архитектура системы дистанционной калибровки как часть концепции Internet of Measurements (IoM) // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике. Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: ТПУ, 2016. – с. 140-142.

12 Воскобойникова О.Б., Ершов И.А. Разработка эталонной модели качества полупроводникового производства на основе факторного и кластерного анализа // Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск: ТПУ, 2016. – с. 179-180.

13 Ершов И.А., Рыбин Ю.К. Генератор сигналов произвольной формы на NI FPGA BOARD // Молодёжь и современные информационные технологии. Сборник трудов XIII Международной научно-практической

конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Томск: ТПУ, 2016. – с. 30-31.

14 Ершов И.А., Стукач О.В. Определение числа кластеров в модели полупроводникового производства // Наука. Технологии. Инновации. сборник научных трудов: в 9 частях. – Новосибирск: НГТУ, 2016. – с. 217-219.

15 Ершов И.А., Воскобойникова О.Б., Стукач О.В. Кластерный анализ процессов в полупроводниковом производстве // Динамика систем, механизмов и машин. – Омск: ОмГТУ, 2016. – № 4. – с. 178-181.

16 Стукач О.В., Ершов И.А. Повышение устойчивости решения задач классификации методами кластерного анализа с корректным нормированием данных // Управління розвитком. – Харьков: ХНЭУ, 2016. – № 3(185). – с. 120-129.

17 Ершов И.А., Стукач О.В. Использование корректного нормирования статистических данных в кластерном анализе // Современные технологии поддержки принятия решений в экономике. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: ТПУ, 2015. – с. 32-34.

Список используемой литературы

- 1 BIPM – The International System of Units (SI). – URL: <https://www.bipm.org/en/the-si/>
- 2 Бондарик В.Н., Кучерявый А.Е. Прогнозирование развития интернета вещей на горизонте планирования до 2030 года // Труды московского физико-технического института. – 2013. – Т. 5. – № 3(19). – с. 92-96.
- 3 Сети умных устройств // Век качества. – 2011. – № 5. – с. 30-33. – ISSN: 2219-8210.
- 4 Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 26. – ст. 3021.
- 5 Приказ Ростехрегулирования от 28.12.2006 N 3906 «О представлении отчетности о результатах поверки средств измерений в рамках АИС «Метрконтроль» // Вестник Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. – 2017. – №1.
- 6 Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». – утверждён 24.12.18. – 90 с.
- 7 Федеральный закон от 06.04.2011 N 63-ФЗ «Об электронной подписи» // Парламентская газета. – 2011. – № 17.
- 8 Приказ 1402 от 05.07.2018 О наименованиях ФГИС Росстандарта. – 2 с. – URL: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/activity/informationfacility>
- 9 ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению // М.: Стандартинформ. – 2015.
- 10 РМГ 91-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Совместное использование понятий "погрешность измерения" и "неопределенность измерения". Общие принципы // М.: Стандартинформ. – 2009.

11 ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения // М.: Стандартиформ. – 2017.

12 Данилов А.А. Вопросы подготовки калибровочной лаборатории к аккредитации // Главный метролог. – 2017. – № 6(99). – С. 10–17.

13 Vaca L. B., Duda L., Walker R., Oldham N., Parker M. Internet-Based Calibration of a Multifunction Calibrator // National Conference of Standards Laboratories. – April 2000. Toronto. – P. 10.

14 Velychko O., Gurin R. Internet calibration of digital multimeters and calibrators of electrical signals // Conference Paper 10th International Congress on Electrical Metrology. – 2013.

15 NI PXI/PCI-5421 Specifications. – URL: <http://www.ni.com/pdf/manuals/371477g.pdf>

16 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – Российская газета. – №120.

17 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). – Российская газета. – 2001. – № 256.

18 ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – введ. 1979-01-01. – М: Изд-во стандартов, 1979. – 9 с.

19 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – введ. 2017-03-01. – М: Стандартиформ, 2016.

20 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

21 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1996.

22 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – М.: Стандартинформ, 2017.

