

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
Косвенные измерения и обработка их результатов в программно-аппаратной среде NI ELVIS

УДК 004.415.2:621.317.7.083.92

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Дроновой Анастасий Руслановне		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Заревич Антон Иванович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко Михаил Владимирович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	д.т.н., профессор		

**Планируемые результаты обучения по направлению
27.04.01 «Стандартизация и метрология»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
Р2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
Р3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий
Р4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества
Р5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводить анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений
Универсальные компетенции	
Р6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода

	профессиональной деятельности
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

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
 _____ С.В. Муравьев
 (Подпись) _____ (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Дроновой Анастасий Руслановне

Тема работы:

Косвенные измерения и обработка их результатов в программно-аппаратной среде NI ELVIS	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 59-40/с от 28.02.2020 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	15.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объектом исследования является программно-аппаратная среда NI ELVIS по многократному измерению электрических величин. 2. Исходные данные: Программный пакет NI ELVIS.
--	---

<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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор источников по теме диссертации; 2. Разработка лабораторной работы; 3. Расчет и аналитика; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Раздел выполненный на английском языке
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint);</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Конотопский Владимир Юрьевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Горбенко Михаил Владимирович</p>
<p>Раздел, выполненный на английском языке</p>	<p>Пичугова Инна Леонидовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Введение, Объект исследования</p>	

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8ГМ81</p>	<p>Дронова Анастасия Руслановна</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Дроновой Анастасий Руслановне

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 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>	<i>Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию и должностные оклады сотрудников</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	-
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Социальные отчисления – 30%, НДС – 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Оценка коммерческого потенциала проекта.
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	- Построение плана-графика выполнения ВКР; - Составление сметы затрат; - Расчет цены результата ВКР.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	- Оценка экономической эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ - выполнить</i> <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ - выполнить</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		26.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Дронова Анастасия Руслановна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ81	Дроновой Анастасий Руслановне

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

Косвенные измерения и обработка их результатов в программно-аппаратной среде NI Elvis	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Исследовать возможности программно-аппаратной среды NI ELVIS по многократному измерению электрических величин с целью её практического применения в измерениях статистических характеристик электронных компонентов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора.
2. Производственная безопасность: Анализ выявленных вредных факторов которые может инициировать объект исследования: <ul style="list-style-type: none"> – Микроклимат; – Повышенная напряженность зрения; – Повышенная напряженность труда в течение смены; – Освещенность; – Электромагнитные излучения; – Шум. Анализ выявленных опасных факторов которые может инициировать объект исследования: <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток 	<ul style="list-style-type: none"> – Микроклимат; – Напряженность зрения; – Повышенная напряженность труда в течение смены; – Естественное и искусственное освещение; – Электромагнитные излучения; – Электрический ток.
3. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу 	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; – разработка решений по

(сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	обеспечению экологической безопасности
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка порядка действий в случае возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар. – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Дронова Анастасия Руслановна		

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 – магистр

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

магистерская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.03.2020	Дисциплина «Метрология» в учебном процессе ТПУ	10
15.03.2020	Основные понятия и положения метрологии	10
10.04.2020	Объект исследования	10
30.04.2020	Расчеты и аналитика	20
08.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
17.05.2020	Разработка методического указания	10
27.05.2020	Социальная ответственность	10
03.06.2020	Раздел на иностранном языке	10
04.06.2020	Оформление пояснительной записки	10
	Итого:	100

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
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	Д.Т.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 100 страниц, 6 рисунков, 15 таблиц, 28 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: Лабораторная работа, методика, ELVIS, косвенные измерения, метрология.

Объектом исследования является программно-аппаратная среда NI ELVIS по многократному измерению электрических величин.

Цель работы – практическое применение в измерениях статистических характеристик электронных компонентов в программно-аппаратной среде NI ELVIS.

В процессе исследования проводилась разработка лабораторной работы с использованием учебной платформы NI ELVIS.

В результате исследования была разработана лабораторная работа по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», позволяющие обучать студентов основам проведения косвенных многократных измерений физических величин.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: программное обеспечение данных лабораторных работ предназначено для запуска в операционной системе Windows XP и выше, IBM совместимых ПК.

Область применения: лабораторная работа предназначена для внедрения в учебную программу по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

Экономическая эффективность/значимость работы: выполненная работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

В будущем планируется доработка лабораторных работ согласно замечаниям преподавателей.

Оглавление

Введение.....	13
1 Дисциплина «Метрология» в учебном процессе ТПУ	14
1.1 Структура и содержание дисциплины метрология	14
1.2 Место дисциплины МСиС в учебном процессе ТПУ	15
1.3 Концепция образовательной программы МСиС	16
2 Основные понятия и положения в метрологии.....	18
2.1 Классификация измерений.....	20
2.2 Метрологические характеристики средств измерений	23
2.3 Обработка результатов косвенных измерений	29
3 Объект и методы исследования	31
3.1 Аппаратные компоненты NI ELVIS.....	33
3.2 Виртуальные инструменты	36
4 Расчеты и аналитика.....	38
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 47	
5.1 Организация и планирование работ.....	47
5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	51
5.2.1 Расчет затрат на материалы	51
5.2.2 Расчет заработной платы.....	51
5.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	52
5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	52
5.2.5 Расчет амортизационных расходов	53
5.2.6 Расчет прочих расходов.....	54
5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки.....	54
5.2.8 Расчет прибыли	54
5.2.9 Расчет НДС	55
5.2.10 Цена разработки НИР	55
5.3 Оценка экономической эффективности проекта.....	55
6 Социальная ответственность	56
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	58

6.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	58
6.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	60
6.2	Производственная безопасность	62
6.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может инициировать объект исследования.....	62
6.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследования.....	63
6.2.3	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	64
6.2.4	Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте.....	66
6.3	Экологическая безопасность.....	69
6.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	69
6.3.2	Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду	70
6.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	70
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
6.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	71
6.4.2	Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований	72
6.4.3	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	73
	Заключение	77
	Список используемых источников.....	78
	Приложение А Методическое указание	82
	Приложение Б (справочное) Research of hardware components of NI ELVIS in order to create a complex of laboratory works	89

Введение

Учебное подразделение ОАР НИИ ТПУ обеспечивает проведение занятий по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». Дисциплина включает лабораторные работы, направленные на совершенствование навыков в обработке результатов эксперимента.

В образовательном стандарте для специальностей существуют компетенции, которые реализует дисциплина МСиС. Эта дисциплина является одной из важных, в состав которой, входят практические работы, лабораторные работы, лекции, а так же имеются кредиты. Лабораторный цикл проводился по методичкам предназначенный для курса по метрологии, однако имеющаяся лабораторная база в подразделение на NI ELVIS позволяет проводить лабораторные работы и на более высоком уровне. Дисциплина электроника является универсальной и можно использовать в дисциплине МСиС.

Таким образом, совершенствование курса может быть проведено с помощью разработки методического материала лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» в программно-аппаратной среде NI ELVIS.

В данной квалификационной работе была разработана лабораторная работа по метрологии и исследованы возможности программно-аппаратной среды NI ELVIS по многократному измерению электрических величин. Целью является практическое применение в измерениях статистических характеристик электронных компонентов.

1 Дисциплина «Метрология» в учебном процессе ТПУ

1.1 Структура и содержание дисциплины

Объектом дисциплины являются четыре вида деятельности: техническое законодательство, стандартизация, метрология, сертификация.

Метрология состоит из трёх основных разделов:

- *Теоретическая или фундаментальная* — рассматривает общие теоретические проблемы (разработка теории и проблем измерений физических величин, их единиц, методов измерений).
- *Прикладная* — изучает вопросы практического применения разработок теоретической метрологии. В её ведении находятся все вопросы метрологического обеспечения.
- *Законодательная* — устанавливает обязательные технические и юридические требования по применению единиц физической величины, методов и средств измерений [1].

Указанные виды деятельности определяют деление дисциплины соответственно на четыре раздела. В рамках каждого вида деятельности рассматриваются структурные элементы: цели и задачи, принципы, объекты, субъекты, средства, методы и база.

В метрологии, для поддержания заданного режима технологического процесса, оценки качества продукции необходимо иметь точную количественную информацию. Получить ее можно только с помощью измерений.

Метрология является наукой об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства, и способах достижения требуемой точности. Предметом метрологии является извлечение количественной информации о свойствах объектов с заданной точностью и достоверностью. Средством метрологии является совокупность измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих требуемую точность

Обеспечение единства измерений в стране, создание эталонов и новых методов измерений возложено на Государственную метрологическую службу, находящуюся в ведении Госстандарта. Метрология имеет большое значение для стандартизации и унификации технологических процессов и изделий [2].

1.2 Место дисциплины МСиС в учебном процессе ТПУ

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» является частью профессионального раздела ООП для всех направлений подготовки. Перед освоением дисциплины студентами должны быть изучены следующие дисциплины: математика, физика, электротехника.

Результаты освоения дисциплины –

Студент должен **Знать:**

- правила округления результатов измерений
- теоретические основы метрологии и стандартизации;
- принципы действия средств измерений;
- методы измерений различных физических величин;
- основные физические величины, их определение и единицы измерения, систему воспроизведения единиц физических величин и передачи размера средствами измерения;
- виды погрешности измерений, способы выражения погрешностей измерения, классы точности, основы обработки и оценки результатов измерений;
- виды, состав и принципы разработки метрологического обеспечения;
- принципы и цели стандартизации и технического регулирования;
- системы стандартов.

Уметь:

- применять средства измерений различных физических величин;

- осуществлять выбор средств измерений по заданным метрологическим характеристикам;

- выбирать методики испытаний;
- осуществлять поиск стандартов;
- разбираться в классификации стандартов;
- проводить измерения и обрабатывать результаты.

Владеть:

- методами измерений, контроля и испытаний;
- методами оценивания погрешностей и неопределенностей с применением современных информационных технологий;

- методы поверки и калибровки;
- методами расчета метрологических характеристик средств измерений;

- типовыми методами контроля качества продукции и услуг;
- процедурами утверждения типа средств измерений;
- методами и средствами разработки и оформления технической документации.

1.3 Концепция основной образовательной программы «Метрология, стандартизация и сертификация»

Образовательная программа в области стандартизации и метрологии носит междисциплинарный характер, поскольку соответствующие специалисты востребованы практически в каждой отрасли народного хозяйства. Выпускники образовательной программы должны обладать подготовкой, позволяющей решать профессиональные задачи в различных предметных областях. В связи с этим студенты получают расширенную фундаментальную подготовку по математическому, естественнонаучному и общественно-экономическому циклам дисциплин.

Особенность данной образовательной программы состоит в ориентации на создание и применение информационных технологий в

реализации процессов и решении проблем в области метрологии. Акценты в обучении сделаны на освоении методов измерений электрических величин, на получении компетенций в области электроники и микропроцессорной техники, а также на формирование навыков владения технологиями программирования компьютерных измерительных систем. Это позволяет участвовать в создании, эксплуатации и в метрологическом обеспечении рабочих эталонов и прецизионных средств измерений, работать в области метрологического обеспечения сложных измерительных комплексов, входящих в состав современных технологических линий и систем контроля качества, а также участвовать в аттестации программного обеспечения компьютерных измерительных систем [2].

Таблица 1 – Цели освоения дисциплины

Код цели	Формулировка цели освоения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»
Ц1	Подготовка к производственно-технологической деятельности в области получения, обработки и представления данных измерений, испытаний и контроля, управления качеством продукции и услуг, метрологического и нормативного обеспечения производства, а также в области подтверждения соответствия.
Ц2	Подготовка к организационно-управленческой деятельности в области обеспечения единства измерений, систем менеджмента качества и аккредитации метрологических, испытательных, исследовательских и инспекционных подразделений
Ц3	Подготовка к научно-исследовательской деятельности в области современных методов и средств измерений, испытаний и контроля, а также информационных технологий метрологического обеспечения, стандартизации, сертификации и управления качеством.
Ц4	Подготовка к проектно-конструкторской деятельности в области разработки прецизионных средств и систем измерений, их метрологического и программного обеспечения
Ц5	Готовность к поиску и получению новой информации, необходимой для решения инженерных задач своей области, к активному участию в инновационной деятельности предприятия; готовность к самообучению и постоянному профессиональному самосовершенствованию
Ц6	Формирование кругозора, эрудиции, понимания общественной культуры, эстетического восприятия мира, научного мышления, коммуникабельности, корпоративной этики, умения вести дискуссии и отстаивать собственное мнение, понимания мировых тенденций социально-политического развития общества и своей ответственности за принятие профессиональных решений.

2 Основные понятия и положения метрологии

Физическая величина - одно из свойств физического объекта, общее в качественном отношении для многих физических объектов, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Единица физической величины - физическая величина фиксированного размера, которой условно присвоено числовое значение, равное 1, и применяемая для количественного выражения однородных с ней физических величин.

Технические измерения определяют класс измерений, выполняемых в производственных и эксплуатационных условиях, когда точность измерения определяется непосредственно средствами измерения.

Измерение - совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения измеряемой величины с ее единицей и получения значения этой величины [3].

Единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности известны с заданной вероятностью. Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разное время, с использованием различных методов и средств измерений, а также в различных по территориальному расположению местах.

Единство измерений обеспечивается их свойствами: сходимостью результатов измерений; воспроизводимостью результатов измерений; правильностью результатов измерений.

Сходимость - это близость результатов измерений, полученных одним и тем же методом, идентичными средствами измерений, и близость к нулю случайной погрешности измерений [4-5].

Воспроизводимость результатов измерений характеризуется близостью результатов измерений, полученных различными средствами измерений (естественно одной и той же точности) различными методами.

Правильность результатов измерений определяется правильностью как самих методик измерений, так и правильностью их использования в процессе измерений, а также близостью к нулю систематической погрешности измерений.

Средство измерения - техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Результат измерения - значение физической величины, найденное путем ее измерения. В процессе измерения на средство измерения, оператора и объект измерения воздействуют различные внешние факторы, именуемые влияющими физическими величинами.

Эти физические величины не измеряются средствами измерения, но оказывают влияние на результаты измерения. Несовершенство изготовления средств измерений, неточность их градуировки, внешние факторы (температура окружающей среды, влажность воздуха, вибрации и др.), субъективные ошибки оператора и многие другие факторы, относящиеся к влияющим физическим величинам, являются неизбежными причинами появления погрешности измерения.

Точность измерений характеризует качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины, т.е. близость к нулю погрешности измерений [6-7].

Погрешность измерения - отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Под истинным значением физической величины понимается значение, которое идеальным образом отражало бы в качественном и количественном отношениях соответствующие свойства измеряемого объекта.

