

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

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки Стандартизация и метрология  
Кафедра Систем управления и мехатроники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В СРЕДЕ LABVIEW ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»</b>

УДК 004.415.2:006:371.38-021.131

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Нихилеева Яна Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры систем управления и мехатроники	Стукач Олег Владимирович	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Экологии и безопасности жизнедеятельности	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Систем управления и мехатроники	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения в магистратуре по направлению  
27.04.01 «Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО 3+, критериев и/или заинтересованных сторон
	<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения инновационных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием современных технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения.	Требования ФГОС 3+ (ОК-1, 8, 9, 10; ПК- 17, 23, 24, 28). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, проводить анализ состояния и динамики метрологического и нормативного обеспечения производства, производить оценку качества измерений, контроля и испытаний, проводить работы по автоматизации измерений и контроля в производстве и научных исследованиях.	Требования ФГОС 3+(ОК - 13, ПК - 3, 7, 8, 9, 13, 14). Критерий 5 АИОР (п.1.3, 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	выполнять работы в области стандартизации и сертификации: выполнять разработку и экспертизу новых технических регламентов и другой нормативной документации, разрабатывать процедуры оценки соответствия, поддерживать единое информационное пространство планирования и управления предприятием на всех этапах жизненного цикла изделий.	Требования ФГОС3+ (ПК-1, 2, 5, 6, 19, 21, 29). Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	выполнять работы в области контроля и управления качеством: исследовать причины появления некачественной продукции, разрабатывать предложения по предупреждению и устранению причин брака, осуществлять приемочный и выходной контроль продукции, а также контроль производства на основе современных технических средств.	Требования ФГОС3+ (ПК-4, 12, 14, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения инновационной инженерной деятельности; организовывать работы по защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на них, проводить технико-экономический анализ по проектам связанным с метрологическим обеспечением производства.	Требования ФГОС3+ (ОК-5, ПК-11, 14, 16, 17, 18, 20, 27, 30). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
	<b>Универсальные компетенции</b>	
P6	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности, заниматься научно-педагогической деятельностью в области метрологии, технического регулирования и управления качеством	Требования ФГОС3+ (ОК-1, 3, 4, 5, ПК-32, 33, 34). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P7	эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок работ, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС3+ (ОК-11, 12, ПК-20, 22, 32). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС3+ (ОК-14, ПК-26) Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО 3+, критериев и/или заинтересованных сторон
		международных стандартов EURACE и FEANI
P9	ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС ВПО 3+ (ОК-7, ПК-10, 14, 20,). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности, проявлять гражданскую позицию, направленную на его совершенствование.	Требования ФГОС ВПО 3+(ОК-6). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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

---

Институт кибернетики  
Направление подготовки Стандартизация и метрология  
Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой СУМ

\_\_\_\_\_ Губин В.Е.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ51	Нихилеевой Яне Алексеевне

Тема работы:

<b>РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В СРЕДЕ LABVIEW ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»</b>	
Утверждена приказом директора:	№ 1653/с от 13.03.2017 <small>(номер, дата)</small>

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования: Методические указания по выполнению лабораторных работ по метрологии. Исходные данные: Программный пакет LabVIEW, NI ELVIS.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Литературный обзор источников по теме диссертации;</li><li>2. Разработка виртуальных лабораторных работ;</li><li>3. Расчет и аналитика;</li><li>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;</li></ol>

	5. Социальная ответственность.
<b>Перечень графического материала</b>	Демонстрационный материал (презентация в MS PowerPoint);
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент, к.э.н., Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	доцент, к.т.н., Извеков В.Н.
<b>Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Основная часть	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
профессор каф СУМ	Стукач О.В.	д.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Нихилеева Я.А.		

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

Студенту:

<b>Группа</b> 8ГМ51	<b>ФИО</b> Нихилеевой Яне Алексеевне
------------------------	-----------------------------------------

<b>Институт</b> Уровень образования	<b>ИК</b> магистратура	<b>Кафедра</b> Направление/специальность	<b>КИСМ</b> 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>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Расчет затрат на разработку НИРС</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>НДС – 18%, отчисления на заработную плату – 30%</i>

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

1. <i>Оценка затрат на создание инженерных решений (ИР)</i>	–
2. <i>Оценка ожидаемого эффекта от внедрения ИР</i>	
3. <i>Оценка срока окупаемости ИР</i>	
4. <i>Определение прибыльности ИР</i>	

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

1. <i>Хронометраж работы</i>
------------------------------

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b> 8ГМ51	<b>ФИО</b> Нихилеева Яна Алексеевна	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
------------------------	----------------------------------------	----------------	-------------

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ГМ51	Нихилеевой Яне Алексеевне

<b>Институт</b>	<b>ИК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>КИСМ</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/специальность</b>	27.04.01 Стандартизация и метрология

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><i>I.</i> Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Разработка лабораторного макета в виде комплекса виртуальных геофизических приборов для проведения лабораторных работ по метрологии</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b>                      Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Микроклимат;</li> <li>– Повышенная напряженность зрения;</li> <li>– Повышенная напряженность труда в течение смены;</li> <li>– Освещенность;</li> <li>– Электромагнитные излучения;</li> <li>– Шум.</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Электрический ток</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Микроклимат;</li> <li>– Напряженность зрения;</li> <li>– Повышенная напряженность труда в течение смены;</li> <li>– Естественное и искусственное освещение;</li> <li>– Электромагнитные излучения;</li> <li>– Электрический ток</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС;</li> <li>– разработка решений по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>

<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора.</li> </ul>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Нихилеева Яна Алексеевна		

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

---

Институт кибернетики  
Направление 27.04.01 «Стандартизация и метрология»  
Кафедра систем управления и мехатроники  
Уровень образования – магистр  
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

магистерская работа
---------------------

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

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2017 г.	Основная часть	60
25.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
30.05.2017 г.	Социальная ответственность	10
05.06.2017 г.	Обязательное приложение на иностранном языке	15
Итого:		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
Профессор каф СУМ	Стукач О.В.	д.т.н		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. Кафедрой	ФИО	Учёная степень	Подпись	Дата
СУМ	Губин В.Е.	к.т.н		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 106 с, 13 рис., 14 табл., 32 источника, 2 прил.

Ключевые слова: Лабораторная работа, методика, LabVIEW, ELVIS, измерение, метрология.

Объектом исследования является разработка лабораторного макета в виде комплекса виртуальных геофизических приборов для проведения лабораторных работ по метрологии.

Цель работы – Разработка виртуальных лабораторных работ с использованием среды NI LabVIEW.

В процессе исследования проводилась разработка лабораторных работ с использованием среды графического программирования NI LabVIEW и учебной платформы NI ELVIS.

В результате исследования были разработаны лабораторные работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», позволяющие обучать студентов основам проведения прямых и косвенных 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: лабораторные работы предназначены 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. Программное обеспечение лабораторных работ позволяет без труда добавить в них новые темы.

## Содержание

1 Основные понятия и определения метрологии.....	12
1.1 Классификация измерений.....	15
1.2 Роль метрологии в развитии конструирования, производства, естественных и технических наук.....	16
1.3 Метрологические характеристики средств измерений.....	18
2 Объект и методы исследования.....	26
2.1 Аппаратные компоненты NI ELVIS.....	27
3 Расчеты и аналитика.....	34
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	46
5 Социальная ответственность.....	56
Заключение.....	76
Список используемой литературы.....	77
Приложение А.....	81
Приложение Б.....	94

# 1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИИ

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 [1].

Метрология состоит из 3 разделов:

- Теоретическая;
- Прикладная;
- Законодательная [2-4].

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 [5].

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 [7-9].

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.

Процесс решения любой задачи измерения включает в себя, как правило, три этапа: подготовку, проведение измерения (эксперимента) и обработку результатов. В процессе проведения самого измерения объект измерения и средство измерения приводятся во взаимодействие.