23 ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2019.

24 Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 25.12.2018) «Об отходах производства и потребления». – Российская газета. – № 121.

25 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М.: Собрание законодательства Российской Федерации. – 2008. – №30, ч. I.

Приложение А
(обязательное)

Introduction

1 Use of information systems

2 Calibration with remote access

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Ершов Иван Анатольевич		

Консультант ОАР ИШИТР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	к.т.н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

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

Introduction

Ensuring unity of measurements is an important factor in the development of science and technology. This is due to the widespread usage of various measuring instruments in almost all spheres of activity. However, this system has not undergone major changes for a long time, and all innovations are related only to the improvement of primary standards, as a result, all of these aspects have led to moral and technical obsolescence. One such example is the decision of the meeting of the 26th General Conference on Weights and Measures (CGPM) to abandon the International Prototype of the Kilogram in favor of its determination through the Planck constant. Nevertheless, it is essential to understand that for the ordinary owner of the measuring instrument, as a consumer of verification or calibration services, these decisions have no effect. The owner of the measuring instrument as well as any consumer is primarily interested in the quality and speed of services. And if the quality of metrological services is satisfactory, the speed of services leaves much to be desired. This is a serious problem for the consumer, as he or she is deprived of the measuring instrument when he or she passes it for verification or calibration. Often, this leads to significant losses due to the lack of measuring instruments that are regularly used in the workplace.

Based on this, it can be concluded that the currently functioning system is not effective enough, but the transition to new technical decisions and the use of information systems can act as the solution to this problem. One such solution is the use of programmable measuring instruments, which open up new possibilities for the transmission of a unit of physical quantity. One such feature is calibration with remote access as part of the Internet of Things (IoT) concept, which involves the calibration and verification of measuring instruments with remote access via the high-speed Internet. Previously, the use of this technology was impossible because of insufficient technological base, but today programmable measuring instruments are nonetheless gaining popularity, and the Internet accessibility also plays an important role in the use of this system.

Since the described above implies the widespread use of software, the results of the measurements will be presented in electronic form. This feature allows replacing hard-copy documents with electronic files. In addition, it is promoted by a huge number of the databases and systems of protection developed today which allow creating information systems for entering, storing and viewing of information on the used measuring instruments.

1 Use of information systems

Ensuring the unity of measurements is one of the most important areas of development to provide the stable development of science and production in the country. The Federal Law № 102-FZ "Concerning ensuring the unity of measurements" regulates relations in this sphere to date. According to this law, each measuring instrument, which is used in the sphere of state regulation of ensuring the unity of measurements must undergo periodic inspection. The constant increase in the number of used measuring instruments and the growth in the number of processing operations significantly enlarge the timing of verification. Since the consumer is deprived of the measuring instrument at the workplace during the time of verification, it leads to the financial losses.

Registration of the calibration results takes considerable time. In general, it includes the registration of a verification certificate or entry in the passport, application of a verification mark on a measuring instrument, entering the information in the AIS "Metrcontrol" and entering information into the working log of verification. There is a common opinion that a lot of information is simply duplicated on different types of media. However, all these carriers are not able to guarantee the necessary protection against unscrupulous owners of measuring instruments due to the use of outdated means of protection. Modern printing allows forging a certificate of verification without any difficulty. And the information about the verification, which is sent to Rosstandart, has no legal force, and is rarely used because of that. It is also possible to check the certificate of verification with data from log stored in the archives of accredited centers, but it requires a lot of work. There is the opportunity to carry out control verification of measuring instruments during the audit, but the number of measuring instruments in some organizations reaches hundreds or even thousands of units. That makes this perspective almost physically impossible.

On the basis of the above, it can be concluded that the existing system of ensuring the uniformity of measurements is ineffective in spite of all dedicated to

the optimization system performance efforts, resources, and time. In order to overcome this current problem, it is necessary to refer to the program "Digital economy of the Russian Federation", which includes the rejection of physical media in favor of digital. Thus, it leads to optimization of costs for processing results and storing information.