Основные постулаты метрологии: истинное значение определенной величины существует и оно постоянно; истинное значение измеряемой величины отыскать невозможно. Отсюда следует, что результат измерения математически связан с измеряемой величиной вероятностной зависимостью.

Поскольку истинное значение есть идеальное значение, то в качестве наиболее близкого к нему используют действительное значение.

Действительное значение физической величины - это значение физической величины, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что может быть использовано вместо него. На практике в качестве действительного значения принимается среднее арифметическое значение измеряемой величины.

Рассмотрев понятие об измерениях, следует различать и родственные термины: контроль, испытание и диагностирование.

Контроль - частный случай измерения, проводимый с целью установления соответствия измеряемой величины заданным пределам.

Испытание - воспроизведение в заданной последовательности определенных воздействий, измерение параметров испытуемого объекта и их регистрация.

Метод измерений - прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерения [8].

2.1 Классификация измерений

В зависимости от способа получения измеряемой величины измерения делят на 4 вида:

1) *Прямые измерения* заключаются в экспериментальном сравнении измеряемой величины с мерой этой величины или в отсчете показаний измерительного прибора, непосредственно дающего значение измеряемой величины.

2) Результат *косвенных измерений* получают на основании прямых измерений величин, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью. Например, определение объема тел правильной геометрической формы по результатам прямых измерений его линейных размеров и соответствующего математического расчета. То же относится и к определению плотности материалов, предела прочности при сжатии.

3) *Совместными* называют производимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для нахождения зависимости между ними. При этом значения измеряемых величин находят по данным повторных прямых или косвенных измерений неоднородных величин. Повторные измерения проводят при различных сочетаниях мер либо при изменяющихся условиях, что дает возможность составить систему уравнений, решив которую, находят искомое значение измеряемой величины. Такой метод, например, используют при определении модуля упругости бетона.

4) *Совокупными* называют производимые одновременно измерения нескольких однородных величин, при которых искомые значения находят решением системы уравнений, получаемых при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.

По способу выражения результатов измерения подразделяются на абсолютные и относительные.

Абсолютное измерение – измерение, основанное на прямых измерениях одной или нескольких основных величин и (или) использование значений физических констант.

Результат измерений выражается непосредственно в единицах ФВ.

Относительное измерение – измерение отношения величины к однородной величине, играющей роль единицы, или измерение изменения величины по отношению к однородной величине, принимаемой за исходную. Величина, полученная в результате относительных измерений, может быть или безразмерной, или выраженной в относительных логарифмических единицах (бел, октава, декада) и других относительных единицах.

В зависимости от характера поведения измеряемой величины различают статические и динамические измерения.

Статическое измерение – измерение ФВ, принимаемой в соответствии с конкретной измерительной задачей за неизменную на протяжении времени измерения.

Динамическое измерение – измерение изменяющейся по размеру ФВ.

В свою очередь динамические измерения могут быть *непрерывными* (если технические средства позволяют непрерывно следить за значениями измеряемой величины) и *дискретными* (если значения измеряемой величины фиксируются только в отдельные моменты времени).

Измерения базируются на определенных принципах.

Под принципом измерения понимают физическое явление или эффект, положенное в основу измерений.

Метод измерений – это прием или совокупность приемов сравнения измеряемой ФВ с её единицей в соответствии с реализованным принципом.

Различают два основных метода измерений: метод непосредственной оценки и метод сравнения.

Метод непосредственной оценки – метод измерения, при котором значение величины определяют непосредственно по показывающему устройству средства измерений. Иногда этот метод называют методом прямого преобразования.

Метод сравнения (с мерой) – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

Метод сравнения может реализовываться в следующих модификациях:

1) *нулевой метод* (компенсационный) – метод сравнения с мерой, в котором результирующий эффект воздействия измеряемой величины и меры на прибор сравнения доводят до нуля;

2) *дифференциальный метод* – метод измерений, при котором измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, и при котором измеряется разность между этими двумя величинами;

3) *метод совпадений* – метод, при котором разность измеряемой и известной величин измеряют, используя совпадение отметок шкал или периодических сигналов;

4) *метод противопоставления* – метод, при котором измеряемая и известная величины одновременно воздействуют на прибор сравнения, с помощью которого устанавливается соотношение между этими величинами.

В зависимости от метода измерений и свойств применяемых средств измерений все измерения могут выполняться либо с однократными, либо с многократными наблюдениями.

Наблюдение – операции, проводимые при измерении и имеющие целью своевременно и правильно произвести отсчет.

Результат наблюдения всегда имеет случайный характер (это единичная экспериментальная операция).

Всякое измерение необходимо предварительно обдумать, составить план проведения измерений. В связи с этим в теории измерений вводится понятие методики выполнения измерений – совокупности правил и процедур выполнения измерений, которые обеспечивают получение результатов измерений, точность которых находится в установленных границах с заданной вероятностью. Порядок проведения измерений определяется алгоритмом измерения – предписанием о порядке выполнения операций, обеспечивающих измерение искомого значения ФВ [9-14].

2.2 Метрологические характеристики средств измерений

Важнейшими свойствами средств измерений являются те, от которых зависит качество получаемой с их помощью измерительной информации. Качество измерения характеризуется точностью, достоверностью, правильностью, сходимостью и воспроизводимостью измерений, а также размером допускаемых погрешностей.

Метрологические характеристики (свойства) средств — это такие характеристики, которые предназначены для оценки технического уровня и качества средства измерения, для определения результатов измерения и

расчетной оценки характеристик инструментальной составляющей погрешности измерения.

Характеристики, предназначенные для определения результатов измерения (без введения поправки):

- функция преобразования измерительного преобразователя,
- значение однозначной или многозначной меры;
- цена деления шкалы измерительного прибора или многозначной меры;
- вид выходного кода, число разрядов кода.

Характеристики погрешностей средств измерения - характеристики систематической и случайной составляющих погрешностей, вариация выходного сигнала средств измерения либо характеристика погрешности средств измерения.

Характеристики чувствительности средств измерения к влияющим величинам - функция влияния или изменение значений метрологических характеристик средств измерения, вызванные изменениями влияющих величин в установленных пределах.

Динамические характеристики средств измерения подразделяют на полные и частные. К полным динамическим характеристикам относят: переходную, амплитудно-фазовую и импульсную характеристики, передаточную функцию, к частным - время реакции, коэффициент демпфирования, постоянную времени, значение резонансной собственной круговой частоты.

Неинформативные параметры выходного сигнала средств измерения - параметры выходного сигнала, не используемые для передачи или индикации значения информативного параметра входного сигнала измерительного преобразователя или не являющиеся выходной величиной меры.

Рассмотрим более подробно наиболее часто встречающиеся метрологические показатели средств измерения.

Цена деления шкалы - это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Интервал деления шкалы - это расстояние между серединами двух соседних штрихов шкалы.

Начальное и конечное значения шкалы - соответственно наименьшее и наибольшее значения измеряемой величины, указанные на шкале, характеризующие возможности шкалы средств измерения и определяющие диапазон показаний [15-17].

Диапазон показаний - область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями шкалы. Эту характеристику часто называют пределами измерения по шкале.

Диапазон измерения, который часто называют пределом измерения средства измерения - это диапазон значений измеряемой величины, который может быть измерен данным средством измерения и для которого нормируется допускаемая погрешность средства измерения.

Одной из основных характеристик средств измерения линейных и угловых величин контактным методом является измерительное усилие, которое возникает в зоне контакта измерительного наконечника средства измерения с измеряемой поверхностью в направлении линии измерения. Оно необходимо для того, чтобы обеспечить устойчивое замыкание измерительной цепи. В зависимости от допуска контролируемого изделия (2 – 10) мкм рекомендуемые величины измерительного усилия находятся в пределах 2,5 - 3,9 Н, а свыше 10 мкм - 9,8 Н. Важным показателем измерительного усилия является его перепад (колебание) — разность измерительного усилия при двух положениях указателя в пределах диапазона показаний.

Свойство средства измерения, заключающееся в его способности реагировать на изменения измеряемой величины, называется чувствительностью. Она оценивается отношением изменения положения

указателя относительно шкалы к соответствующему изменению измеряемой величины.

Порог чувствительности средства измерения - изменение измеряемой величины, вызывающее наименьшее изменение его показаний, обнаруживаемое при нормальном способе отсчета. Эта характеристика важна при оценке малых перемещений.

Вариация показаний - наибольшая экспериментально определяемая разность между повторными показаниями средства измерения, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях. Обычно вариация показаний у средств измерения составляет 10... 50 % от цены деления, она определяется путем многократного арретирования наконечника средства измерения.

Погрешность измерения - это отклонение Δ результата измерения $X_{\text{изм}}$ от действительного значения $Q_{\text{д}}$ измеряемой величины: $\Delta = X_{\text{изм}} - Q_{\text{д}}$. Тогда погрешность средства измерения $Q_{\text{п}}$ — это разность между показанием прибора $X_{\text{п}}$ и действительным значением измеряемой величины:

$$\Delta = X_{\text{п}} - Q_{\text{д}} \quad (1)$$

Наряду с терминами «погрешность измерения», «погрешность средства измерения» используется понятие «точность измерения», которое отражает близость его результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерения соответствует малым погрешностям измерения. Погрешности измерения обычно классифицируют по причине их возникновения и по виду погрешностей [18].

Инструментальные погрешности возникают вследствие недостаточно высокого качества элементов средств измерения и контроля. К этим погрешностям можно отнести погрешности изготовления и сборки СИ; погрешности из-за трения в механизме СИ, недостаточной жесткости его деталей и т.п. Инструментальная погрешность индивидуальна для каждого СИ.

Причиной возникновения методических погрешностей служит несовершенство метода измерения, т.е. то, что мы сознательно измеряем, преобразуем или используем на выходе средств измерения не ту величину, которая нам нужна, а другую, которая отражает нужную лишь приблизительно.

Основная и дополнительная погрешности. За основную погрешность принимают погрешность средства измерения, используемого в нормальных условиях, оговоренных в нормативно-технических документах (НТД). Известно, что наряду с чувствительностью к измеряемой величине средство измерения имеет некоторую чувствительность и к неизмеряемым, но оказывающим влияние величинам, например температуре, атмосферному давлению, вибрации, ударам и т.д. Поэтому любое средство измерения имеет основную погрешность, которая отражается в НТД.

При эксплуатации средств измерения и контроля в производственных условиях возникают значительные отклонения от нормальных условий, вызывающие дополнительные погрешности.

Погрешности средств измерения нормируют установлением предела допускаемой погрешности. Предел допускаемой погрешности средства измерения — наибольшая (без учета знака) погрешность средства измерения, при которой оно может быть признано и допущено к применению. Например, пределы допускаемой погрешности 100-мм концевой меры длины класса 1 составляют ± 50 мкм, а для амперметра класса 1,0 составляют ± 1 % от верхнего предела измерений.

Погрешности средств измерения (СИ) могут выражаться:

в виде абсолютной погрешности Δ :

для меры

$$\Delta = X_{\text{н}} - X_{\text{д}}, \quad (2)$$

где $X_{\text{н}}$ — номинальное значение; $X_{\text{д}}$ — действительное значение измеряемой величины;

$$\Delta = X_{\text{П}} - X_{\text{Д}}, \quad (3)$$

где $X_{\text{П}}$ — показание прибора;

в виде относительной погрешности (100%):

$$\delta = (\Delta/X_{\text{Д}})100, \quad (4)$$

в виде приведенной погрешности (100%):

$$\gamma = (\Delta/X_{\text{N}})100, \quad (5)$$

где X_{N} — нормирующее значение измеряемой физической величины.

В качестве нормирующего значения может быть принят предел измерения данным СИ. Например, для весов с пределом измерения массы 10 кг $X_{\text{N}} = 10$ кг.

Если в качестве нормирующей величины принимается размах всей шкалы, то именно к значению этого размаха в единицах измеряемой физической величины и относят абсолютную погрешность.

На каждое СИ погрешность приводится только в какой-то одной форме.

Если погрешность СИ при неизменных внешних условиях постоянна во всем диапазоне измерений, то

$$\Delta = \pm a. \quad (6)$$

Если она меняется в указанном диапазоне, то

$$\Delta = \pm(a + bx). \quad (7)$$

При $\Delta = \pm a$ погрешность называется аддитивной.

Для аддитивной погрешности

$$\delta = \pm p. \quad (8)$$

Для мультипликативной погрешности

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_{\text{П}}}{X_{\text{Д}}} \right| \right) - 1 \right] \quad (9)$$

Приведенная погрешность

$$\gamma = \pm q. \quad (10)$$

Для обобщенной характеристики точности средств измерения, определяемой пределами допускаемых погрешностей (основной и дополнительной), а также другими их свойствами, влияющими на погрешность измерений, вводится понятие «класс точности средств измерения». Единые правила установления пределов допускаемых погрешностей показаний по классам точности средств измерения регламентирует ГОСТ 8.401—80. Классы точности удобны для сравнительной оценки качества средств измерения, их выбора, международной торговли.

Классы точности присваивают средствам измерения при разработке. В процессе эксплуатации метрологические характеристики средств измерения ухудшаются. Поэтому допускается понижение класса их точности по результатам метрологической аттестации [19].

2.3 Обработка результатов косвенных измерений

При обработке результатов косвенных измерений рекомендуется следующая последовательность действий:

1. Произвести измерения номинальных значений;
2. Определить среднее арифметическое значение и среднее квадратическое отклонение результата измерений;
3. Проверить гипотезу о нормальном распределении результатов наблюдений, используя критерий Пирсона;
4. Построить гистограмму эмпирического распределения результатов многократных измерений;
5. Проверить и исключить грубые погрешности с помощью одного из критериев;
6. Провести обработку результатов многократных наблюдений в соответствии с методикой;
7. Оценить неопределенность измерений.

Неопределенность измерений – неотрицательный параметр, характеризующий рассеяние значений величины, приписываемых измеряемой величине на основании используемой информации.

Неопределенности измерений, также как и погрешности измерений, могут быть классифицированы по различным признакам: по месту (источнику) их проявления на методические, инструментальные и субъективные; по их проявлению на случайные, систематические и грубые; на абсолютные и относительные по способу их выражения.

По характеру проявления неопределенности измерений делятся на два типа: неопределенности по типу А и по типу В.

- неопределенность, оцениваемая по типу А – неопределенность, которую оценивают статистическими методами;

- неопределенность, оцениваемая по типу В – неопределенность, которую оценивают нестатистическими методами;

При этом предлагается два метода оценивания неопределенностей А и В:

- для неопределенности типа А – использование известных статистических оценок среднеарифметического и среднеквадратического, используя результаты измерений и опираясь, в основном, на нормальный закон распределения полученных величин;

- для неопределенности типа В – использование априорной нестатистической информации, опираясь, в основном, на равномерный закон распределения возможных значений величин в определенных границах.