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 [10].

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 [11].

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.

Диагностирование - процесс распознавания состояния элементов объекта в данный момент времени. По результатам измерений, выполняемых

для параметров, изменяющихся в процессе эксплуатации, можно прогнозировать состояние объекта для дальнейшей эксплуатации.

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

## **1.1 Классификация измерений**

Измерения делятся по нескольким факторам по способу получения измерения, по характеру изменения измеряемой величины, по количеству информации, по отношению к основным единицам измерения, по условиям, определяющим точность результата.

По способу получения измерения:

- Прямые - когда физическая величина непосредственно связывается с ее мерой;
- Косвенные - когда искомое значение измеряемой величины установлено по результатам прямых измерений величин, которые связаны с искомой величиной известной зависимостью;
- Совокупные - когда используются системы уравнений, составляемых по результатам измерения нескольких однородных величин.
- Совместные - производятся с целью установления зависимости между величинами. При этих измерениях определяется сразу несколько показателей.

По характеру изменения измеряемой величины:

- Статические - связаны с определением характеристик случайных процессов => необходимое количество измерений определяется статическими способами.
- Динамические - связаны с такими величинами, которые в процессе измерений меняются (t окружающей среды).

Измерения могут меняться по количеству информации:

- Однократные;
- Многократные ( $> 3$ );

По отношению к основным единицам измерения:

- Абсолютные - (используют прямое измерение одной основной величины и физической константы).
- Относительные - базируются на установлении отношения измеряемой величины, применяемой в качестве единицы. Такая измеряемая величина зависит от используемой единицы измерения.

По условиям, определяющим точность результата, измерения делят на три класса:

- измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники;
- контрольно-поверочные измерения, выполняемые с заданной точностью;
- технические измерения, погрешность которых определяется метрологическими характеристиками средств измерений [12-17].

## **1.2 Роль метрологии в развитии конструирования, производства, естественных и технических наук**

Главные задачи метрологии по обеспечению единства измерений и способов достижения требуемых точностей непосредственно связаны с проблемами взаимозаменяемости как одного из важнейших показателей качества современных изделий. В большинстве стран мира меры по обеспечению единства и требуемой точности измерений установлены законодательно, и в Российской Федерации в 1993 г. был принят закон "Об обеспечении единства измерений" [18-19].

Законодательная метрология ставит главной задачей разработку комплекса взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, требований и норм, а также других вопросов, нуждающихся в регламентации и контроле со стороны государства, направленных на обеспечение единства измерений, прогрессивных методов, способов и средств измерений и их точностей.

В Российской Федерации основные требования законодательной метрологии сведены в Государственные стандарты 8-го класса.

Метрология имеет большое значение для прогресса в области конструирования, производства, естественных и технических наук, так как повышение точности измерений - один из наиболее эффективных путей познания природы человеком, открытий и практического применения достижений точных наук.

Значительное повышение точности измерений неоднократно являлось основной предпосылкой фундаментальных научных открытий.

Так, повышение точности измерения плотности воды в 1932 г. привело к открытию тяжелого изотопа водорода - дейтерия, определившего бурное развитие атомной энергетики. Благодаря гениальному осмыслению результатов экспериментальных исследований по интерференции света, выполненных с высокой точностью и опровергавшим существовавшее до того мнение о взаимном движении источника и приемника света, А. Эйнштейн создал свою всемирно известную теорию относительности. Основоположник мировой метрологии Д.И.Менделеев говорил, что наука начинается там, где начинают измерять. Велико значение метрологии для всех отраслей промышленности, для решения задач по повышению эффективности производства и качества продукции [20].

Приведем лишь несколько примеров, характеризующих практическую роль измерений для страны: доля затрат на измерительную технику составляет около 15 % всех затрат на оборудование в машиностроении и приблизительно 25 % в радиоэлектронике; ежедневно в стране выполняется

значительное число различных измерений, исчисляемых миллиардами, трудятся по профессии, связанной с измерениями, значительное число специалистов.

Современное развитие конструкторской мысли и технологий всех отраслей производства свидетельствуют об органической связи их с метрологией. Для обеспечения научно-технического прогресса метрология должна опережать в своем развитии другие области науки и техники, ибо для каждой из них точные измерения являются одним из основных путей их совершенствования [21].

### **1.3 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.

ГОСТ 8.009—84 устанавливает комплекс нормируемых метрологических характеристик средств измерения, который выбирается из числа приводимых ниже.

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 [21-23].

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  $\Delta$  результата измерения  $X_{\text{изм}}$  от действительного значения  $Q_{\text{д}}$  измеряемой величины:  $\Delta = X_{\text{изм}} - Q_{\text{д}}$ . Тогда погрешность средства измерения  $\Delta_{\text{п}}$  — 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 [24].

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. Эти погрешности нормируются соответствующими коэффициентами влияния изменения отдельных влияющих величин на изменение показаний в виде  $\alpha$ ;  $\frac{\%}{10^{\circ}\text{C}}$ ;  $\frac{\%}{10\%U_{\text{ном}}}$  и

т.д.

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  $\pm 50$  мкм, а для амперметра класса 1,0 составляют  $\pm 1\%$  от верхнего предела измерений.

Погрешности средств измерения (СИ) могут выражаться:

в виде абсолютной погрешности  $\Delta$ :

для меры

$$\Delta = X_{\text{н}} - X_{\text{д}},$$

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

для прибора

$$\Delta = X_{\text{п}} - X_{\text{д}},$$

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

в виде относительной погрешности (100%):

$$\delta = (\Delta/X_D)100,$$

в виде приведенной погрешности (100%):

$$\gamma = (\Delta/X_N)100,$$

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  $X_N = 10$  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. Например, для амперметра с пределами  $-100...+100$  мА  $X_N = 200$  мА.

Если в качестве нормирующей величины принимается длина шкалы прибора, равная единице, то  $X_N = 1$ .

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

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

$$\Delta = \pm a.$$

Если она меняется в указанном диапазоне, то

$$\Delta = \pm(a + bx). \quad (1.5)$$

При  $\Delta = \pm a$  погрешность называется аддитивной, а при  $\Delta = \pm(a+bx)$  — мультипликативной.

Для аддитивной погрешности

$$\delta = \pm p. \quad (1.6)$$

Для мультипликативной погрешности

$$\delta = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{X_n}{X_d} \right| \right) - 1 \right]. \quad (1.7)$$

Приведенная погрешность

$$\gamma = \pm q.$$

Значения  $p$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $q$  выбираются из ряда чисел:  $1 \cdot 10^n$ ;  $1,5 \cdot 10^n$ ;  $1,6 \cdot 10^n$ ;  $2 \cdot 10^n$ ;  $2,5 \cdot 10^n$ ;  $3 \cdot 10^n$ ;  $4 \cdot 10^n$ ;  $5 \cdot 10^n$ ;  $6 \cdot 10^n$ , где  $n$  — положительное или отрицательное целое число, включая нуль.

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 определяются стандартами и техническими условиями, содержащими технические требования к средствам измерения. Для каждого класса точности средства измерения конкретного типа устанавливаются конкретные требования к метрологическим характеристикам, в совокупности отражающие уровень точности. Единые характеристики для средств измерения всех классов точности (например, входные и выходные сопротивления) нормируются независимо от класса точности. Средства измерения нескольких физических величин или с несколькими диапазонами измерений могут иметь два и более классов точности. Например, электроизмерительному прибору, предназначенному для измерения электрического напряжения и сопротивления, могут быть

присвоены два класса точности: один — как вольтметру, другой — как амперметру.

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.

В связи с большим разнообразием средств измерения и их метрологических характеристик ГОСТ 8.401—80 определены способы обозначения, причем выбор того или иного способа зависит от того, в каком виде нормирована погрешность. Для СИ, у которых погрешность измерения определяется в соответствии с формулами (1.4) и (1.5), класс точности присваивается порядковым номером, начиная для самого точного с 1 и далее по мере возрастания погрешности [25].