The optimal solution to this problem is to create an information system that will get rid of paper media, such as certificates of verification, passports and logs. The main condition of this system should be high security of information, precisely the inability to change the information after entering it into the database. At the same time, this information should be publicly available, so that everyone can independently check when the verification of the measuring instrument was carried out. Also, it will greatly simplify the verification of owners of measuring instruments by authorized persons.

There is an important feature, that the document must have legal force at its use. An electronic signature should be used in current information system for precisely this reason. There are several types of electronic signature. A qualified electronic signature is perfect for this purpose, as it can be obtained only in an accredited certification center. The digital format of the information will allow accessing them from any place with the connection to the Internet. Moreover, it will eliminate the possibility of forgery of the document, as it will be stored in the database of controlling structures. To implement this system, it will be necessary to amend the Federal Law № 102-FZ "Concerning ensuring the unity of measurements", which does not prescribe the possibility to issue verification or calibration results in the form of electronic documents which are electronically signed. It is important that the necessary changes are not related to physical limitations which makes them quite feasible.

At the moment, the Federal state information system of Rosstandart is developed in accordance with the Concept of Informatization of the Federal Agency on Technical Regulation and Metrology. It consists of 3 queues of FSIS "Beresta", FSIS "Arshin" and FSIS "Kontur" in accordance with the Order 1402 of

05.07.2018 "Concerning the names of FSIS Rosstandart". FSIS "Arshin" refers to ensuring unity of measurements. Currently, it provides public access to normative documents, information about the etalon of units of quantities and other useful information related to ensuring unity of measurements. But most importantly, information about the results of verification of measuring instruments is collected and announced in the public domain even now. This means that active work is carried out currently to digitize the system of ensuring unity of measurements. Perhaps in the future this will allow abandoning physical documents, which will greatly reduce material and time costs on registration of results of verification and calibration.

2 Calibration with remote access

There is a large number of electric measuring instruments, which are used in both science and production. Each measuring instrument must be periodically calibrated and verified, and the transfer of the units to a measurement standard takes place gradually, and each phase requires a direct connection to etalons at various levels. It means that each owner of the measuring instrument, who uses it in the government scope of regulation, is obliged to bring it to the special institution, or to pay delivery of the measuring instrument to the location of a verifiable instrument, as well as to pay specialist's business trip. Given modern conditions, it is extremely expensive for society as a whole. The problem is particularly acute in cases, when measuring instruments are in remote areas, and the delivery of measurement standards and measuring devices is difficult. The proposed concept of the Internet of Measurements (IoM) assumes that the measuring instrument will be calibrated remotely with the use of a hardware-software complex.

The main advantage of calibration with remote access is savings in cost and time, because a direct presence of an authorized person is not required. The idea is first proposed in the article, in which the main steps and the necessary equipment for this methodology are presented. Nevertheless, IoM was not realized to full extent, because of the absence of the IoT ideology in the past.

A Temperature and Humidity Sensor and a mobile measurement standard are used for remote calibration system. The sensor supplies the control of conformity in accordance with normal conditions during the calibration of the instrument. Mobile measurement standard is required for transmitting units of a physical quantity to the measuring device. Human participation and a semi-automatic operating mode are the disadvantages of this scheme. The transfer of a measured value is implemented in ways, that each element of a functional chain increases the total error of transmitted value that is the most important indicator in the calibration process. For today there is a real model of multi-tasking mobile

measurement standard. The model is tested and capable to calibrate independently. However, it has the apparent disadvantage: there is too many elements in the functional system.

The concept of trading based on IoM must ensure the service in a way that a measuring instrument, purchased by a customer, is calibrated and verified from the customer's laboratory. There is an example of an individual realization of IoM based on the technology of National Instruments Corporation. These technologies allow combining a whole hardware-software complex in one programmed payment. The complex will be completely synchronized and controlled by the program in real time. The interfaces of NI measuring systems fully ensure workability of the existing traceability chain taking into account IoM services and protocols.