Таким образом, деление на систематические и случайные погрешности обусловлено природой их возникновения и проявления в ходе выполнения измерений, а деление на неопределенности, вычисляемые по типу А и по типу В – методами их получения и использования при расчете общей неопределенности [20].

3 Объект и методы исследования

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является виртуальная лабораторная работа.

Лабораторные работы по метрологии требуют использование современного измерительного оборудования. Кроме этого оборудование должно быть рассчитано на использование студентами, следовательно, важными его характеристиками являются безопасность, простота использования, возможность получения знаний и навыков, которые будут полезны для дальнейшей профессиональной деятельности обучающихся. Учебная платформа NI ELVIS представляет собой подходящий вариант для решения этой задачи.

Целью лабораторного цикла является:

- Экспериментальное изучение теоретических основ изучаемой дисциплины;
- Получение практических навыков постановки и проведения эксперимента над различными объектами исследования;
- Освоение навыков работы со средствами наблюдения, измерения и контроля;
- Представление результатов обработанных данных и исследований в виде таблиц или графиков.

Выполнение лабораторной работы содержит три этапа:

1. Внеаудиторная подготовка к лабораторной работе;
2. Аудиторное лабораторное занятие, включающее в себя оценку подготовки студента к лабораторной работе, проведение эксперимента, обработка его результатов;
3. Внеаудиторное оформление отчета о выполненной лабораторной работе.

В NI ELVIS используется программное обеспечение, разработанное в среде LabView, и аппаратура сбора данных NI для создания виртуальной

измерительной системы, обладающей функциональными возможностями комплекта наиболее распространенных лабораторных приборов. Данная установка может работать в LabVIEW с помощью программных драйверов NI ELVISmx, специально разработанных для нее либо, с помощью стандартных драйверов устройств в среде LabVIEW. Применение стандартных драйверов, дает возможность студентам получать опыт в разработке систем сбора данных, который они смогут использовать при проектировании промышленных и научных систем сбора и обработки данных, тестирования. Так же, платформа NI ELVIS укомплектована набором спроектированных в LabVIEW лицевых панелей (Soft Front Panels – SFPs). В данную платформу входят следующие измерительные приборы:

- генератор сигналов произвольной формы (Arbitrary Waveform Generator – ARB);
- анализатора амплитудно- и фазочастотных характеристик (Bode Analyzer);
- устройство чтения цифровых данных (Digital Reader);
- устройство записи цифровых данных (Digital Writer);
- цифровой мультиметр (Digital Multimeter – DMM);
- анализатор спектра (Dynamic Signal Analyzer – DSA);
- функциональный генератор сигналов (Function Generator – FGEN);
- анализатора импеданса (Impedance Analyzer);
- осциллограф (Oscilloscope – Scope);
- анализатор вольтамперной характеристики двухполюсников (TwoWire Current Voltage Analyzer);
- анализатор вольтамперной характеристики четырехполюсников (Three-Wire Current Voltage Analyzer);
- регулируемый источник питания (Variable Power Supplies);

NI ELVIS подходит для проведения занятий со студентами многих технических специальностей. Платформа NI ELVIS предоставляет много возможностей для измерений и испытаний, которые могут быть необходимыми в ходе проведения лабораторных работ. Например, такой виртуальный прибор, как АЧХ/ФЧХ анализатор и анализатор спектра, даёт преподавателям возможности проводить занятия по углубленному изучению предмета, используя анализ сигналов и их обработку. Студенты могут собирать схемы согласования с датчиками на макетной плате. В платформе есть программная регулировка напряжения на источниках питания, что позволяет на макетной плате собирать электрические цепи и изучать работу.

3.1 Аппаратные компоненты NI ELVIS

Макетная плата с элементами электроники устанавливается в настольную рабочую станцию и предназначена для монтажа электронной схемы и подключения её через соответствующие выходы к приборам.

На рисунке 1 приведена схема расположения компонентов рабочей станции

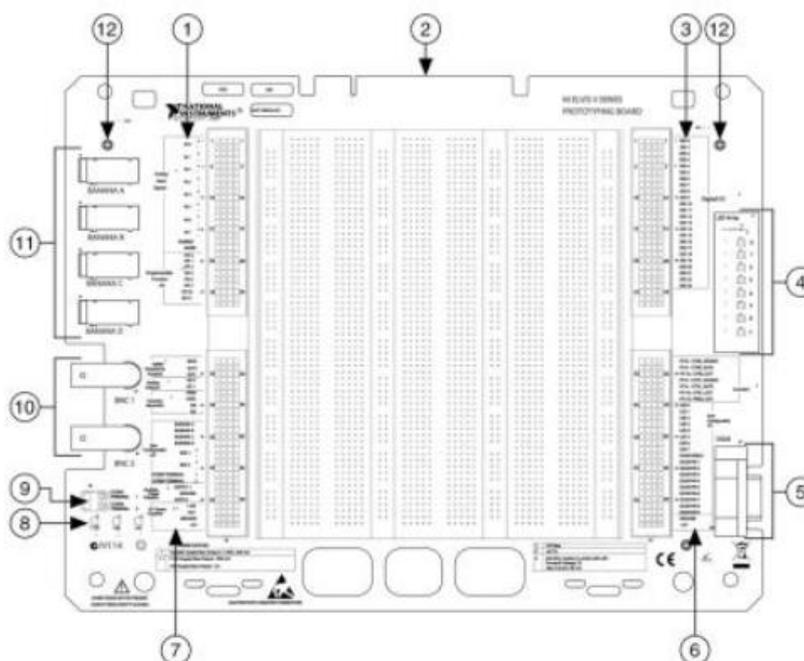


Рисунок 1. Расположение компонентов макетной платы

1 – гнезда аналоговых входов и линий PFI; 2 – разъем для подключения к рабочей станции; 3 – гнезда цифрового ввода/вывода; 4 – группа

индикаторов, конфигурируемых пользователем; 5 – пользовательский разъем типа D-Sub; 6 – гнезда счетчика-таймера, пользовательских линий ввода/вывода и источника питания постоянного тока; 7 – гнезда мультиметра, аналоговых выходов, функционального генератора, пользовательских линий ввода/вывода, регулируемых источников питания и источников питания постоянного тока; 8 – индикаторы источников питания постоянного тока; 9 – пользовательские клеммы с винтовым зажимом; 10 – пользовательские BNC – разъемы; 11 – пользовательские разъемы штекерного типа; 12 – крепежные отверстия под винт.

Источники питания постоянного тока предназначены для формирования напряжений +15 В, –15 В, +5 В. Регулируемые источники питания позволяют устанавливать напряжения в диапазоне от 0 до +12 В на выходе SUPPLY+ и от –12 до 0 В на выходе SUPPLY-. Все источники питания NI ELVIS соединены с GROUND.

Сигналы макетной платы описаны в таблице 2. Сигналы сгруппированы по функциональному назначению так же, как они расположены [21].

Таблице 2 – Сигналы макетной платы

Название сигнала	Тип	Описание
AI<0..7>	Аналоговые входы	Положительный и отрицательный входы дифференциальных аналоговых каналов 0÷7.
AI SENSE	Аналоговые входы	Аналоговый входной уровень – опорный уровень аналоговых каналов, сконфигурированных для работы в режиме несимметричного входа без заземления.
AI GND	Аналоговые входы	Общая цепь аналоговых входов модуля ввода-вывода– "аналоговая земля".
PFI <0..2>, <5..7>, <10..11>	Интерфейс линий с программируемым назначением	Линии PFI используются для статического цифрового ввода/вывода и для маршрутизации сигналов синхронизации.

Продолжение Таблицы 2 – Сигналы макетной платы

BASE	Анализатор вольтамперных характеристик четырехполюсников	Возбуждение базы для биполярных плоскостных транзисторов.
DUT+	Цифровой мультиметр, импеданс, анализаторы, двух- и четырехполюсников	Возбуждающий вход измерения емкости и индуктивности (цифровой мультиметр), анализатора импеданса, анализаторов двух- и четырехполюсников.
DUT-	Цифровой мультиметр, импеданс, анализаторы двух- и четырехполюсников	Виртуальная "земля" и потенциал токовой цепи для измерения емкости и индуктивности (цифровой мультиметр), анализатора импеданса, анализатора двух- и четырехполюсников.
AO <0..1>	Аналоговые выходы	Линии аналогового вывода используются генератором сигналов произвольной формы
FGEN	Функциональный генератор	Выход функционального генератора
SYNC	Функциональный генератор	Выход в ТТЛ уровнях, синхронизированный с сигналом FGEN
AM	Функциональный генератор	Аналоговый вход, используемый для амплитудной модуляции сигнала FGEN.
FM	Функциональный генератор	Аналоговый вход, используемый для частотной модуляции сигнала FGEN.
BANANA <A..D>	Пользовательские гнезда ввода/вывода	Гнезда штекерного типа A÷D для подключения к контрольным точкам исследуемого объекта.
BNC <1..2>±	Пользовательские гнезда ввода/вывода	BNC Connectors 1, 2 ± – Положительные линии связаны с центральными контактами разъема BNC, а отрицательные с корпусом.
SCREW TERMINAL <1..2>	Пользовательские гнезда ввода/вывода	Соединяются с клеммами под винтовой крепеж.
SUPPLY+	Регулируемые блоки питания	Выход регулируемых блоков питания с положительным выходным напряжением (+) от 0 до 12 В.
GROUND	Блоки питания	Общий контакт регулируемых блоков питания ("земля").
SUPPLY-	Регулируемые блоки питания	Выход регулируемых блоков питания с отрицательным выходным напряжением (-) от -12 до 0 В.

Продолжение Таблицы 2 – Сигналы макетной платы

+15 V	Источники постоянного тока	Выход источника питания +15 В, нерегулируемый.
-15 V	Источники постоянного тока	Выход источника питания -15 В, нерегулируемый.
GROUND	Источники постоянного тока	Общий контакт нерегулируемых блоков питания ("земля").
+5 V	Источники постоянного тока	Выход источника питания +5 В, нерегулируемый.
GROUND	Источник постоянного тока	Общий контакт «Земля»

3.2 Виртуальные инструменты

Технология виртуальных инструментов объединяет технические средства измерения и управления, прикладное программное обеспечение и стандартные промышленные компьютерные технологии с целью создания измерительных, тестовых, управляющих и других технических систем, функциональность которых определяется пользователем.

Технология виртуальных инструментов представляет собой идеальную платформу, как для разработки учебных курсов, так и для проведения научных исследований. Выполняя различные эксперименты в лабораторных практикумах, студенты комбинируют операции измерения, автоматизации и управления. Средства или системы, используемые в этих экспериментах, должны быть гибкими и адаптируемыми. В научных экспериментах технология виртуальных приборов предоставляет исследователю гибкость, необходимую для модернизации систем при возникновении непредвиденных обстоятельств. И научный, и учебный эксперимент требуют, чтобы используемые системы были экономичными. Компоненты систем, построенных на основе технологии виртуальных инструментов, могут быть использованы многократно в самых различных экспериментах без приобретения дополнительных аппаратных средств и программного обеспечения, поэтому выбор данной технологии является экономически обоснованным. Наконец, измерительные системы должны быть масштабируемыми, чтобы удовлетворять будущим

потребностям. Модульный характер технологии виртуальных приборов позволит вам с легкостью добавлять новые функциональные возможности в создаваемую вами систему.

В NI ELVIS используется программное обеспечение, разработанное в среде LabVIEW, и аппаратура сбора данных NI для создания виртуальной измерительной системы, обладающей функциональными возможностями комплекта привычных измерительных приборов.

В итоге, можно сказать, что технология NI ELVIS:

- оперирует не с виртуальными, а с реальными физически существующими объектами аналоговой электроники – различными элементами и схемами;
- имеет дело с реальными процессами, происходящими в электрических цепях разной конфигурации, в том числе и за счет воздействия на элементы и схемы физически сформированных сигналов;
- позволяет осуществлять наблюдение и измерение параметров сигналов, и построение на этой основе различных характеристик.

Все действия осуществляются за счет преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму реально существующими аналого-цифровыми преобразователями с дальнейшим использованием программного обеспечения для их обработки [21].

4 Расчеты и аналитика

Для измерения статистических характеристик электрических компонентов была разработана лабораторная работа по метрологии и исследованы возможности программно-аппаратной среды NI ELVIS по многократному измерению электрических величин.

Предлагаемый студентам материал к лабораторной работе, направлен на получение, как теоретических знаний, так и практических навыков. Данная работа является одним из тестов диагностического контроля в начале обучения, после усвоения студентами таких дисциплин как «электротехника» или «теория электрических цепей и сигналов» или им подобных.

Цель работы:

- Получение навыков выполнения лабораторной работы с анализатором вольт-амперной характеристики в программно-аппаратной среде NI ELVIS;
- Приобретение навыков обработки результатов косвенных измерений с многократными наблюдениями;
- Приобретение навыков определения неопределенности косвенных измерений с многократными наблюдениями.

Обработка результатов косвенных многократных измерений, оценивание погрешности и неопределенности

Схема лабораторной установки представлена на рисунке 2.

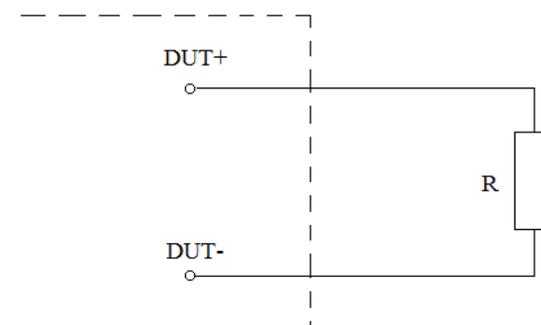


Рисунок 2. Схема лабораторной установки.

Для определения и визуализации вольт-амперной характеристики (ВАХ) двухполюсников необходимо выбрать из панели виртуальных измерительных приборов «2-Wire».

На ней выбираем диапазон измерения по оси напряжения (ось X) -2 - 2 V, шаг измерений 0,10 V, диапазон измерений по оси тока (ось Y) -40,00 – 40,00 mA. После установки параметров на лицевой панели, нажимаем кнопку запуска RUN и получаем график вольт-амперной характеристики показанный на Рисунке 3.