Если погрешность определяется по формулам (1.6) или (1.7), класс точности СИ соответствует значениям относительной или приведенной погрешности, выраженной в %.

Например, если  $\delta = \pm 1 \%$ , то класс точности СИ — 0,1; если приведенная погрешность  $\gamma = \pm 1,5 \%$ , то класс точности СИ — 1,5. Это справедливо для приведенной погрешности, нормируемой значением физической величины в принятых единицах. В тех случаях, когда погрешность нормируется длиной шкалы прибора 1, класс точности также равен численному значению  $\gamma$ , но обозначается по-другому. Например, при  $\gamma = 0,5 \%$  ( $X_N = 1$ ) класс точности — 0,5.

Если погрешность СИ определяется формулой (1.7) (мультипликативная погрешность), то она обозначается  $c/d$ . Если

$$\delta = \pm \left[ 0,02 + 0,01 \left( \left| \frac{X_n}{X_d} \right| \right) - 1 \right]$$

то класс точности СИ обозначается 0,02/0,01.

## 2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы являются виртуальные лабораторные работы.

Проведение лабораторных работ по метрологии требует использования современного измерительного оборудования. Кроме этого данное 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 данной задачи.

NI ELVIS использует приборы, разработанные в программной среде LabVIEW, специально спроектированную настольную рабочую станцию и макетную плату, которые обладают функциональностью комплекта наиболее распространенных лабораторных приборов. Данная платформа может взаимодействовать в LabVIEW с помощью программных драйверов NI ELVISmx, специально разработанных для нее либо, с помощью стандартных драйверов устройств в среде LabVIEW. Использование стандартных драйверов позволяет студентам получать опыт в разработке систем сбора данных, который они смогут использовать при проектировании промышленных и научных систем сбора и обработки данных, тестирования. Кроме этого, 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 эффективен для организации занятий со студентами различных технических специальностей. Комплект NI ELVIS предоставляет широкие возможности для измерений и испытаний, необходимых в ходе этих занятий, обеспечивает сохранение получаемых данных. Виртуальные приборы NI ELVIS, такие, например, как АЧХ/ФЧХ анализатор и анализатор спектра, дают преподавателям возможность проводить занятия по углубленному изучению предметов, используя обработку и анализ сигналов. Студенты могут собирать схемы согласования с датчиками на макетной плате. Например, установка на макетной плате специального разъема позволяет корректно подключать термопару. В платформе реализована программная регулировка напряжения на источниках питания, что позволяет собирать на макетной плате электрические цепи и изучать работу.

## **2.1 Аппаратные компоненты NI ELVIS**

NI ELVIS II объединяет технические средства и программное обеспечение в функционально полный набор лабораторных приборов. На рисунке 1 приведена схема расположения компонентов макетной платы

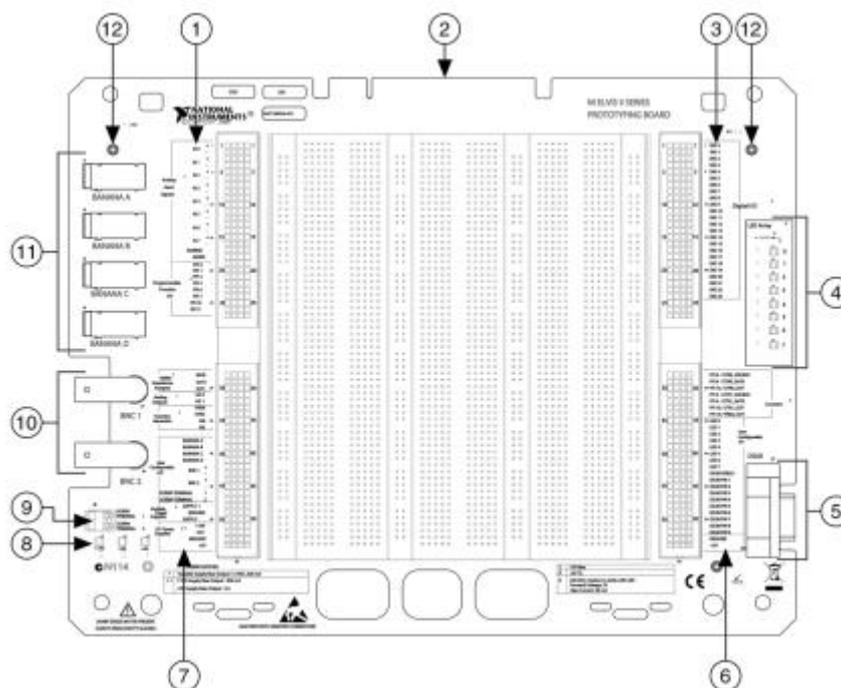


Рисунок 1 – расположение компонентов макетной платы. 1 – гнезда аналоговых входов и линий PFI; 2- Разъем для подключения к рабочей станции; 3 – гнезда цифрового ввода/вывода; 4 – группа индикаторов, конфигурируемых пользователем; 5 – пользовательский разъем типа D-Sub; 6 – Гнезда счетчика-таймера, пользовательских 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.

На макетной плате есть возможность использования питания  $\pm 15\text{В}$  и  $+5\text{В}$ . Этого достаточно, чтобы собрать многие типовые схемы. 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 2-2. Сигналы сгруппированы по функциональному назначению так же, как они расположены.

Таблица 1 – Описание сигналов

Название сигнала	Тип	Описание
AI<0..7> $\pm$	Аналоговые входы	Положительный и отрицательный входы дифференциальных аналоговых каналов 0÷7 ( $\pm$ ).
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.
BASE	Анализатор вольтамперных характеристик четырехполюсников	Возбуждение базы для биполярных плоскостных транзисторов.
DUT+	Цифровой мультиметр, импеданс, анализаторы	Возбуждающий вход измерения емкости и индуктивности

	двух- и четырехполюсников	(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 TTL 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.
+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»

На макетной плате NI ELVIS доступны восемь дифференциальных каналов аналогового ввода – АСН<0..7>. Их можно сконфигурировать по несимметричной схеме с общим заземлением (RSE) или без него (NRSE). В схеме RSE каждый сигнал связан с АIGND, а в схеме NRSE с плавающей линией АISENSE. В таблице 2 показано соответствие аналоговых входов для каждой схемы.

Таблица 2 - Соответствие аналоговых входов

Разъемы платы NI ELVIS	макетной	Дифференциальная схема (по умолчанию)	Схемы RSE/NRSE
------------------------------	----------	------------------------------------------	----------------

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

Поскольку в системе используются дифференциальные аналоговые входные каналы, то где-то в схеме подключения сигналов необходимо предусмотреть точку заземления. Измерение осуществляется правильно, если один из выводов источника измеряемого сигнала соединен контактом AI GND. В случае плавающего источника сигнала, например, батарейки, убедитесь, что один из выводов источника заземлен.

Программное обеспечение регулируемых источников питания (Variable Power Supplies) позволяет изменять напряжения на их выходах – для источника отрицательного напряжения от –12 до 0 В, для источника положительного напряжения – от 0 до +12 В.

Для программирования рабочей станции NI ELVIS II с использованием драйверов NI-DAQmx доступны некоторые общие функции аналогового ввода (AI), аналогового вывода (AO) и таймерные функции устройства.

Исходя из вышесказанного, платформа NI ELVIS подходит для проведения лабораторных работ по метрологии. Основное в лабораторных работах целесообразно показать принципы измерения сигналов постоянной и переменной природы прямым и косвенным методами с вычислением метрологических характеристик.