One of the advantages of the technology is the absence of direct interaction between the owners of the measuring instruments and the formation of a protocol in real time. As a result, the employee of the accredited laboratory is protected from a negative impact or a slander, made by the ordering party.

The scheme of calibration with remote access is presented on the figure A.1. The employee of the laboratory indicates a measuring instrument and enters values in the special table. These indications are sent to the employee of an accredited center for further calculations.

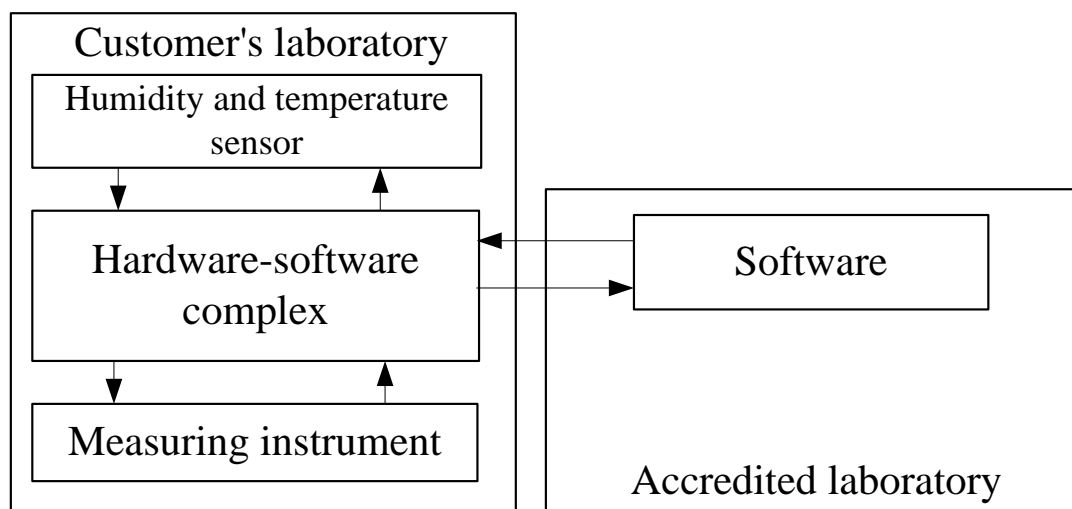


Figure A.1. The scheme of calibration with remote access

The system, developed at the present time, produces an exchange of information through Ethernet, which is the most popular technology nowadays. It is worth noting, that a connection of components to one system considerably facilitates the process of the synchronization. High operating speed of the system is caused by the fact, that the measurements results and indications are transmitted straight to the controlling program.

Protection of transmitted data is necessary, because verification and calibration of measuring instruments – are a legal action. Indeed, a bilateral agreement between an owner of the measuring instrument and an accredited laboratory is quite enough for the process of calibration, and a standard interface acts as a means of documenting the measuring error. The third disinterested party, which is an authorized center fixing all operations, including handing an electronic certificate, is needed to ensure the legal process. To date, creation of software for the calculation of calibration results, according to input data, can be done without any difficulty. Because the data is accumulated in the program during the calibration, it is not required to set up input data manually. Therefore, we can increase the operating speed and cost-effectiveness.

Hardware-software complex is developed on the basis of PXI. The system allows combining all components. The following devices are used in this work:

- The NI PXI-8102 NI Controller;
- The NI PXI-5421 Waveform Generator;
- The HS-2000D humidity and temperature sensor.

The choice of National Instruments equipment steams from the usability and wide scope of the equipment, with which the developed program is compatible. This advantage allows using other hardware supplying, without any significant changes in the program. The hardware-software complex is presented on the figure A.2.



Figure A.2. Hardware-software complex

The programming part is implemented in the LabVIEW environment. It consists of two parts: the controlling program and the controlled program. The controlling program is started from an accredited laboratory, and it is responsible for transferring necessary information to the generation of the signal and processing of the results. The controlled program is necessary for managing the hardware and transmitting the measurement results.