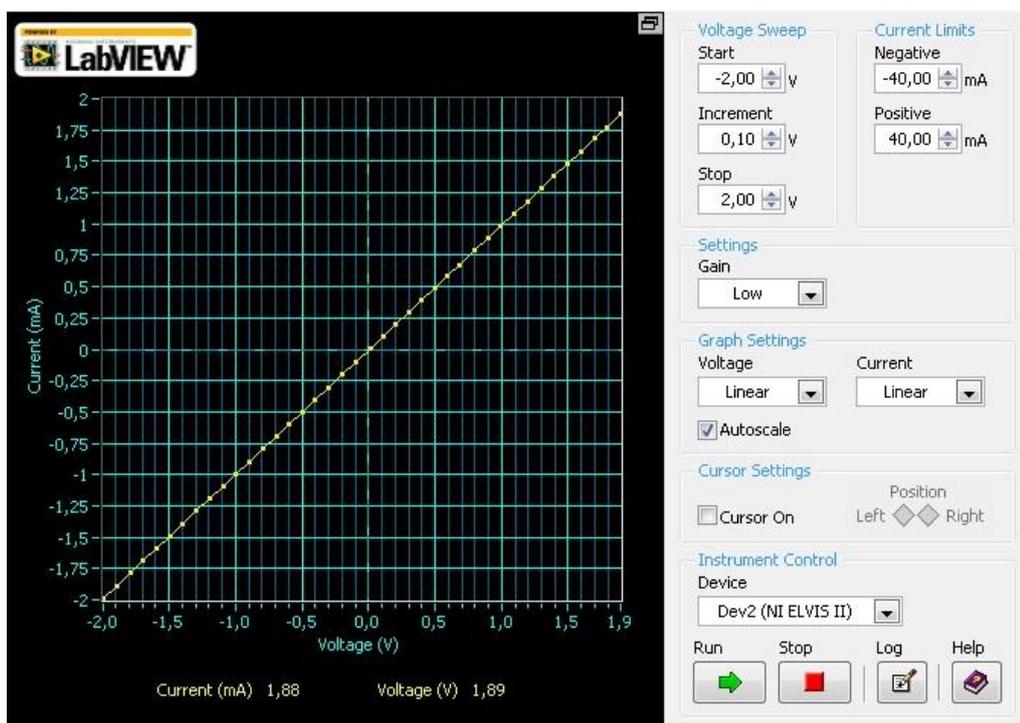


Рисунок 3. Анализатор вольт-амперной характеристики.

Полученные случайные значения тока и напряжения сохраняем в текстовый документ нажатием кнопки LOG.

Из полученных значений высчитываем сопротивление 40 резисторов по формуле 1:

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Результаты вычислений заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты вычисления

№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм
1	1,0040	6	1,0026	11	1,0000	16	0,9920	21	2,6000	26	1,0206	31	1,0122	36	1,0115
2	1,0037	7	1,0014	12	1,0000	17	0,9925	22	1,0686	27	1,0172	32	1,0129	37	1,0101
3	1,0027	8	1,0023	13	0,9974	18	0,9836	23	1,0351	28	1,0162	33	1,0135	38	1,0107
4	1,0024	9	1,0016	14	0,9971	19	0,9756	24	1,0306	29	1,0165	34	1,0124	39	1,0107
5	1,0031	10	1,0009	15	0,9949	20	0,9428	25	1,0230	30	1,0169	35	1,0123	40	1,0106

Определяем закон распределения результатов измерений.

Определяем число интервалов группирования n по формуле Стерджесса (2):

$$n = 1 + 3,32 \cdot \lg N, \quad (2)$$

где $N = 40$ – количество результатов измерений.

Получаем число интервалов группирования $n = 6$.

Расположим результаты измерений в порядке возрастания – полученный вариационный ряд приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Вариационный ряд

№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм
1	0,9428	6	0,9949	11	1,0009	16	1,0026	21	1,0101	26	1,0122	31	1,0162	36	1,0230
2	0,9756	7	0,9971	12	1,0014	17	1,0027	22	1,0106	27	1,0123	32	1,0165	37	1,0306
3	0,9836	8	0,9974	13	1,0016	18	1,0031	23	1,0107	28	1,0124	33	1,0169	38	1,0351
4	0,9920	9	1,0000	14	1,0023	19	1,0037	24	1,0107	29	1,0129	34	1,0172	39	1,0686
5	0,9925	10	1,0000	15	1,0024	20	1,0040	25	1,0115	30	1,0135	35	1,0206	40	1,0732

По вариационному ряду определяем минимальное и максимальное значения в выборке: $x_{\min} = 0,9428$ и $x_{\max} = 1,0732$

Определяем шаг интервала по формуле (3):

$$\Delta = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n} \quad (3)$$

Получаем шаг интервала группирования $\Delta = 0,0217$.

На основании полученных данных построим таблицу группированных данных (таблица 5).

Таблица 5 – Группированные данные

№	Нижняя граница интервалов группирования	Верхняя граница интервалов группирования	Частота попаданий значений величины в i-й интервал
1	0,9428	0,9645	1
2	0,9645	0,9862	2
3	0,9862	1,0079	17
4	1,0079	1,0296	16
5	1,0296	1,0513	2
6	1,0513	1,0732	1

Построим гистограмму результатов измерений (рисунок 3).

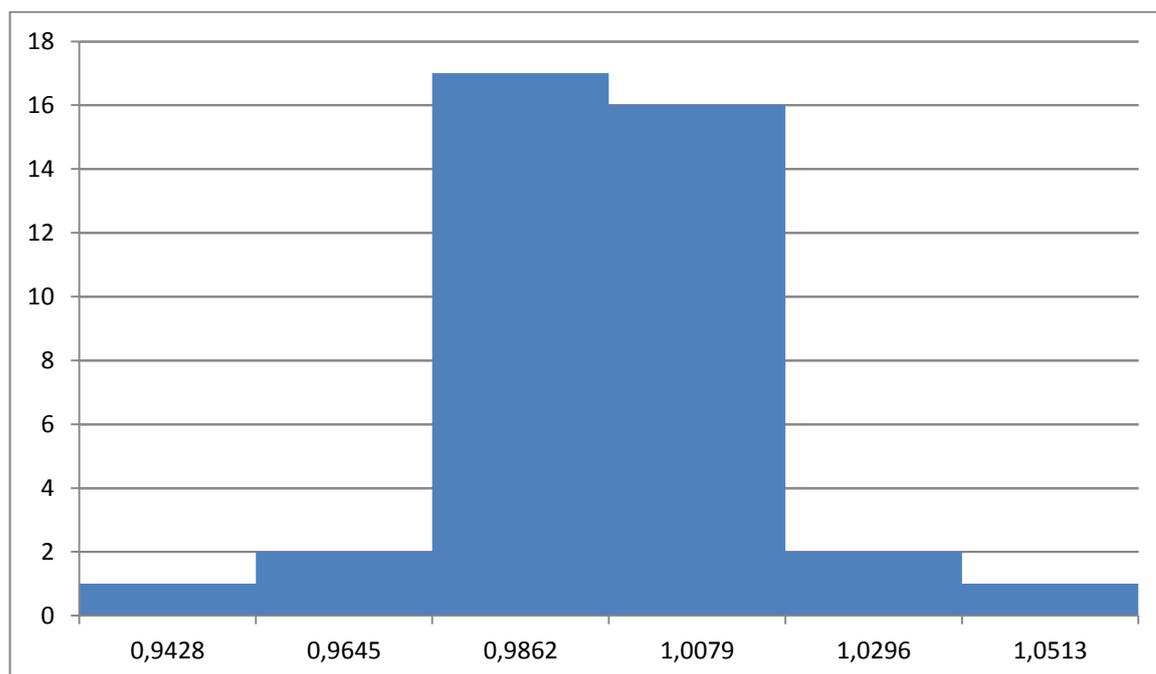


Рисунок 4. Гистограмму результатов измерений

По построенной гистограмме можно предположить какой закон распределения соответствует выборочным данным, т.к. гистограмму можно рассматривать как аналог плотности распределения. Полученный график напоминает плотность распределения для нормального закона распределения.

Проверим гипотезу о нормальности распределения результатов измерений. Для этого воспользуемся составным критерием согласно Приложению Б ГОСТ Р 8.736 [22].

Определяем отношение \tilde{d} по формуле (4):

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{A}|}{nS^*}, \quad (4)$$

где S^* – смещенное среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле (5):

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (5)$$

Результаты измерений считают распределенными нормально, если выполняется условие (7):

$$d_{1-q/2} < \tilde{d} \leq d_{q/2}, \quad (7)$$

где $d_{1-q/2} = 0,7404$ и $d_{q/2} = 0,8625$ – квантили распределения, полученные из таблицы Б.1 ГОСТ Р 8.736 [22] при $n = 40$, $q_1 = 5\%$ и $q_1 = 95\%$.

Также считают, что результаты измерений принадлежат нормальному распределению, если не более $m = 2$ разностей $(x_i - \bar{x})$ превысили значение $z_{p/2} \cdot S$.

Среднее квадратическое отклонение S определяем по формуле (8):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (8)$$

Значение вероятности $P = 0,98$ определяем из таблицы Б.2 ГОСТ 8.736 [22] по выбранному уровню значимости $q_2 = 5\%$ и числу результатов измерений $n = 40$.

Результаты проверки гипотезы о нормальности распределения результатов измерений представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Результаты проверки гипотезы о нормальности распределения результатов измерений с помощью первого критерия

\bar{x} , кОм	S^* , кОм	\tilde{d}	Вывод по первому критерию
1,0084	0,0316	0,75	$0,7470 < 0,75 < 0,8540$, условие (7) выполняется.

Таблица 7 – Результаты проверки гипотезы о нормальности распределения результатов измерений с помощью второго критерия

S, кОм	$(x_i - \bar{x})$							$z_{p/2} \cdot S$	Вывод по второму критерию
0,0316	-0,0656	-0,0113	-0,0068	-0,0047	0,0031	0,0078	0,0222	0,0736	Условие выполняется, ни одна разность $(x_i - \bar{x})$ не превышает значения $z_{p/2} \cdot S$.
	-0,0328	-0,011	-0,0061	-0,0044	0,0038	0,0081	0,0267		
	-0,0248	-0,0084	-0,006	0,0017	0,0039	0,0085	0,0602		
	-0,0164	-0,0084	-0,0058	0,0022	0,004	0,0088	0,0648		
	-0,0159	-0,0075	-0,0057	0,0023	0,0045	0,0122	0,0222		
	-0,0135	-0,007	-0,0053	0,0023	0,0051	0,0146	0,0267		

Все два критерия соблюдаются, следовательно, распределение результатов измерений соответствует нормальному закону распределения.

Обработку результатов измерений, приведенных в таблице 6, и оценивание погрешности выполняем согласно ГОСТ Р 8.736 [22]. Этапы и результаты обработки приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Обработка результатов измерений и оценивание погрешности

Этапы	Формула	Результат
Оценка измеряемой величины и среднее квадратическое отклонение (СКО)		
Оценка измеряемой величины (среднее арифметическое значение результатов измерений)	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (18)$	1,0084 кОм
СКО результатов измерений	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (19)$	0,073613422 кОм
СКО оценки измеряемой величины	$S_x = \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (20)$	0,0116371818 кОм
Исключение грубых погрешностей		

Продолжение Таблицы 8 – Обработка результатов измерений и оценивание погрешности

<p>Критерий Граббса ($G_T = 2,908$ – теоретическое значение критерия Граббса согласно таблицы А.1 ГОСТ Р 8.736 [22] при $n = 40$ и уровне значимости 5 %)</p>	$G_1 = \frac{ x_{max} - \bar{x} }{S}, \quad (21)$ $G_2 = \frac{ \bar{x} - x_{min} }{S}, \quad (22)$	<p>$G_1 = 0,858696,$ $G_2 = 0,9123919,$ т.к. $G_1 > G_T$, то x_{max} считаем промахом и исключаем как маловероятное значение; $G_2 < G_T$, то, x_{min} не считаем промахом и сохраняем в ряду результатов измерений.</p>
<p>Повторная оценка измеряемой величины и СКО (после исключения грубых погрешностей, т.к. при $n = 39$)</p>		
<p>Оценка измеряемой величины</p>	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (23)$	<p>1,008385 кОм</p>
<p>СКО результатов измерений</p>	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (24)$	<p>0,031628536 кОм</p>
<p>СКО оценки измеряемой величины</p>	$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (25)$	<p>0,00500091 кОм</p>
<p>Повторное исключение грубых погрешностей</p>		
<p>Критерий Граббса ($G_T = 2,893$ – теоретическое значение критерия Граббса согласно таблицы А.1 ГОСТ Р 8.736 [22] при $n = 39$ и уровне значимости 5 %)</p>	$G_1 = \frac{ x_{max} - \bar{x} }{S}, \quad (26)$ $G_2 = \frac{ \bar{x} - x_{min} }{S}, \quad (27)$	<p>$G_1 = 1,998819,$ $G_2 = 2,1245653,$ т.к. $G_1 < G_T$ и $G_2 < G_T$, то x_{max} и x_{min} не считаем промахами и сохраняем в ряду результатов измерений.</p>
<p>Доверительные границы случайной погрешности</p>		

Продолжение Таблицы 8 – Обработка результатов измерений и оценивание погрешности

Доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины ($t = 2,048$ – коэффициент Стьюдента согласно таблицы Д.1 ГОСТ Р 8.736 [22])	$\varepsilon = tS_{\bar{x}}, (28)$	$\pm 0,01024$ кОм
Доверительные границы неисключенной систематической погрешности (НСП)		
Доверительные границы НСП	$\Theta_{\Sigma} = \pm \sum_{i=1}^m \theta_i , (29)$	$\Theta_{\Sigma} = \pm (1 \cdot 0,01 \cdot 1,008385 + 3 \cdot 0,1) + 2,1285 = \pm 0,02438583$ кОм
Этапы	Формула	Результат
Доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины		
Доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины	$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, (30)$	$\Delta = \pm 0,0167991671 \cdot 0,014053842 = \pm 0,023609284$ кОм
Коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП	$K = \frac{\varepsilon + \theta_{\Sigma}}{S_{\bar{x}} + S_{\theta}}, (31)$	0,0167991671
Суммарное СКО оценки измеряемой величины	$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_{\bar{x}}^2}, (32)$	0,014053842 кОм
СКО НСП	$S_{\theta} = \frac{\theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}, (33)$	0,014052705 кОм
Форма записи оценки измеряемой величины		
Оценка измеряемой величин	$ \bar{x} \pm \Delta, (34)$	(1,01 \pm 0,02) кОм

Оцениванием неопределенности выполняем согласно ГОСТ Р 8.736 [22] Этапы и результаты оценивания приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Оценивание неопределенности

Этапы обработки результатов измерений	Расчетная формула	Результат (обработки) расчета
Стандартная неопределенность среднего арифметического значения результатов измерений по типу А	$u_A(\bar{\delta}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ (35)	$u_A = 0,0017751056$
Стандартные неопределенности по типу В:	$u_B(x_i) = \frac{\theta_i}{\sqrt{3}}$ (36)	$U_B(R_{\text{изм}}) = 0,00418937301 \text{ кОм};$ $U_B(5\%) = 0,01241303079 \text{ кОм}$
Суммарная стандартная неопределенность	$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}$ (37) где $c_i = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)$ - коэффициенты чувствительности; $u(x_i)$ - стандартная неопределенность i -й входной величины, вычисленная по типу А или В.	принимаем коэффициенты чувствительности равными $C_1=C_2=C_3=1$, т.к. измерения прямые; $U_c = 0,0131009228 \text{ кОм}$
Коэффициента охвата	т.к. измеренные значения распределены по нормальному закону, поэтому при числе степеней свободы ν равной ∞ , коэффициент охвата k равен 2 при вероятности равной 0,95	
Расширенная неопределенность	$U = k \cdot u_c(y)$ (38)	$U = 2 \cdot 0,01310092285 = 0,0262018457 \text{ кОм}$
Оценка измеряемой величины	$\bar{x} \pm U$ (39)	$(1,0084 \pm 0,0270) \text{ кОм}$

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Организация и планирование работ

Перед началом работы необходимо рационально спланировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Участниками данного проекта являются Исполнитель (И) и научный руководитель (НР). В таблице 10 показан список этапов работ, исполнители, задействованные в них и степень загрузки каждого исполнителя.