В результате проведения литературного обзора и анализа объекта и методов исследования сформулированы следующие задачи:

1. Разработать лабораторную работу по теме «Косвенные измерения постоянного тока».
2. Разработать лабораторную работу по теме «Измерения характеристик переменных сигналов».
3. Разработать лабораторную работу по теме «Измерение температуры».

### 3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Для создания лабораторных работ была в среде NI LabVIEW был создан виртуальный стенд, который включает в себя программы сбора и обработки данных, которые используются во всех лабораторных работах. Алгоритм работы стенда представлен в виде блок-диаграмме на рисунке 2.

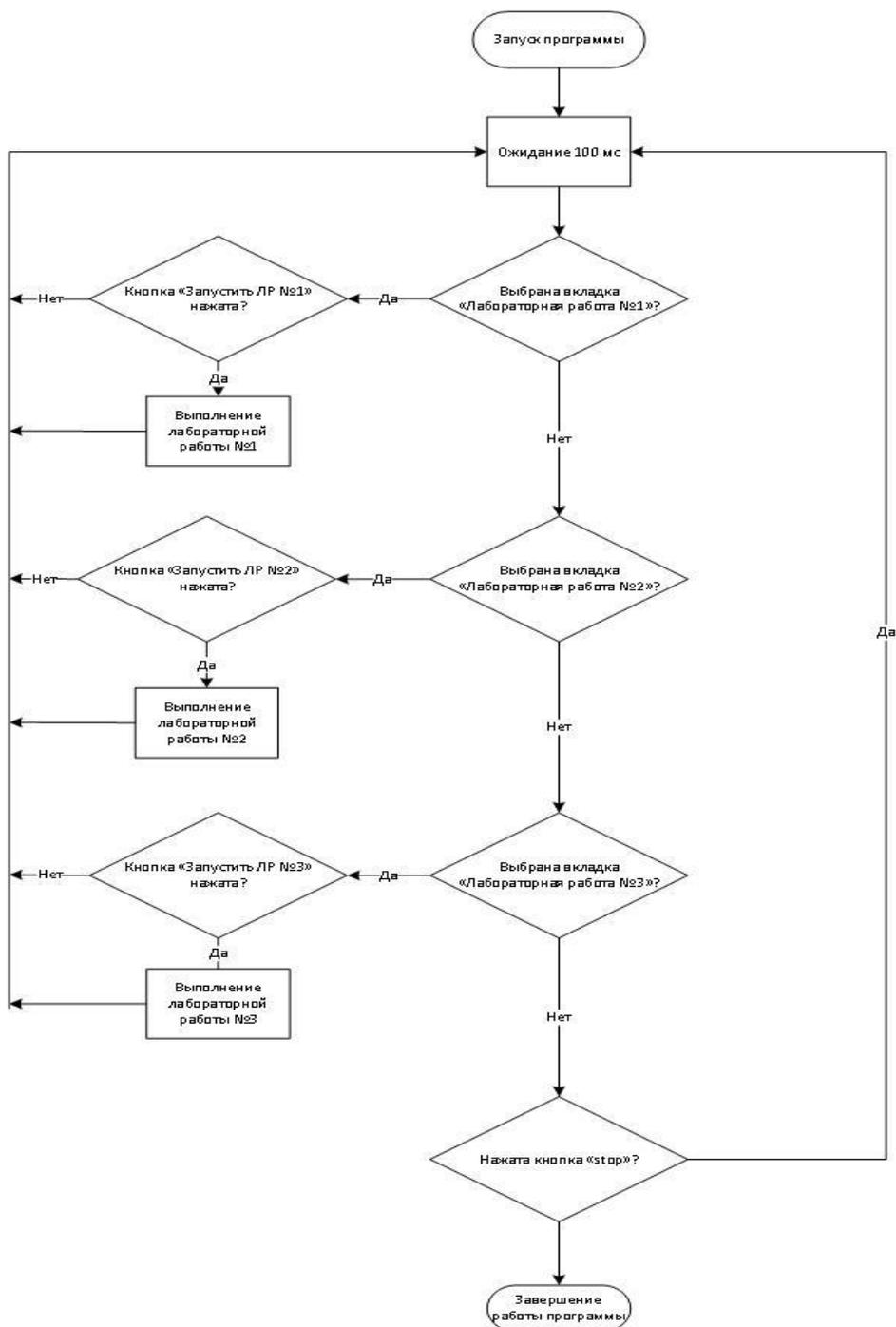


Рисунок 2 – Блок-диаграмма работы виртуального стенда

После запуска программы, она проверяет событие нажатия кнопок запуска лабораторных работ или нажатие кнопки «Stop». Пользователю необходимо перейти на вкладку с нужной лабораторной работой и нажать кнопку «Запустить ЛР», после чего программа начинает измерения. Для того, чтобы остановить сбор данных нужно нажать «Остановить ЛР» в соответствующей вкладке. Нажатие кнопки «Stop» останавливает работу стенда. Как видно из блок-диаграммы работы виртуального стенда, между итерациями цикла стоит задержка 100 мс. Эта задержка позволяет разгрузить процессор на этапе проверки состояния кнопок запуска лабораторных работ.

Стенд включает в себя три лабораторные работы:

- лабораторная работа №1 – Измерение постоянного тока;
- лабораторная работа №2 – Измерение параметров периодических сигналов;
- лабораторная работа №3 – Цифровой термометр.

Ниже представлены лицевые панели и исходный код данных лабораторных работ.

#### Лабораторная работа №1 – Измерение постоянного тока

В лабораторной работе студентам предлагается измерить ток, протекающий через резистор заданного сопротивления используя закон Ома. Для этого резистор соединяется с источником питания, программа выполняет измерение падения напряжения на резисторе и расчет тока в цепи. Цепь собирается на макетной плате NI ELVIS согласно схеме, представленной на рисунке 3.

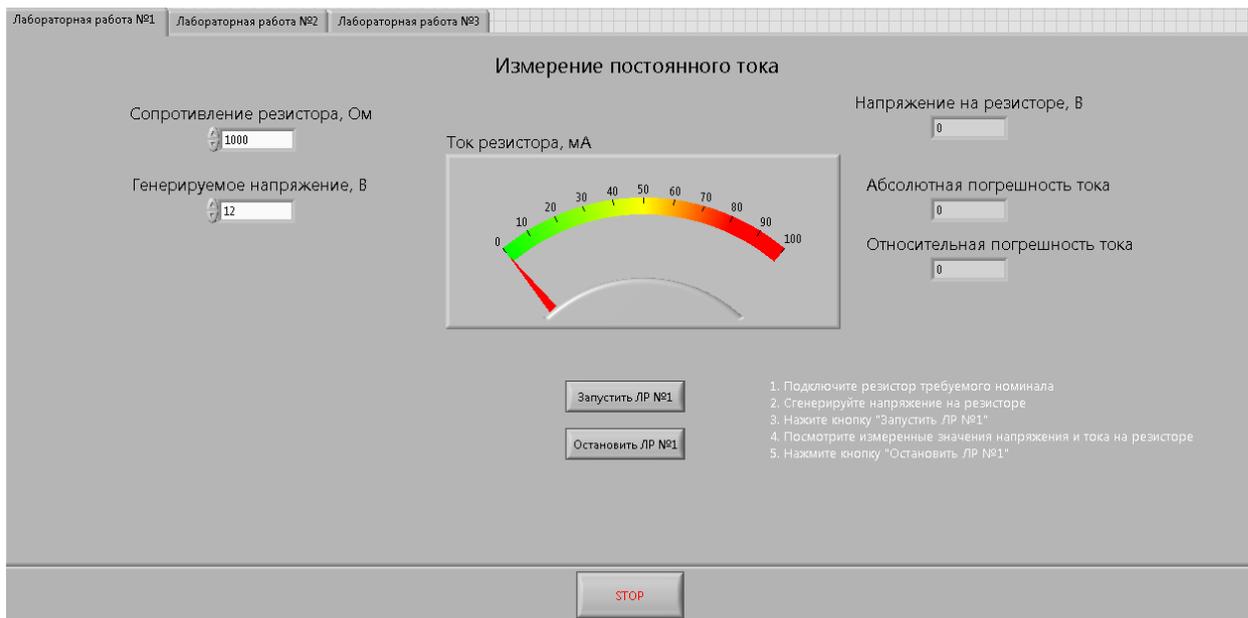


Рисунок 3 – Вкладка «Лабораторная работа №1» виртуального стенда

Блок схема работы программы лабораторной работы №1 и ее исходный графический код данной лабораторной работы представлены на рисунках 4 и 5 соответственно.



Рисунок 4 – Блок-схема работы программы лабораторной работы №1

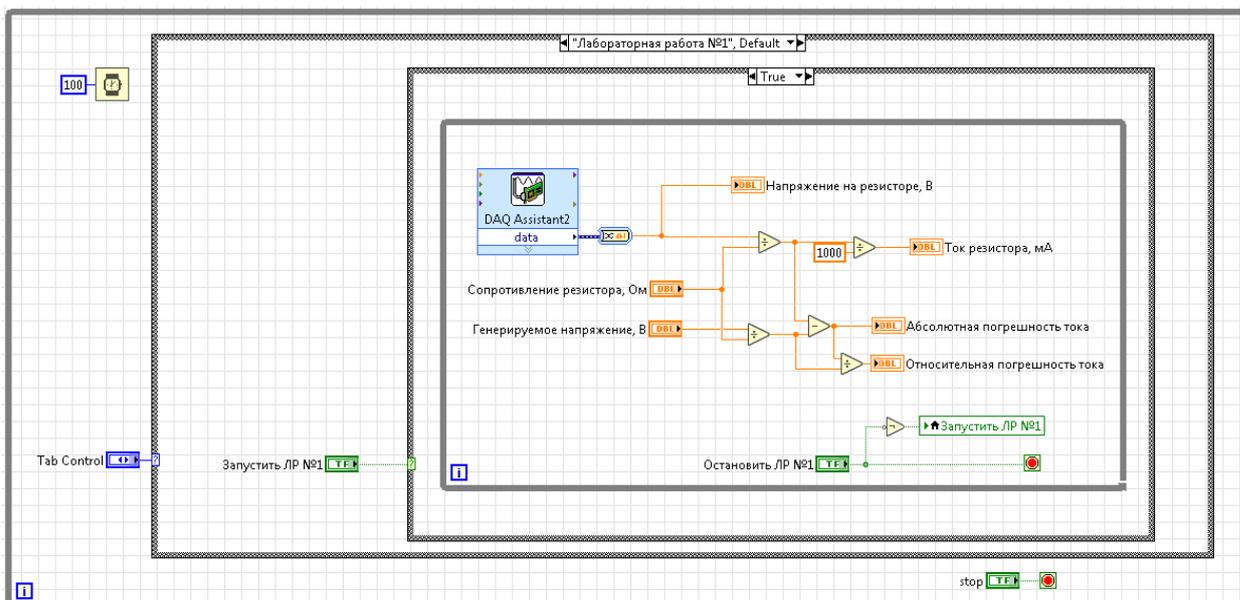


Рисунок 5 – Исходный графический код лабораторной работы №1 в составе виртуального стенда.

До того, как будет нажата кнопка «Запустить ЛР №1» выполняется внешний цикл While Loop с задержкой в 100 мс. Он выполняет функцию ожидания действия пользователя. После выбора вкладки «Лабораторная работа №1» и нажатия кнопки «Запустить ЛР №1» начинает работать внутренний цикл While Loop, в котором расположены функции сбора данных и расчеты.

Сбор напряжения на резисторе осуществляется функцией DAQ Assistant, которая сконфигурирована согласно значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры экспресс-функции DAQ Assistant, используемые в лабораторной работе №1

Параметр	Значение
Измеряемая величина	Voltage
Измеряемый канал	Ai0
Конфигурация заземления	Differential
Конфигурация сбора данных	1 Point (On Demand)
Диапазон измерения	-10-10 V

После сбора напряжения на резисторе, оно выводится на индикаторе «Напряжение на резисторе, В», а также используется в вычислении тока, согласно закону Ома, для чего делится на величину сопротивления и делится на 1000 для перевода в миллиамперы.

## Лабораторная работа №2 – Измерение параметров периодических сигналов

В данной работе студентам предлагается сгенерировать периодические сигналы различной формы и определить такие их параметры как среднеквадратичное значение амплитуды, частоту и спектральный состав. Лицевая панель программы представлена на рисунке 6.

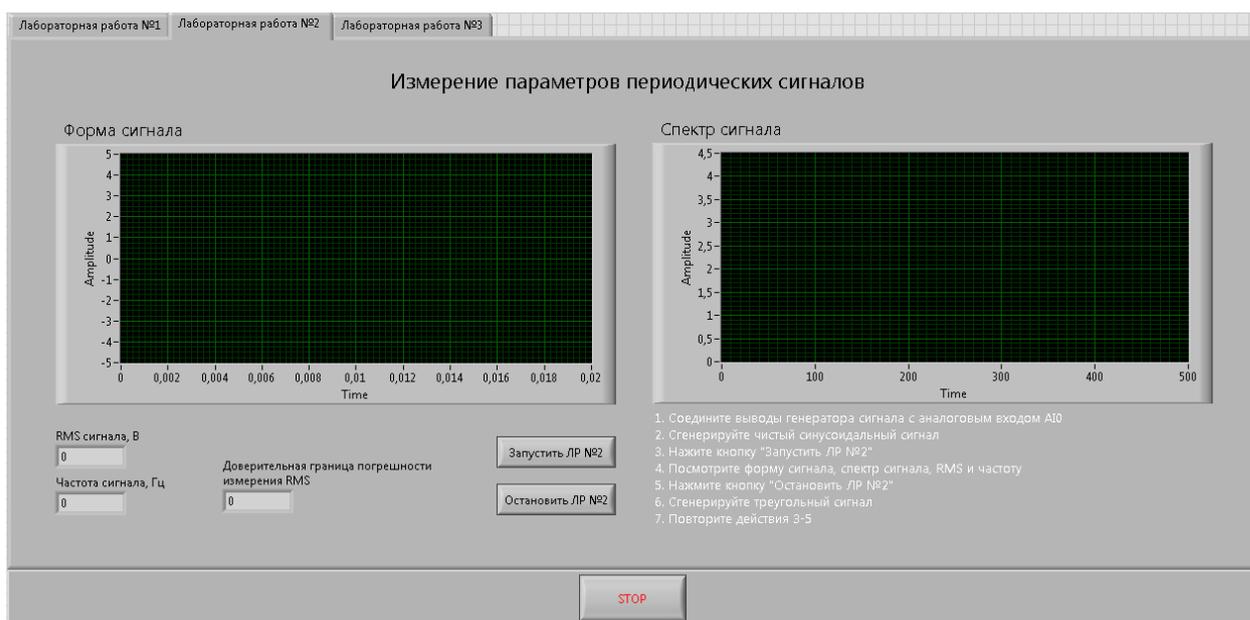


Рисунок 6 – Вкладка «Лабораторная работа №2» виртуального стенда

Блок схема работы программы лабораторной работы №1 и ее исходный графический код данной лабораторной работы представлены на рисунках 7 и 8 соответственно.