Таблица 10 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение календарного плана дипломной работы	НР, И	НР – 100% И – 10%
Изучение литературы и справочных материалов по теме работы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Обсуждение информации из литературных источников	НР, И	НР – 70% И – 50%
Разработка комплекса лабораторных работ	И	И – 100%
Обработка результатов эксперимента	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для расчета продолжительности этапов работ использовался экспертный способ оценки, подразумевающий вычисление ожидаемой продолжительности работ $t_{ож}$ для каждого этапа по формуле 40.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (40)$$

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

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

После этого для каждого этапа по формуле 40 было рассчитано значение продолжительности выполнения этапа в рабочих днях ($T_{рД}$).

$$T_{рД} = t_{ож} \cdot K_{вн} \cdot K_{д}, \quad (41)$$

$t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

На основе расчета продолжительности выполнения этапа в рабочих днях вычисляется продолжительность этапа в календарных днях ($T_{КД}$)

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (42)$$

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях. Для научного руководителя работающего по шестидневной рабочей недели, данный коэффициент равен 1,205, а для исполнителя, работающего по пятидневной рабочей недели, коэффициент равен 1,466.

Расчеты для каждого этапа сведены в таблице 10.1.

Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{КД}$ позволяют построить линейный график осуществления проекта (табл. 10.2).

Таблица 10.1 – Трудозатраты для выполнения проекта.

Этап	Исполнители	Продолжительность работы, дни			Трудоёмкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					Т _{РД}		Т _{КД}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	4	2,8	3,36	-	4,05	-
Составление и утверждение календарного плана дипломной работы	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,23	3,47	0,42
Изучение литературы и справочных материалов по теме работы	НР, И	14	24	18,0	6,48	21,60	7,81	31,67
Обсуждение информации из литературных источников	НР, И	2	3	2,4	2,02	1,44	2,43	2,11
Разработка комплекса лабораторных работ	И	3	4	7,2	-	8,64	-	12,67
Обработка результатов эксперимента	И	4	8	7,0	-	8,40	-	12,31
Оформление пояснительной записки	И	5	10	7,0	-	8,40	-	12,31
Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	1,73	2,88	2,08	4,22
Итого:				49,2	16,46	51,65	19,84	75,71

Таблица 10.2 - Линейный график работ

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	4,97	-	■										
2	4,26	0,43	■	■									
3	9,59	31,97		■	■	■	■						
4	2,98	2,13					■	■					
5	-	12,79						■	■				
6	-	12,43							■	■			
7	-	12,43								■	■		
8	2,56	4,26									■	■	

■ - И
 ■ - НР

5.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

5.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

В данной работе в качестве расходных материалов будет использоваться бумага и картридж для принтера. Результаты расчета по данной статье расходов приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	190
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Итого:			1740

Из таблицы 11 следует, что общие затраты на материалы составят 1740 рублей.

5.2.2 Расчет заработной платы

Расходы на заработную плату ($C_{ЗП}$) включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчёт заработной платы участников проекта представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1 346,56	16,46	1,699	38 160,65
И	9 489	431,32	51,65	1,62	31 758,92
Итого:					69 919,57

Из таблицы 12 видно, что расходы на заработную плату исполнителя проекта и научного руководителя составят 69 919,57 руб.

5.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ССОЦ), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту, т.е. ССОЦ. = СЗП·0,3. В нашем случае $C_{\text{соц.}} = 69\,919,57 \cdot 0,3 = 20\,975,87$ руб.

5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию ($C_{\text{эл.об}}$) вычисляются как сумма затрат на электроэнергию каждого прибора. Для конкретного прибора она равна

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (43)$$

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

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час

Для ТПУ $C_{\text{э}} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} \cdot K_t, \quad (44)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{РД}}$.

В данном проекте использовалось следующее электрооборудование: персональный компьютер, лазерный принтер и платформа для изучения и прототипирования NI Elvis. Их коэффициенты использования по времени равны 1; 0,01 и 0,3 соответственно. Расчеты расходов на электроэнергию собраны в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет затрат на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Затраты ЭОБ, руб.
Персональный компьютер	413*0,6	0,3	489,9
Лазерный принтер	5	0,38	12,52
NI Elvis	69	0,05	22,73
Итого:			525,15

Из таблицы 12 следует, что расходы на электроэнергию составили 525,15 руб.

5.2.5 Расчет амортизационных расходов

Амортизационные расходы при использовании оборудования рассчитываются по формуле

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{А}} \cdot C_{\text{ОБ}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_{\text{Д}}}, \quad (45)$$

$N_{\text{А}}$ – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

$F_{\text{Д}}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования

$t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Расчеты амортизационных расходов собраны в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет амортизационных расходов

Наименование оборудования	$N_{\text{А}}$	$C_{\text{ОБ}}$	$F_{\text{Д}}$	$t_{\text{рф}}$	n	$C_{\text{АМ}}$
Персональный компьютер	0,40	45000,00	2384,00	413	1,00	3 118,29
Лазерный принтер	0,40	17000,00	500,00	5	1,00	68,00
Итого						3 186,29

Из таблицы 13 следует, что амортизационные расходы при использовании оборудования составили 3 186,29 рублей.

5.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1 \quad (46)$$

В данной работе эта величина составляет:

$$\begin{aligned} C_{\text{проч.}} &= (1740 + 69\,919,57 + 20\,975,87 + 525,15 + 3\,186,29) \cdot 0,1 \\ &= 9\,634,69 \text{ руб.} \end{aligned}$$

5.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общую себестоимость разработки можно вычислить как сумму всех расходов. Данный расчет представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет общей себестоимости проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1 740
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	69 919,57
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	20 975,87
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	525,15
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3 186,29
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0,00
Прочие расходы	$C_{\text{проч.}}$	9 634,69
Итого:		105 981,57

Из представленных в таблице 14 данных следует, что общая себестоимость разработки составляет 105 981,57 рублей.

5.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и

т.д.) может определяться различными способами. В данной работе она составляет 20% от полной себестоимости работы и равна 21 196,31 рублей.

5.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(105\,981,57 + 21\,196,31) \cdot 0,20 = 25\,435,58$ руб.

5.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 105\,981,57 + 21\,196,31 + 25\,435,58 = 152\,613,46 \text{ руб.}$$

Таким образом, из представленных расчетов видно, что цена разработки НИР составляет 152 613,46 руб.

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Данная работа носит дидактический характер и ее результаты будут использоваться при обучении обучения студентов, поэтому прямой экономический эффект отсутствует. Оценка косвенного экономического эффекта требует отдельного специального исследования, далеко выходящего за рамки данной ВКР. Следовательно, говорить об экономической эффективности проекта, в данном случае, некорректно.

6 Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IS CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС:

Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Учебное подразделение ОАР НИИ ТПУ обеспечивает проведение занятий по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». Дисциплина включает лабораторные работы, направленные на совершенствование навыков в обработке результатов эксперимента.

Согласно техническому заданию, планируется исследовать возможности программно-аппаратной среды NI ELVIS по многократному измерению электрических величин с целью её практического применения в измерениях статистических характеристик электронных компонентов.

Для выполнения ТЗ необходимо разработать методическое указание для выполнения лабораторной работы.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на деятельность персонала и студентов, работающих с программным стендом, рассмотрены воздействия разрабатываемой системы на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей. [23]

Государственными нормативными требованиями охраны труда, содержащимися в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе

трудовой деятельности. Данные требования обязательны для исполнения юридическими и физическими лицами при осуществлении ими любых видов деятельности. Обязанность по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагается на работодателя. Так, работодатель обязан обеспечить:

- соответствующие требованиям охраны труда условия труда на каждом рабочем месте;
- режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права;
- организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, а также за правильностью применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты;
- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией организации работ по охране труда;
- предоставление федеральным органам исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда, федеральным органам исполнительной власти, уполномоченным на проведение государственного надзора и контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, другим органам исполнительной власти, осуществляющим функции по контролю и надзору в установленной сфере деятельности, органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда, органам профсоюзного контроля за соблюдением трудового законодательства и иных актов, содержащих нормы трудового права, информации и документов, необходимых для осуществления ими своих полномочий;
- ознакомление работников с требованиями охраны труда;

– разработку и утверждение правил и инструкций по охране труда для работников с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации или иного уполномоченного работниками органа.

Порядок обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты, стирки и дезинфекции устанавливается локальными нормативными актами работодателя, принимаемыми по согласованию с профкомом.

Перечень изменений и дополнений к нормативам, утвержденным законодательством РФ выдачи спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты определяется приложением к коллективному договору. [2]

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость рабочего места и его элементов.

Организация рабочего места программиста или оператора ПК регламентируется следующими нормативными документами:

- ССБТ;
- ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ;
- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм.

Схема рабочей зоны представлена на рисунке 3.

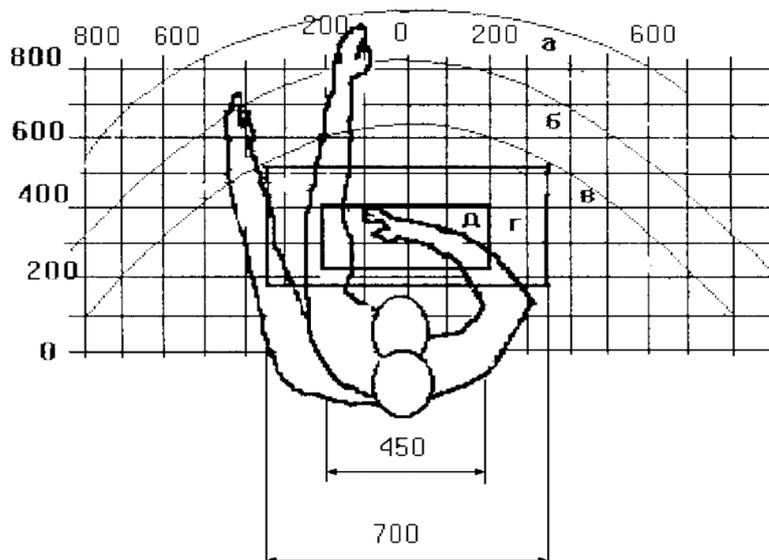


Рисунок 5. Схема рабочей зоны с зонами досягаемости.

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

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие: шея не должна быть наклонена более чем на 20° (между осью "голова-шея" и осью туловища), плечи должны быть расслаблены, локти - находиться под углом $80^\circ - 100^\circ$, а предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении. Причина неправильной позы

пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы - слишком низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног. В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура, чем встроенная; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры, документов и экрана, а также подставка для рук.

6.2 Производственная безопасность

6.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может инициировать объект исследования

При осуществлении данной работы на исследователя воздействовали следующие вредные факторы описаны в таблице 15.

Таблица 15– Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> • Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96; • Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95; • Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;
2. Превышение уровня шума		+		
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
5. Наличие электромагнитных полей	+	+	+	

Продолжение Таблицы 15 - Возможные опасные и вредные факторы

6.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> • Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. • Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ;
--	---	---	---	--

Перечисленные факторы могут оказывать влияние на здоровье, а также приводить к аварийным и опасным ситуациям, в связи с этим их необходимо контролировать в соответствии с перечисленными в таблице нормами и требованиями. [25]

6.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.

Проведение многократных измерений электрических величин подразумевает интенсивное использование ЭВМ, что подразумевает необходимость изучения психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники и программного обеспечения, обеспечивающих максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Важную роль в этом вопросе играет эргономика.

При внедрении лабораторного макета важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени студентов.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». [26]

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Опасным фактором на рабочем месте является высокое напряжение в сети, от которой запитан компьютер и NI ELVIS.

6.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

К числу факторов, ухудшающих состояние здоровья пользователей компьютерной техники, относятся электромагнитное и электростатическое поля, акустический шум, изменение ионного состава воздуха и параметров микроклимата в помещении. Немаловажную роль играют эргономические параметры расположения экрана монитора (дисплея), состояние освещенности на рабочем месте, параметры мебели и характеристики помещения, где расположена компьютерная техника.

Требования Санитарных правил распространяются на вычислительные электронные цифровые машины персональные и портативные; периферические устройства вычислительных комплексов (принтеры, сканеры, клавиатуру, модемы внешние); устройства отображения информации (видеодисплейные терминалы — ВДТ) всех типов, условия и организацию работы с ПЭВМ и направлены на предотвращение неблагоприятного влияния, на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ. Рабочие места с использованием ПЭВМ и помещения для их эксплуатации должны соответствовать требованиям Санитарных правил.

В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ эти помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять

не менее 6 м² и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) 4,5 м².

Для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ должны использоваться диффузионно-отражающие материалы с коэффициентом отражения от потолка – 0.7 - 0.8; для стен – 0.5 - 0.6; для пола – 0.3 - 0.5.

Опасным фактором при работе на ПК является электрический ток. Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Согласно ПУЭ пост управления №8 по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления;
- защитного зануления;
- защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;

- реализация;
- эксплуатация. [26]

6.2.4 Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте

Рациональное освещение помещений - один из наиболее важных факторов, от которых зависит эффективность трудовой деятельности человека.

Хорошее освещение необходимо для выполнения большинства задач оператора. Для того чтобы спланировать рациональную систему освещения, учитывается специфика рабочего задания, для которого создается система освещения, скорость и точность, с которой это рабочее задание должно выполняться, длительность его выполнения и различные изменения в условиях выполнения рабочих операций.