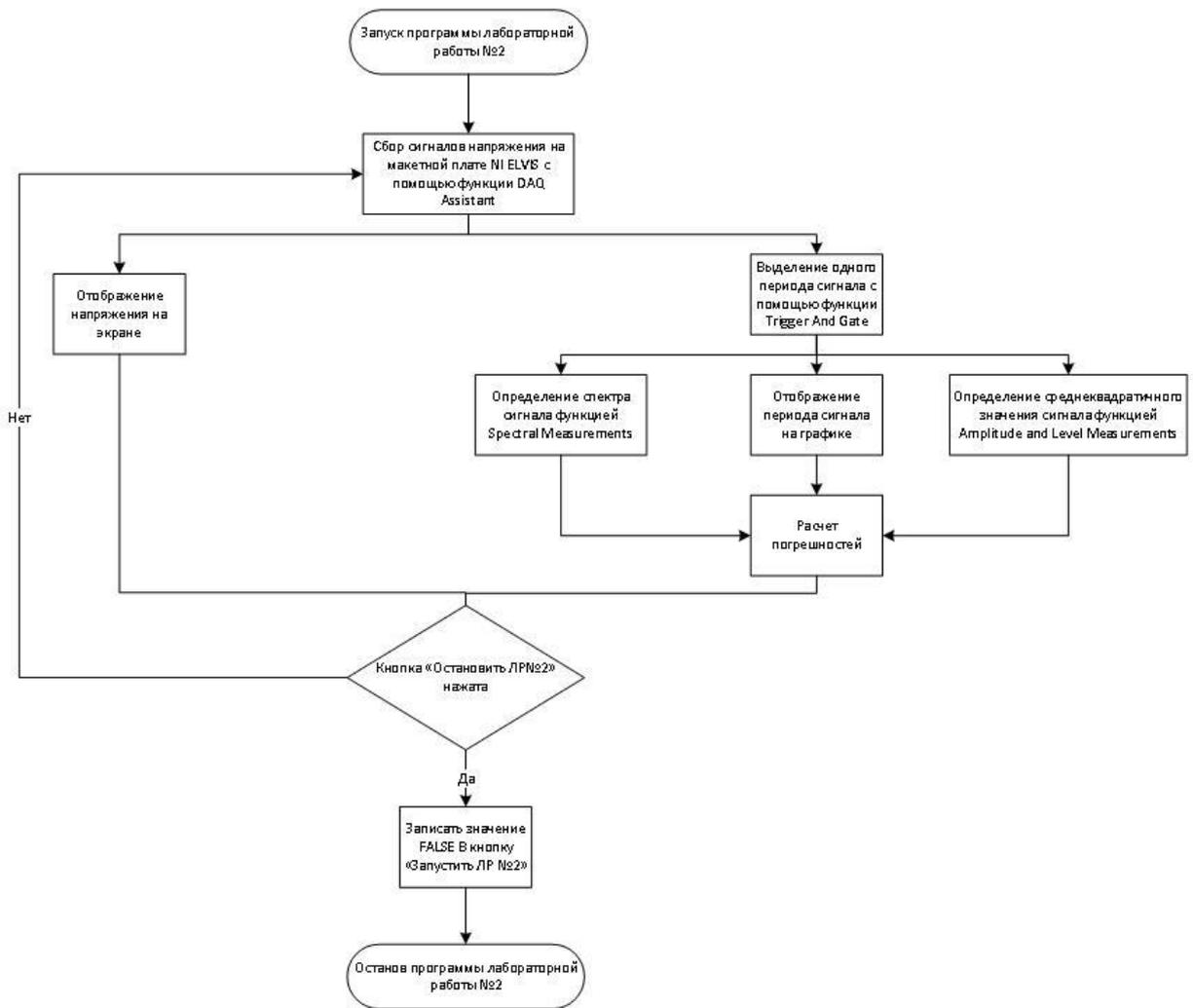


Рисунок 7 – Блок-схема работы программы лабораторной работы №2

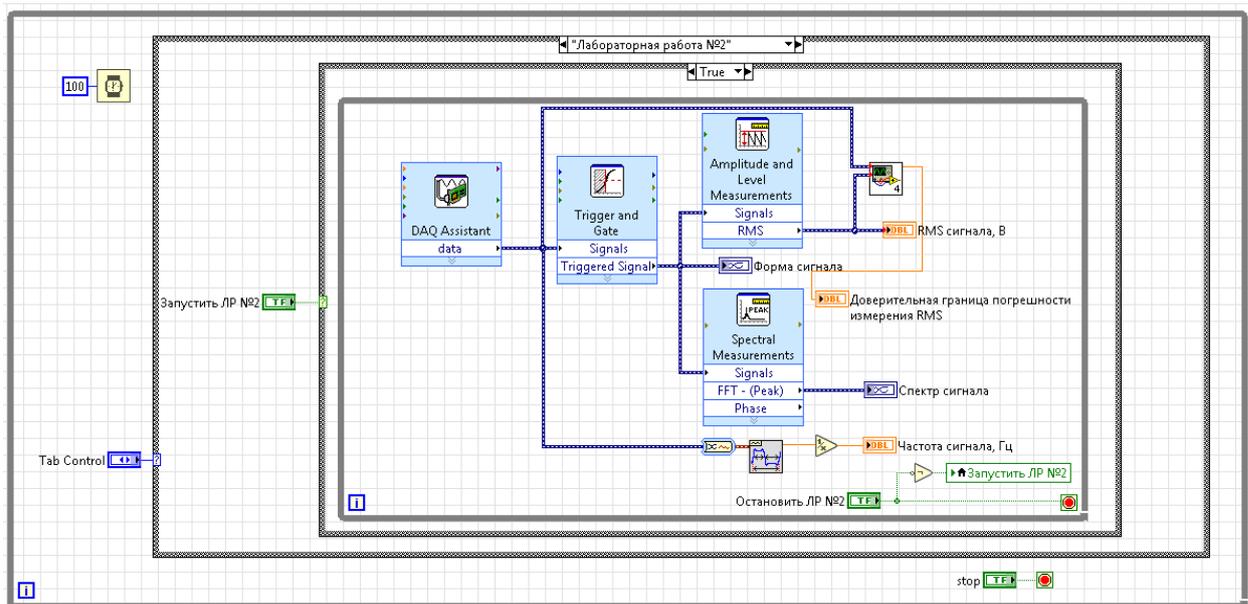


Рисунок 8 – Исходный лабораторной работы №2 в составе виртуального стенда

До того, как будет нажата кнопка «Запустить ЛР №2» выполняется внешний цикл While Loop с задержкой в 100 мс. Он выполняет функцию ожидания действия пользователя. После выбора вкладки «Лабораторная работа №2» и нажатия кнопки «Запустить ЛР №2» начинает работать внутренний цикл While Loop, в котором расположены функции сбора данных и расчеты.

Сбор данных осуществляется функцией DAQ Assistant, сконфигурированной на сбор 1000 точек сигнала за итерацию с частотой дискретизации 1000 сэмплов в секунду (таблица 4). Данной частоты дискретизации достаточно для восстановления формы и спектрального состава сигналов с частотами до 100 Гц.

Таблица 4 – Параметры экспресс-функции DAQ Assistant, используемые в лабораторной работе №2

Параметр	Значение
Измеряемая величина	Voltage
Измеряемый канал	Ai0
Конфигурация заземления	Differential
Конфигурация сбора данных	Continuous Samples
Частота дискретизации	1000 Samples/sec
Диапазон измерения	-10-10 V

После сбора 1000 точек сигнала, вычисляется его период с помощью функции «Pulse Measurement», который затем преобразуется в частоту и выводится на индикатор «Частота сигнала, Гц». Параллельно эти собранные точки подаются на функцию «Trigger and Gate», которая выделяет один период сигнала по двум последовательным восходящим переходам через нуль. Период сигнала выводится на график «Форма сигнала» и подается на

функцию «Amplitude and Level Measurements» для определения среднеквадратичного значения, выводимого на индикатор «RMS сигнала, В» и на функцию «Spectral Measurements» для определения частотного спектра сигнала с помощью преобразования Фурье. Спектр выводится на график «Спектр сигнала».