Проведем расчеты на соответствие аудитории №208 корпуса №10, размеры которой:

длина $A = 8$ (м),

ширина $B = 4$ (м),

высота $H = 2,4$ (м),

количество люминесцентных ламп, $N = 8$ (шт.),

Вычисления будут производиться по методу светового потока, предназначенного для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 (м) и установлена минимальная норма освещенности $E = 300$ (Лк).

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (47)$$

Где: E_n – нормируемая минимальная освещённость, (Лк);

S – площадь освещаемого помещения, (м²);

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным $Z = 1,1$;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока, (%);

Φ – световой поток, излучаемый светильником.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения, типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью и коэффициентов отражения стен и потолка.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)}, \quad (48)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

Произведем расчет:

$$h = H - 0,8 = 2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ (м)}, \quad (49)$$

где h – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки зависит от отношения, представленного в формуле:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (50)$$

где L – расстояние между рядами светильников, м.

Рекомендуется размещать люминесцентные лампы параллельными рядами, принимая $l = 1,4$, отсюда расстояние между рядами светильников:

$$L = l \cdot h = 1,4 \cdot 1,6 = 2,24 \text{ (м)}, \quad (51)$$

Два ряда светильников будут расположены вдоль длинной стены помещения. Расстояние между двумя рядами светильников и стенами вычисляется по формуле:

$$L = \frac{(B-L)}{2} = \frac{(4-2,24)}{2} = 0,88 \text{ (м)}, \quad (52)$$

Определим индекс помещения, вычисляя по формуле получаем:

$$i = \frac{32}{(8 + 4) \cdot 1,6} = 1,67$$

Найдем коэффициенты отражения поверхностей стен, пола и потолка. Так как поверхность стен окрашена в серый цвет, с окнами без штор, то коэффициент отражения поверхности стен $R_{ст} = 50 \%$ [6]. Так как поверхность потолка светлый окрашенный, то коэффициент отражения поверхности потолка $R_{п} = 30\%$. Учитывая коэффициенты отражения поверхностей стен, потолка и индекс помещения i , определяем значение коэффициента $\eta = 36 \%$ [6]. Подставив все значения в формулу (47), по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 32 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,36} = \frac{15840}{2,88} = 5500 \text{ (лм)}$$

По полученному световому потоку подбираем лампу, наиболее подходящей является лампа ЛБ-80 со световым потоком 5200 (лм).

$$E = \frac{F \cdot N \cdot \eta}{k} = \frac{5200 \cdot 8 \cdot 0,36}{1,5 \cdot 32 \cdot 1,1} = \frac{14976}{52,8} = 283,64 \text{ (лм)}, \quad (53)$$

Как видно из расчета, минимальная освещенность в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы ЛБ-80 является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta \cdot F}, \quad (54)$$

Где: E – норма освещенности $E = 300$ (Лк);

k – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп и загрязнение светильников, $k = 1,5$;

S – площадь помещения;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1$;

n – число рядов светильников, $n = 2$;

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,36$;

F – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (9), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 32 \cdot 1,1}{2 \cdot 5200 \cdot 0,36} = \frac{15840}{3744} = 4,2 \approx 4 \text{ (шт)}$$

Длина одного светильника равна 1,5 (м), в одном светильнике 2 лампы ЛБ - 80. Так как в рассматриваемом помещении количество ламп 8 (шт.), по два светильника в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены.

6.3 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.

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Разработанный лабораторный макет и измерения предполагают использование компьютера и комплекса NI ELVIS. Использование данных устройств напрямую связано с использованием электроэнергии. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду, являясь источником различных видов загрязнений воздуха, воды, земной

поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи.

6.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Комплекс NI ELVIS отвечает высоким требованиям безопасности работы. Эти устройства соответствуют требованиям следующих международных стандартов безопасности для электрооборудования, применяемого для измерения, контроля и лабораторных исследований:

- IEC 61010-1, EN 61010-1;
- UL 61010-1, CSA 61010-1.

Данные устройства изготовлены в соответствии с требованиями следующих стандартов ЭМС для электрооборудования, применяемого для измерения, контроля, лабораторных исследований:

- EN 61326 Требования ЭМС; минимальная стойкость;
- EN 55011 Излучения; Группа 1, Класс А;
- CE, C-Tick, ICES, FCC часть 15 Излучения; Класс А.

Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

6.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Охрана окружающей среды от загрязнений – не только важнейшая задача улучшения здоровья людей и сохранения природы, но и серьезный фактор увеличения эффективности производства. Загрязнение атмосферы и водных источников приводит к снижению отдачи всех видов производственных ресурсов народного хозяйства: уменьшению производительности труда, эффективности работы оборудования, снижению качества продукции, увеличению расходов здравоохранения, коммунально-бытовое обслуживание. Возникает экономический ущерб от загрязнения окружающей среды вследствие роста заболеваемости населения, ускорения

износа машин, зданий, личного имущества граждан, падения продуктивности земельных, водных лесных ресурсов.

Воздействие компьютеров на окружающую среду при эксплуатации регламентировано рядом стандартов. Выделяют две группы стандартов и рекомендаций – по безопасности и эргономике.

При утилизации старых компьютеров происходит их разработка на фракции: металлы, пластмассы, стекло, провода, штекеры. Из одной тонны компьютерного лома получают до 200 кг меди, 480 кг железа и нержавеющей стали, 32 кг алюминия, 3 кг серебра, 1 кг золота и 300 г палладия.

Переработку промышленных отходов производят на специальных полигонах, создаваемых в соответствии с требованиями и предназначенных для централизованного сбора обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, НИИ и учреждений.[27]

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Чрезвычайные ситуации техногенного характера в настоящее время представляют большую угрозу безопасности человека, как на рабочем месте, так и вне его. Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация которая может возникнуть при работе с ПЭВМ – пожар, так как в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода и кабели, при протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, при этом возможно оплавление изоляции и возникновение возгорания.

При работе компьютерной техники выделяется много тепла, что может привести к пожароопасной ситуации. Источниками зажигания так же могут служить приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания.

Помещение, где установлен ПК, относится ко второму классу - помещение с повышенной опасностью, из-за опасности прикосновения человека, не изолированного от земли, к корпусу ПК, оказавшемуся под напряжением.

6.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

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.

6.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

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 6.

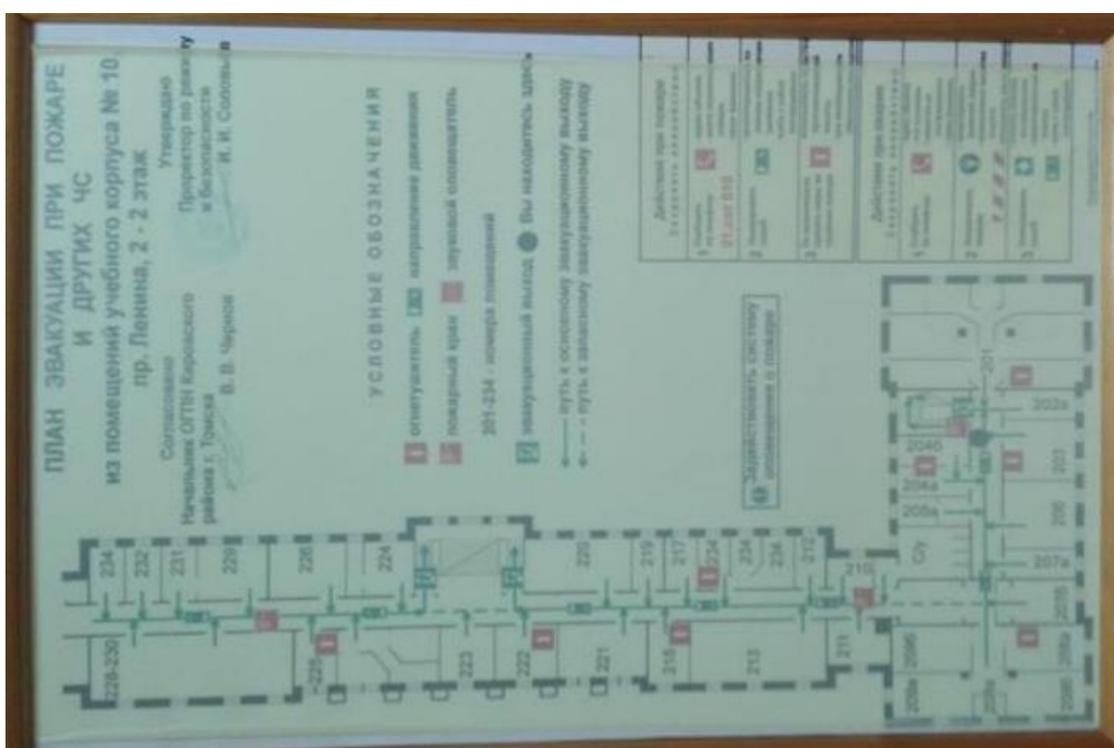


Рисунок 6. План эвакуации при пожаре и других ЧС

Основные требования по обеспечению пожарной безопасности представлены в документе «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». 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.

Предполагаются следующие действия при возникновении чрезвычайных и аварийных ситуаций:

- каждый работник, обнаруживший нарушения настоящей инструкции и правил по охране труда или заметивший неисправности оборудования, представляющую опасность для людей, обязан сообщить об этом непосредственному руководителю;

- в тех случаях, когда неисправность оборудования представляет угрожающую опасность для людей или самого оборудования, работник, её обнаруживший, обязан принять меры по прекращению действия оборудования, а затем известить об этом непосредственного руководителя. Устранение неисправности производится при соблюдении требований безопасности;

- при нарушении режима работы, повреждении при аварии на электропитающем оборудовании необходимо сообщить о происшедшем непосредственному руководителю и лицу, ответственному за данное оборудование;

- при поражении электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия тока, в случае работы на высоте принять меры, предупреждающие его от падения. Отключение оборудования произвести с помощью выключателей, разъема штепсельного соединения, перерубить питающий провод инструментом с изолированными ручками. Если отключить оборудование быстро нельзя, необходимо принять другие меры к освобождению пострадавшего от действия тока;

- если во время работы произошел несчастный случай, необходимо немедленно оказать первую доврачебную помощь, вызвать врача, доложить о случившемся своему непосредственному руководителю и принять меры для сохранения обстановки несчастного случая, если это не сопряжено с опасностью для жизни людей;

– при возникновении пожара необходимо приступить к его тушению имеющимися средствами, в соответствии с правилами пожаротушения, и вызвать пожарную часть;

– при прекращении электропитания во время работы с электроинструментом или перерыве в работе электроинструмент должен быть отключен от электросети.

Вывод

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, возникающие при создании лабораторной работы, проведении расчетов, а также меры, направленные на устранение этих факторов.

Проанализирован характер действий, разработанных в работе решений с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека в результате их разработки, производства и внедрения. Изучен объект исследования на предмет выявления основных техносферных опасностей и вредностей, оценена степень воздействия их на человека, общество и природную среду.

Произведен расчет системы искусственного освещения для аудитории №208 корпуса №10 ТПУ, в результате которого было установлено, что нормы безопасности по искусственному освещению в данной аудитории соблюдены.

Заключение

В данной квалификационной работе была разработана лабораторная работа по метрологии и исследованы возможности программно-аппаратной среды NI ELVIS по многократному измерению электрических величин.

Разработанная лабораторная работа может использоваться по дисциплине «Метрология» и в других дисциплинах, связанных с измерениями сигналов постоянной и переменной природы.

В ходе усвоения материала методического пособия, студенты приобретут навыки в обработке результатов косвенных измерений с многократными наблюдениям, которые будут полезны для дальнейшей профессиональной деятельности обучающихся.

В работе рассмотрены вредные и опасные факторы, возникающие при создании лабораторных работ и их выполнении, а также меры, направленные на устранение этих факторов.

Список используемых источников:

1. Стандартизация, метрология и подтверждение соответствия: учебник и практикум для прикладного бакалавриата / И.М. Лифиц. – 13-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 363 с. – (Серия: Бакалавр. Прикладной курс).
2. Образовательные программы. Стандартизация и метрология [Электронный ресурс] – URL: https://portal.tpu.ru/ictpu/education/edu_programs/bachelor_221700
3. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник для вузов // А.И. Аристов, Л.И. Карпов и др. / М.: Академия, 2007. – 384 с.
4. Шишмарев В.Ю. Технические измерения и приборы [Текст]: учебник для вузов / В.Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2010. – 383, [1] с.
5. Шишмарев В.Ю. Физические основы получения информации [Текст]: учеб. пособие для вузов, рекомендовано УМО / В.Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2010. – 446, [2] с.
6. Голубев, Э.А. Измерения. Контроль. Качество. ГОСТ Р ИСО 5725. Основные положения. Вопросы освоения и внедрения [Текст] / Э.А. Голубев, Л.К. Исаев. – М.: Стандартиформ, 2005. – 136 с.
7. Гуторова И.А. Стандартизация, метрология, сертификация [Текст]: учеб.-практич. пособие. – М.: Приор, 2001. – 64 с.
8. Кузнецов В.А. Метрология [Текст] / В.А. Кузнецов, Л.К. Исаев, И.А. Шайко. – М.: Стандартиформ, 2005. – 300 с.
9. Машиностроение [Текст]: энциклопедия: в 40 т. / Пред. ред. совета К.В. Фролов; ред. – сост. Г.П. Воронин; отв. ред. К.В. Фролов. Т. 1-5: Стандартизация и сертификация в машиностроении / ред. И.А. Коровкин, 2002. – 672 с.
10. Одуан, К. Измерение времени. Основы GPS [Текст] / К. Одуан, Б. Гино; пер. с англ. Ю.С. Домнина; под ред. В.М. Татаренкова; с доп. (гл. 10) М.Б. Кауфмана, 2002. – 399 с.

11. Перельштейн, Е.Л. Метрологическая служба предприятия [Текст] / Е.Л. Перельштейн, 2006. – 168 с.
12. СГГА. Измерения, испытания, контроль, метрология и метрологическое обеспечение [Текст]: учеб. пособие (утв. ред.-изд. советом академии) / И.Н. Карманов, Н.А. Мещеряков, О.К. Ушаков. – Новосибирск: СГГА, 2006. – 183 с.
13. Сергеев А.Г. Метрология, стандартизация, сертификация [Текст]: учеб. пособие для вузов (рек.) / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев, В.В. Терегеря. – М.: Логос, 2003. – 536 с.
14. Сергеев А.Г. Метрология [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин. – М.: Логос, 2001. – 408 с.
15. Веремеевич, А.Н. Метрология, стандартизация и сертификация. Основы взаимозаменяемости [Эл. ресурс]: курс лекций / А.Н. Веремеевич. – Изд-во «МИСИС», 2004. – 99 стр.
16. Лифиц И.М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник для вузов. – М.: Юрайт-М, 2000. – 268 с
17. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2013
18. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. — 5-е изд., стер. — Москва: Высшая школа, 2009. — 335 с.: ил. — Для высших учебных заведений. —Безопасность жизнедеятельности. — Библиогр.: с. 333.
19. Беспалов, Валерий Иванович. Надзор и контроль в сфере безопасности. Радиационная защита : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. И. Беспалов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 4-е изд. — Москва: Юрайт, 2016. —

508 с.: ил. — Университеты России. — Библиография в конце лекций. — Предметный указатель: с. 505-507.

20. РМГ 91-2019 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Использование понятий "погрешность измерения" и "неопределенность измерений". Общие принципы // М.: Стандартиформ. – 2019.

21. Комплект виртуальных измерительных приборов для учебных лабораторий NI ELVIS. Технические средства / Руководство пользователя. - Режим доступа: <http://www.ni.com>.

22. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения// М.: Стандартиформ. – 2011.

23. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). - Собрание законодательства Российской Федерации. – 30.06.2006. - № 34

24. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). - Собрание законодательства Российской Федерации. – 30.06.2006. - № 372

25. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. - Дата введения 2017-03-01 - М: Изд-во стандартов, 1979.

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

27. СанПиН 2.01.28-85 Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичны х промышленных отходов. - Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985 — 16 с

28. Безопасность жизнедеятельности: практикум / Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А.

Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009 — 101 с.

Приложение А

Методические указания

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

Знакомство с NI ELVIS.

**Обработка результатов косвенных многократных измерений,
оценивание погрешности и неопределенности**

Методическое указание для проведения
лабораторной работы

Томск 2020 г.

В лабораторной работе необходимо косвенным методом рассчитать сопротивление, зная измеренное значение напряжения и тока протекающего через резистор, используя закон Ома. Затем произвести обработку группы результатов косвенных многократных измерений.

Цель работы:

- Получение навыков выполнения лабораторной работы с анализатором вольт-амперной характеристики в программно-аппаратной среде NI ELVIS;
- Приобретение навыков обработки результатов косвенных измерений с многократными наблюдениями;
- Приобретение навыков определения неопределенности косвенных измерений с многократными наблюдениями.

Ход работы:

1. Необходимо собрать электрическую схему, состоящую из резистора заданного номинала и выходом анализатора на макете. Цепь собирается на макетной плате NI ELVIS согласно схеме, представленной на рисунке 1.

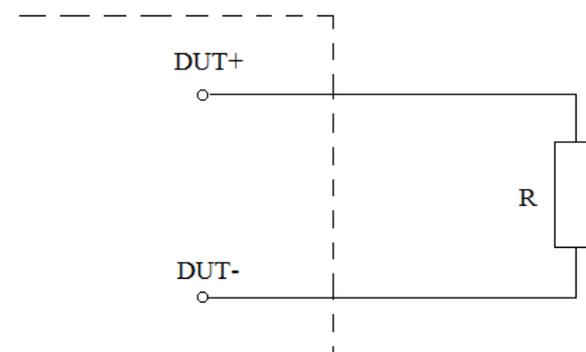


Рисунок 1. Схема лабораторной установки.

2. После сборки указанной схемы, запускаем виртуальный стенд. Для определения и визуализации вольт-амперной характеристики (ВАХ) двухполюсников нужно выбрать из панели виртуальных измерительных

приборов «2-Wire». На ней выбираем диапазон измерения по оси напряжения и тока, и шаг измерения как указано на рисунке 2.

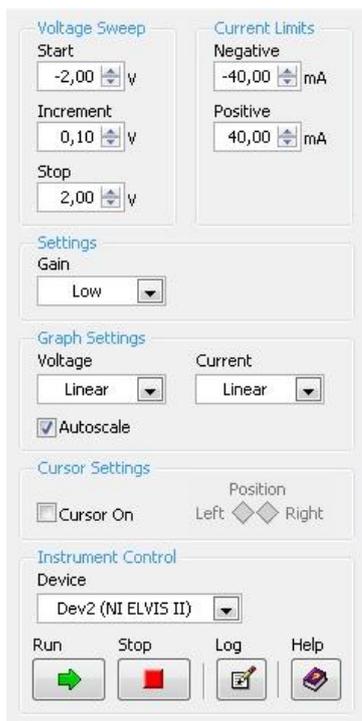


Рисунок 2. Анализатор вольт-амперной характеристики.

3. После установки параметров на лицевой панели, нажимаем кнопку запуска RUN.

4. Получаем график вольт-амперной характеристики и сохраняем полученные случайные значения тока и напряжения в текстовый документ нажатием кнопки LOG.

5. Используя закон Ома, из полученных значений высчитываем сопротивление 40 резисторов по формуле 1:

$$R = \frac{U}{I} \quad (1)$$

Результаты вычисления заносим в таблицу 1:

Таблица 1 – Результаты вычисления

№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм
1	...	4	
2	...	5	...		
3			

Обработка результатов измерений, оценивание погрешности и неопределенности.

1. Число интервалов группирования n определяется по формуле Стерджесса (2):

$$n = 1 + 3,32 \cdot \lg N, \quad (2)$$

где N – количество результатов измерений.

Расположить результаты вычисления в порядке возрастания и тем самым, получить вариационный ряд.

2. Шаг интервала находится по формуле (3):

$$\Delta = \frac{x_{max} - x_{min}}{n} \quad (3)$$

3. На основании полученных данных строится таблица группированных данных.

Таблица 2 – Группированные данные

№	Нижняя граница интервалов группирования	Верхняя граница интервалов группирования	Частота попаданий значений величины в i -й интервал
1
2	
...	...		

4. Построить гистограмму результатов измерений.

По построенной гистограмме можно определить какой закон распределения соответствует выборочным данным.

5. Гипотеза распределения результатов измерений определяется, с помощью критерия согласно ГОСТ Р 8.736

Определяем отношение \tilde{d} по формуле (4):

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{A}|}{nS^*}, \quad (4)$$

где S^* – смещенное среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле (5):

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}, \quad (5)$$

Результаты измерений считают распределенными нормально, если выполняется условие (6):

$$d_{1-\frac{q}{2}} < \tilde{d} \leq d_{q/2}, \quad (6)$$

где $d_{1-q/2}$ и $d_{q/2}$ – квантили распределения, полученные из таблицы 1 ГОСТ Р 8.736.

Также считают, что результаты измерений принадлежат нормальному распределению, если не более $m = 2$ разностей $(x_i - \tilde{x})$ превысили значение $z_{p/2} \cdot S$.

Среднее квадратическое отклонение S определяется по формуле (7):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (7)$$

Значение вероятности $P = 0,98$ определяем из таблицы Б.2 ГОСТ 8.736 по выбранному уровню значимости q_2 и числу результатов измерений n .

СКО оценки измеряемой величины определяется по формуле (8):

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (8)$$

7. Исключение грубых погрешностей

Статистический критерий Граббса исключения грубых погрешностей основан на предположении о том, что группа результатов измерений принадлежит нормальному распределению и вычисляется по формулам:

$$G_1 = \frac{|x_{max} - \bar{x}|}{S} \quad (9)$$

$$G_2 = \frac{|\bar{x} - x_{min}|}{S} \quad (10)$$

Сравнивают G_1 и G_2 с теоретическим значением G_T критерия Граббса при выбранном уровне значимости. Таблица критических значений критерия Граббса приведена в приложении А ГОСТ 8.736.

Если $G_1 < G_T$, то x_{max} не считают промахом и его сохраняют в ряду результатов измерений. Если $G_2 < G_T$, то x_{min} не считают промахом и его сохраняют в ряду результатов измерений.

6. Доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины (t – коэффициент Стьюдента согласно таблицы Д.1 ГОСТ 8.736) вычисляются по формуле (11):

$$\varepsilon = tS_{\bar{x}} \quad (11)$$

Доверительные границы НСП вычисляются по формуле(12):

$$\Theta_{\Sigma} = \pm \sum_{i=1}^m |\theta_i|, \quad (12)$$

Доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины по формуле (13):

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (13)$$

Коэффициент, зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и НСП вычисляется по формуле (14):

$$K = \frac{\varepsilon + \theta_{\Sigma}}{S_{\bar{x}} + S_{\theta}}, \quad (14)$$

Суммарное СКО оценки измеряемой величины находится по формуле (15):

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_{\bar{x}}^2}, \quad (15)$$

СКО НСП:

$$S_{\theta} = \frac{\theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}, \quad (17)$$

Оформление результата измерения по ГОСТ 8.011-72

Погрешности записать результат измерения следует в виде $|\bar{x}| \pm \Delta$.

7. Неопределенности по типу А U_A являются результаты многократных измерений: x_{i1}, \dots, x_{in_i} (где $i = 1, \dots, m$; n_i - число измерений i -й входной величины). Стандартную неопределенность единичного измерения i -й входной величины $u_{A,i}$ вычисляют по формуле (18):

$$u_{A,i} = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}, \quad (18)$$

где $\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{q=1}^{n_i} x_{iq}$ - среднее арифметическое результатов измерений i -й входной величины.

Стандартную неопределенность $u_A(x_i)$ измерений i -й входной величины, при которых результат определяют как среднее арифметическое, вычисляют по формуле (15):

$$u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2} \quad (19)$$

Стандартные неопределенности по типу В:

$$u_B(x_i) = \frac{\theta_i}{\sqrt{3}} \quad (20)$$

Суммарная стандартная неопределенность:

$$u_c(y) = \left[\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right) \cdot u(x_i) \right]^2 \quad (21)$$

где $c_i = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)$ - коэффициенты чувствительности; $u(x_i)$ - стандартная неопределенность i -й входной величины, вычисленная по типу А или В.

Расширенная неопределенность находится по формуле(18):

$$U = k \cdot u_c(y) \quad (18)$$

где k - коэффициент охвата;

Если значения некоторой величины и ее стандартная неопределенность подчиняется нормальному закону распределения, то при числе степеней свободы $\nu = \infty$ коэффициент охвата k равен 2 при вероятности $P = 0,95$.

8. Округление неопределенности измерений проводится в соответствии с МИ 1317.

9. Составить отчет о проделанной работе.

Приложение Б
(справочное)

Research of hardware components of NI ELVIS
in order to create a complex of laboratory works

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ81	Дронова Анастасия Руслановна		

Руководитель ВКР ИШИТР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Заревич А.И.	К.Т.Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Пичугова И.Л.			

Introduction

In this qualification work a laboratory work on metrology was developed and the capabilities of the NI ELVIS hardware-software environment for multiple measurement of electrical quantities have been investigated. It is aimed at practical application in the measurement of the statistical characteristics of electronic components.

In the educational standard for specialties, there are competencies that implement the discipline of Metrology. This discipline is one of the most important, which includes practical work, laboratory work, lectures. The laboratory cycle was carried out according to the manuals intended for the course in metrology. However, the existing laboratory base in the division at NI ELVIS allows laboratory to work at a higher level.

Important places in solving the problem of training competent specialists are applied in the laboratory experiment which is one of the main forms of independent work of students. Depending on the capabilities, materials and tasks, laboratory workshops basically there are two types of development: virtual laboratory work – in the form of various programs on a personal computer and research – laboratory layouts which are an integrated complex of measuring devices and devices under study.

To get the maximum amount of useful knowledge and skills, it is necessary to combine both virtual and hardware solutions in one laboratory workshop, and the creation of such a workshop should be economically profitable. The implementation of virtual instrument technology using the National Instruments ELVIS educational station (OS) and its software developed in the LabVIEW environment is ideal for solving this task.

The complex NI ELVIS

The NI ELVIS uses software developed in the LabView environment and NI data collection equipment to create a virtual measurement system that has the functionality of a set of the most common laboratory instruments. This installation can work in LabVIEW using NI ELVISmx software drivers specially developed for it or using standard device drivers in the LabVIEW environment. The use of standard drivers allows students to gain experience in the development of data collection systems which they can use in the design of industrial and scientific systems for data collection and processing, testing. The NI ELVIS platform is also equipped with a set of LabVIEW – designed front panels (soft Front Panels-SFPs). This platform includes the following measuring devices:

- Arbitrary Waveform Generator – ARB;
- Bode Analyzer;
- Digital Reader;
- Digital Writer;
- Digital Multimeter – DMM;
- Dynamic Signal Analyzer – DSA;
- Function Generator – FGEN;
- Impedance Analyzer;
- Oscilloscope – Scope;
- TwoWire Current Voltage Analyzer;
- Three-Wire Current Voltage Analyzer;
- Variable Power Supplies;

The NI ELVIS is suitable for conducting classes with students of many technical specialties. The NI ELVIS platform provides many features for measurements and tests that may be necessary during laboratory work. For example, a virtual instrument such as the frequency response / frequency response analyzer and spectrum analyzer gives teachers the opportunity to conduct classes on in-depth study of the subject, using signal analysis and processing. Students can

assemble matching circuits with sensors on the layout Board. The platform has a software-based voltage regulation on power sources which allows you to assemble electrical circuits on the layout Board and study the operation.

The NI ELVIS hardware components

NI-ELVIS (Education Laboratory Virtual Instrumentation) is an educational laboratory. The measuring station is used for debugging and researching analog and digital signals of electronic circuits.

The measuring station is based on 3 components:

- 1) Ni-ELVIS desktop workstation;
- 2) analog and digital signal input/output device;
- 3) the software LabVIEW.