### Лабораторная работа №3 – Цифровой термометр

В данной работе студентам предлагается собрать термометр, с помощью термистора и резистора, и посмотреть в программе на компьютере значение температуры.

Лицевая панель программы представлена на рисунке 9.

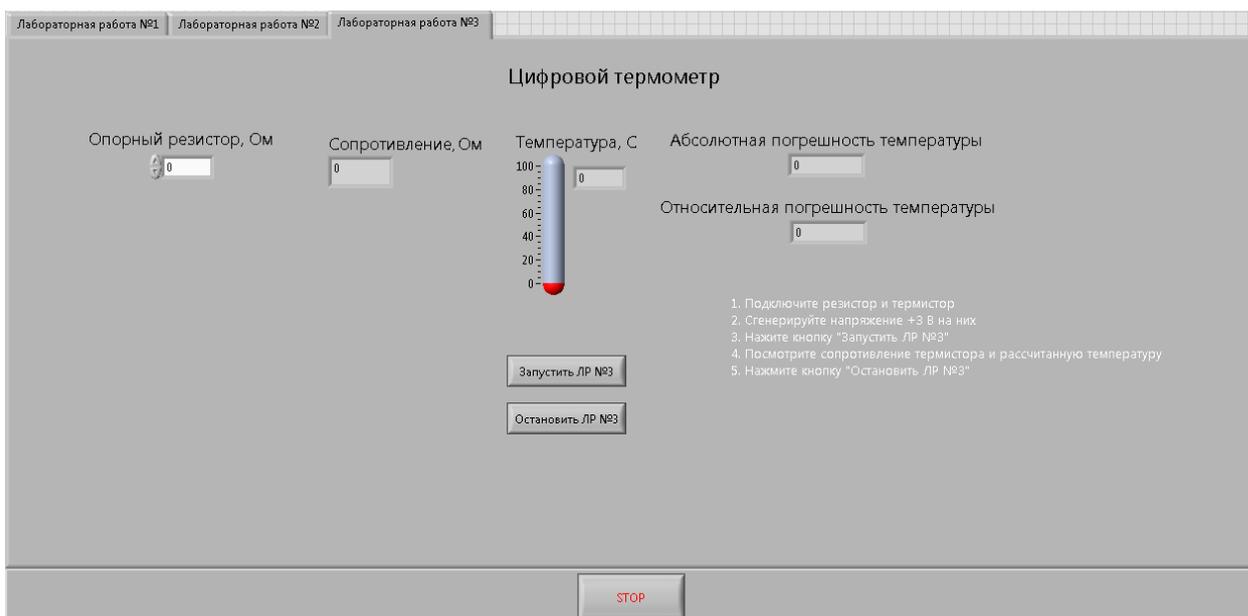


Рисунок 9 – Вкладка «Лабораторная работа №3» виртуального стенда

Блок схема работы программы лабораторной работы №3 и ее исходный графический код данной лабораторной работы представлены на рисунках 10 и 11 соответственно.



Рисунок 10 - Блок-схема работы программы лабораторной работы №3

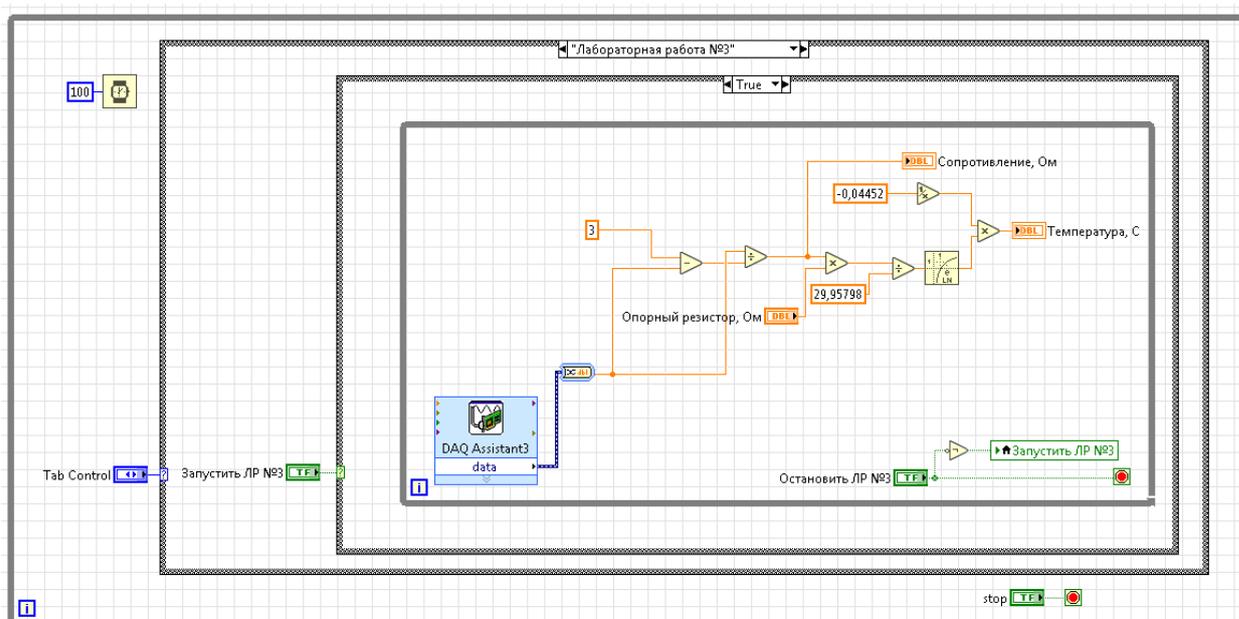


Рисунок 11 – Исходный графический код лабораторной работы №3 в составе виртуального стенда

До того, как будет нажата кнопка «Запустить ЛР №3» выполняется внешний цикл While Loop с задержкой в 100 мс. Он выполняет функцию ожидания действия пользователя. После выбора вкладки «Лабораторная работа №3» и нажатия кнопки «Запустить ЛР №3» начинает работать внутренний цикл While Loop, в котором расположены функции сбора данных и расчеты.

Сбор данных напряжения на термисторе осуществляется функцией DAQ Assistant, параметры конфигурации которой представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры экспресс-функции DAQ Assistant, используемые в лабораторной работе №3

Параметр	Значение
Измеряемая величина	Voltage
Измеряемый канал	Ai0
Конфигурация заземления	Differential
Конфигурация сбора данных	1 Point (On Demand)
Диапазон измерения	-10-10 V

После сбора значения падения напряжения на термисторе оно преобразуется в сопротивление термистора по формуле:

$$R_T = R_1 * \frac{V_T}{3 - V_T} (2), \text{ где}$$

$R_1$  – сопротивление опорного резистора,

$V_T$  – падение напряжения на термисторе.

Вычисленное значение  $R$  сопротивления на термисторе выводится на индикатор «Сопротивление, Ом» и преобразуется в температуру по формуле:

$$T = \left( \frac{1}{-0,04452} \right) * \ln \left( \frac{R}{29,95798} \right) (3).$$

Полученное значение температуры выводится на индикатор «Температура, С».

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **4.1 Организация и планирование работ**

Перед началом работы необходимо спланировать деятельность каждого ее участника. Участниками данного проекта являются Исполнитель (И) и научный руководитель (НР). В таблице 6 показан список этапов работ, исполнители, задействованные в них и степень загрузки каждого исполнителя.

Таблица 6 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

<b>Этапы работы</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Загрузка исполнителей</b>
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%
Составление списка тем разрабатываемых лабораторных работ	НР, И	НР – 70% И – 50%
Разработка комплекса лабораторных работ	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	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 4.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (4), \text{ где}$$

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

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

После этого для каждого этапа по формуле 5 было рассчитано значение продолжительности выполнения этапа в рабочих днях ( $T_{РД}$ ).