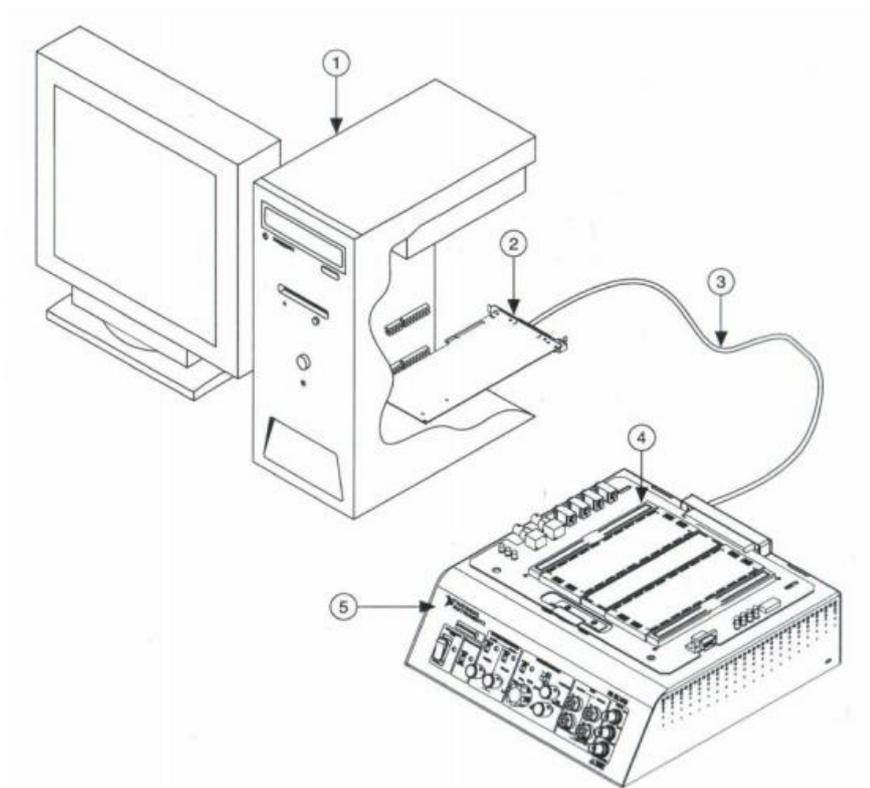


Figure 1. Composition of the Ni – ELVIS – based measuring system

1 – PC with LabVIEW software; 2 – I/O Board; 3 – connecting cable; 4 – layout Board with typesetting field; 5 – Ni – ELVIS platform

The Ni – ELVIS measuring station interacts with the PC by means of an I/O Board used for generating and measuring analog signals. To control the station,

digital Board lines are used, the number of there must be at least eight of them. To work with the station, you can use PCI-e and M-series cards or national Instruments USB devices.

Virtual instrument technology combines technical measurement and control tools, application software, and standard industrial computer technologies to create measurement, test, control, and other technical systems whose functionality is defined by the user.

The layout Board with electronics elements is installed in a desktop workstation and is intended for mounting an electronic circuit and connecting it through the appropriate terminals to the devices.

Figure 2 shows the layout of the workstation component.

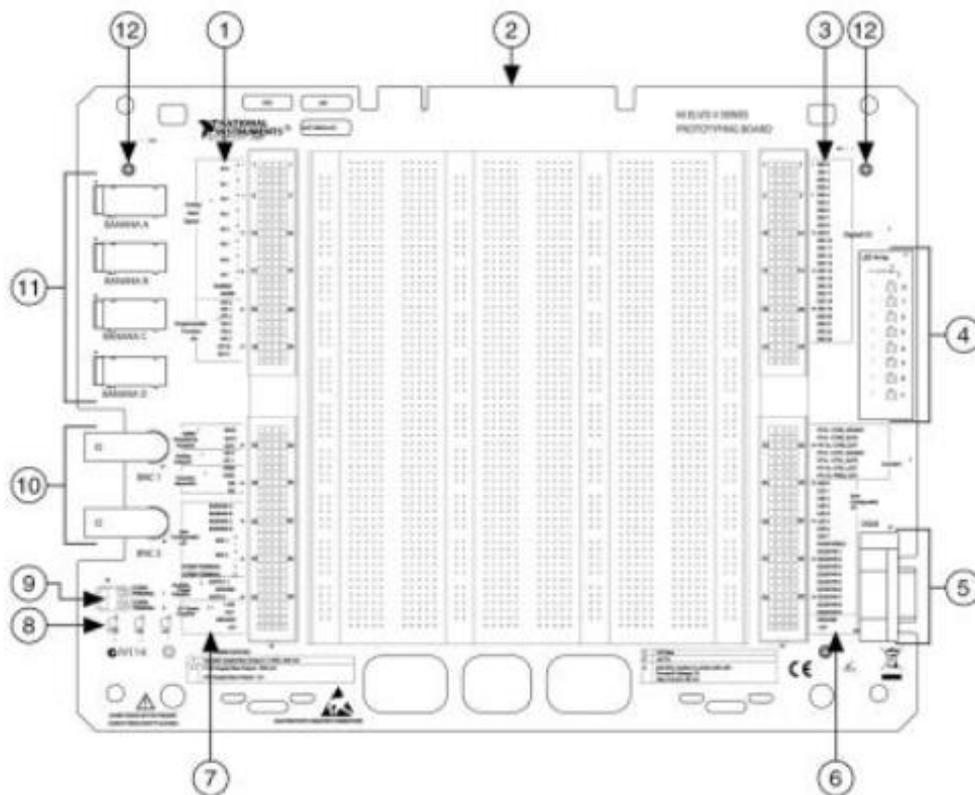


Figure 2. The layout of the board components

1 – sockets for analog inputs and lines PFI; 2 – connector for connecting to a workstation; 3 – digital input and output jacks; 4 – a group of user-configurable indicators; 5 – a custom d-Sub type connector; 6 – counter-timer jacks, custom input and output lines, and DC power supply; 7 – multimeter jacks, analog outputs, function generator, custom input and output lines, adjustable

power supplies and DC power supplies; 8 – DC power supply indicators; 9 – clamp; 10 – clamps BNC connectors; 11 – clamps plug-type connectors; 12 – mounting holes for the screw.

On the layout board, it is possible to use a power supply of ± 15 V and +5 V. This is enough to collect many typical schemes. DC power supplies are designed for voltage generation

+15 V, -15 V, +5 V. Adjustable power supplies allow you to set the voltage range from 0 to +12 V at the SUPPLY+ output and from -12 to 0 V at the SUPPLY-output.

The layout board signals are described in Table 1. Signals are grouped by functional purpose in the same way as they are located.

Table 1. Layout board signals

Signal name	Type	Description
AI<0..7>	Analog input	Positive and negative inputs of differential analog channels 0..7.
AI SENSE	Analog output	Analog input level – the reference level of analog channels configured to operate in the unsymmetric input mode without grounding.
AI GND	Analog input	The general circuit of analog inputs of the I/O module is "analog ground".
PFI <0..2>, <5..7>, <10..11>	Interface of lines with a programmable purpose	PFI lines are used for static digital I/O and for routing synchronization signals.
BASE	Analyzer current-voltage characteristics of two-port networks	Base excitation for bipolar planar transistors.

DUT+	Digital multimeter, impedance, analyzers, two-and four-pole	Exciting input for capacitance and inductance measurement (digital multimeter), impedance analyzer, two - and four-pole analyzers.
DUT-	Digital multimeter, impedance, two - and four-pole analyzers	Virtual "ground" and current circuit potential for measuring capacitance and inductance (digital multimeter), impedance analyzer, two - and four-pole analyzer.
AO <0..1>	Analog output	Analog output lines are used by an arbitrary waveform generator
FGEN	Function generator	The output of the functional generator.
SYNC	Function generator	The output is at TTL levels, synchronized to the FGEN signal
AM	Function generator	Analog input used for amplitude modulation of the FGEN signal.
FM	Function generator	Analog input used for frequency modulation of the FGEN signal.
BANANA <A..D>	Custom I/O sockets	Sockets of plug type A÷D for connection to control points of the object under study.
BNC <1..2>±	Custom I/O sockets	BNC Connectors 1, 2 ± - Positive lines are connected to the Central contacts of the BNC connector, and negative lines are connected to the housing.
SCREW TERMINAL <1..2>	Custom I/O sockets	They are connected to the terminals for screw fasteners.

SUPPLY+	Adjustable power supplies	Output of regulated power supplies with positive output voltage (+) from 0 to 12 V.
GROUND	Power supply	The common terminal of the regulated power supply ("land").
SUPPLY-	Adjustable power supplies	Output of regulated power supplies with negative output voltage (-) from - 12 to 0 V.
+15 V	Constant current source	The output of the power supply is +15 V, unregulated.
-15 V	Constant current source	Power supply output -15 V, unregulated.
GROUND	Constant current source	The common terminal of the unregulated power supply ("land").
+5 V	Constant current source	The output of the power supply is +5 V, unregulated.
GROUND	Constant current source	General contact «Earth»

There are eight differential analog input channels available on the NI ELVIS layout Board – ACH <0..7>. They can be configured using an unsymmetric scheme with or without common ground (RSE). In the RSA scheme, each signal is associated with the AI GND, and in the NURSE scheme with the AISENSE floating line. Table 2 shows the corresponding analog inputs for each circuit.

Table 2. Matching analog inputs

NI Elvis layout Board connectors	Differential circuit (default)	The schemes RSE/RSE
AI0+	AI0 +	AI 0
AI0-	AI0 -	AI 8
AI1+	AI1 +	AI 1
AI1-	AI1 -	AI 9
AI2+	AI2 +	AI 2
AI2-	AI2 -	AI 10
AI3+	AI3 +	AI 3
AI3-	AI3 -	AI 11

AI4+	AI4 +	AI 4
AI4-	AI4 –	AI 12
AI5+	AI5 +	AI 5
AI5-	AI5 –	AI 13
AI6+	AI6 +	AI 6
AI6-	AI6 –	AI 14
AI7+	AI7 +	AI 7
AI7-	AI7 –	AI 15
AISENSE	–	AI SENSE
AIGND	AI GND	AI GND

Since the system uses differential analog input channels, it is necessary to provide a ground point somewhere in the signal connection scheme. The measurement is performed correctly if one of the terminals of the source of the measured signal is connected with the AI GND pin. In the case of a floating signal source, such as a battery, make sure that one of the source terminals is grounded.

Software for regulated power supplies allows you to change the voltage at their outputs – for a negative voltage source from -12 to 0 V, for a positive voltage source – from 0 to +12 V.

Some common analog input (AI), analog output (AO), and device timer functions are available for programming the NI ELVIS II workstation using NI-DAQmx drivers.

Based on the above the NI ELVIS platform is suitable for laboratory work on Metrology. In the main part of the laboratory work it is advisable to show the principles of measuring signals of constant and variable nature by direct and indirect methods with the calculation of metrological characteristics.

Virtual instrument

Virtual instrument technology combines technical measurement and control tools, application software, and standard industrial computer technologies to create measurement, test, control, and other technical systems whose functionality is defined by the user.

Virtual tool technology is an ideal platform for both developing training courses and conducting research. By performing various experiments in laboratory

workshops, students combine measurement, automation, and control operations. The tools or systems used in these experiments must be flexible and adaptable. In scientific experiments virtual instrument technology provides the researcher with the flexibility needed to upgrade systems in the event of unforeseen circumstances. Both scientific and educational experiments require the systems used to be cost-effective. The components of the systems built on the basis of virtual instrument technology can be used repeatedly in a variety of experiments without purchasing additional hardware and software so the choice of this technology is economically justified. Final measurement systems must be scalable to meet future needs. The modular nature of virtual instrument technology allows you to easily add new functionality to the system you create.

The NI ELVIS uses software developed in the LabVIEW environment and NI data collection equipment to create a virtual measurement system that has the functionality of a set of familiar measuring instruments.

As a result, we can say that NI ELVIS technology:

- operates not with virtual, but with real physically existing objects of analog electronics – various elements and circuits;
- deals with real processes occurring in electrical circuits of different configurations, including through the influence of physically generated signals on elements and circuits;
- allows you to observe and measure signal parameters, and build various characteristics on this basis.

All actions are performed by converting analog signals to digital form by real-world analog-to-digital converters with further use of software for their processing.

Resistance measurement

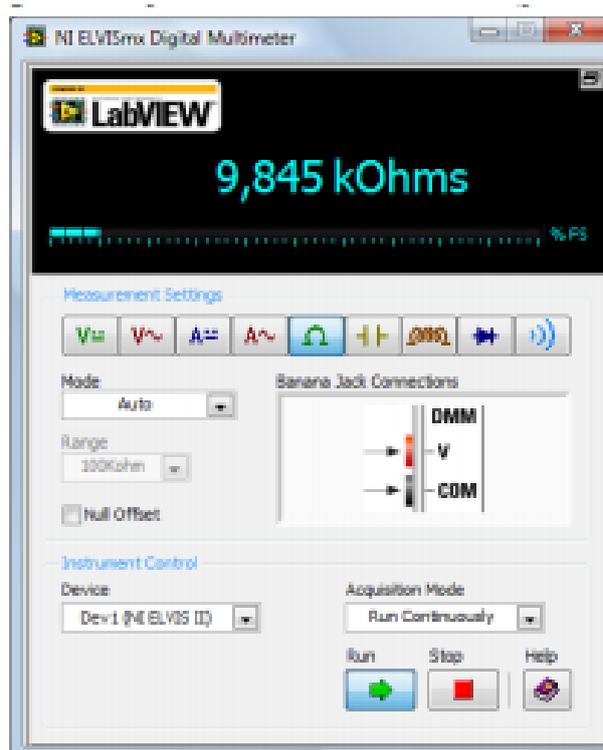


Figure 3. Multimeter

To measure the resistance, two probes are used, one of which is connected to the "COM" (ground) connector on the side panel of the NI ELVIS II, and the other – to the "V Ω " connector. One dipstick clings to one leg of the resistance, the other – to the other. Next, the Ni ELVISmx Digital Multimeter virtual device is configured. To measure the resistance, you must switch the virtual device to the appropriate mode. In the Mode drop – down menu, you can select "Specify range" instead of "Auto". In this case, the "Range" field becomes available, with the ability to select a range for measuring resistance. If you leave the "Auto" mode, the virtual instrument itself will select the necessary range of values for measurement. In the "Acquisition Mode" option, you can select two modes: continuous polling (Run Continuously – in this case, you need to press the "Run" button to start measuring) and single polling (in this case, you need to press the "Run" button every time to get data on the resistance value). Activating the "Null Offset" selector allows you to make relative resistance measurements by setting a specific resistance value for the start of the count. This mode can be used to get information

about the spread of the measured resistance values using the virtual instrument "NI ELVISmx Digital Multimeter", i.e., in fact, about the measurement error.

Conclusion

Laboratory work on metrology requires the use of modern measuring equipment. This equipment should be designed for use by students, therefore, its important characteristics are safety, ease of use, the ability to obtain knowledge and skills that will be useful for further professional activities of students. The training platform NI ELVIS is a suitable option for this task.

The purpose of the laboratory work is:

- Experimental development of theoretical provisions of the studied discipline;
- Getting practical skills in setting up and conducting experiments on various research objects;
- Mastering the skills of working with the means of observation, measurement and control used in the studied area of knowledge;
- Formation of skills for processing research results and presenting them in the form of tables or graphs.

The laboratory work consists of three stages:

1. Extracurricular preparation for laboratory work;
2. Classroom laboratory session which includes assessment of the student's preparation for laboratory work, conducting an experiment, processing its results;
3. Registration of the report on the completed laboratory work.