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д} \quad (5), \text{ где}$$

$t_{ож}$  – 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 продолжительности этапа в календарных днях ( $T_{КД}$ ):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (6), \text{ где}$$

$T_{К}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях. Для пятидневной рабочей недели данный коэффициент равен 1,48.

Расчеты для каждого этапа сведены в таблице 7.

Этап	Исполнители	Продолжительность работ,			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		дни			Трд		Ткд	
		t <sub>min</sub>	t <sub>max</sub>	t <sub>ож</sub>	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	0,00	4,97	0,00
Составление и утверждение календарного плана дипломной работы	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,29	4,26	0,43
Изучение литературы и справочных материалов по теме работы	НР, И	14	24	18	6,48	21,60	9,58	31,92
Обсуждение информации из литературных источников	НР, И	2	3	2,4	2,02	1,44	2,98	2,13
Составление списка тем разрабатываемых лабораторных работ	НР, И	3	4	3,4	2,86	2,04	4,22	3,01
Разработка комплекса лабораторных работ	И	10	15	12	0,00	14,40	0,00	21,28
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	5	15	9	0,00	10,80	0,00	15,96
Оформление графического материала	И	5	10	7	0,00	8,40	0,00	12,41
Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	1,73	2,88	2,55	4,26
Итого:				<b>59,4</b>	<b>19,32</b>	<b>61,85</b>	<b>28,55</b>	<b>91,39</b>

## 4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

### 4.2.1 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 9.

Таблица 9 – Расчет затрат на материалы

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

Из таблицы 9 следует, что общие затраты на материалы составят 1740 рублей.

### 4.2.2 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 10.

Таблица 10 – Расчет заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23264,86	1130,28	19,32	1,699	37101,07
И	9043,71	439,44	61,85	1,62	44030,74
Итого					81131,81

Из таблицы 10 видно, что расходы на заработную плату исполнителя проекта и научного руководителя составят 81131,81 руб.

#### 4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог ( $C_{\text{соц}}$ ), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$ . В нашем случае  $C_{\text{соц}} = 81131,81 \cdot 0,3 = 24339,54$  руб.

#### 4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}} \quad (7), \text{ где}$$

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

$Ц_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

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

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

$$t_{об} = T_{РД} * K_t (8), \text{ где}$$

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

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 11.

Таблица 11 – Расчет затрат на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$ , час	Потребляемая мощность $P_{об}$ , кВт	Затраты $Э_{об}$ , руб.
Персональный компьютер	495	0,3	858,25
Лазерный принтер	5	0,38	10,73
NI Elvis	148	0,05	42,91
<b>Итого:</b>			<b>911,89</b>

Из таблицы 11 следует, что расходы на электроэнергию составили 911,98 руб.

#### 4.2.5 Расчет амортизационных расходов

Амортизационные расходы при использовании оборудования рассчитываются по формуле

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{об} * t_{рф} * n}{F_D} (9), \text{ где}$$

$N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР.

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования

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

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Расчеты амортизационных расходов собраны в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет амортизационных расходов

Наименование оборудования	$N_A$	$Ц_{ОБ}$	$F_D$	$t_{рф}$	$n$	$C_{ам}$
Персональный компьютер	0,40	45000,00	1976,00	494,78	1,00	4507,14
Лазерный принтер	0,40	17000,00	1976,00	4,95	1,00	17,03
Итого						4524,17

Из таблицы 12 следует, что амортизационные расходы при использовании оборудования составили 4524,17 рублей.

#### 4.2.6 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.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1(10)$$

В данной работе эта величина составляет:

$$C_{\text{проч.}} = (1740 + 81131,81 + 24339,54 + 911,89 + 4524,17) \cdot 0,1 = 11262,75 \text{ руб.}$$

#### 4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Общую себестоимость разработки можно вычислить как сумму всех расходов. Данный расчет представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет общей себестоимости проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1740,00
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	81131,81
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	24339,54
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	911,89
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4524,17
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0,00
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	11262,75
Итого:		123910,16

Из представленных в таблице 13 данных следует, что общая себестоимость разработки составляет 123910,16 рублей.

#### 4.2.8 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 24782,03 рублей.

#### **4.2.9 Расчет НДС**

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(123910,16 + 24782,03) * 0,18 = 26764,60$  руб.

#### **4.2.10 Цена разработки НИР**

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

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 123910,16 + 24782,03 + 26764,60 = 175456,79 \text{ руб.}$$

Таким образом, из представленных расчетов видно, что цена разработки НИР составляет 175456,79 руб.

### **4.3 Оценка экономической эффективности проекта**

Данная работа носит дидактический характер и ее результаты будут использоваться для задач обучения студентов, поэтому проводить оценку экономической эффективности проекта в данном случае нецелесообразно.

#### **4.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР**

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок.

Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{НТУ} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i \quad (11),$$

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

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

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

В разработанных лабораторных работах систематизируются имеющиеся сведения об измерениях, и объясняется их связь друг с другом. Таким образом, балл для оценки уровня новизны работы равен 2

В ходе дипломной работы создан новый программно-аппаратный комплекс для проведения лабораторных работ, следовательно, балл значимости теоретических уровней равен 6.

Лабораторные работы можно внедрять сразу после разработки программно-аппаратного комплекса, поэтому балл возможности реализации результатов по времени равен 10.

Таким образом, совокупная оценка научно-технического уровня НИР равна

$$K_{НТУ} = 0,4 * 2 + 0,1 * 6 + 0,5 * 10 = 6,4 \quad (12)$$

Это означает, что выполненная работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

## 5 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 этичное 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**

Объектом исследования является разработка лабораторного макета в виде комплекса виртуальных геофизических приборов для проведения лабораторных работ по метрологии.

Согласно техническому заданию, планируется создать программный стенд, состоящий из нескольких виртуальных геофизических приборов, позволяющий проводить лабораторные работы по метрологии. Этот программный стенд будет взаимодействовать с учебной платформой NI ELVIS, которая будет выполнять функции генерации и сбора данных и измерения физических параметров. Для выполнения ТЗ необходимо разработать программой стенд и методические указания для выполнения лабораторных работ.

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.

### **5.1 Производственная безопасность**

#### **5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования**

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные факторы по их воздействию на организм можно разделить на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Опасные и вредные факторы, которые присутствуют в данной работе представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень опасных и вредных фактором технологии производства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Работа с ПЭВМ;</li> <li>– Работа с учебной платформой NI ELVIS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Микроклимат;</li> <li>– Повышенная напряженность зрения;</li> <li>– Повышенная напряженность труда в течение смены;</li> <li>– Освещенность;</li> <li>– Электромагнитные излучения;</li> <li>– Шум.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Электрический ток.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96;</li> <li>– Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95;</li> <li>– Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ;</li> <li>– Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;</li> </ul>

			– Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 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.

### **5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут при внедрении объекта исследования**

Создание и проведение лабораторных работ 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». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

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.

### **5.1.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)**

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.

С 30 июня 2003 г. введены новые Санитарно-эпидемиологические правила СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03 “Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы”. 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 (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) 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 м<sup>2</sup> и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) 4,5 м<sup>2</sup>.

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.

## 5.2 Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина  $A = 4$  (м), ширина  $B = 3$  (м), высота  $H = 2,4$  (м), количество ламп  $N = 4$  (шт).

Вычисления будут, производится 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:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (13)$$

Где:  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, (Лк);

$S$  – площадь освещаемого помещения, ( $m^2$ );

$K_z$  – 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;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока, (%);

$\Phi$ – световой поток, излучаемый светильником.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен ( $\rho_{ст}$ ) и потолка ( $\rho_n$ ).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (14)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

Произведем расчет:

$$h = H - 0,8 = 2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ (м)}, \quad (15)$$

где  $h$  – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки зависит от отношения, представленного в формуле:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (16)$$

где  $L$  – расстояние между рядами светильников, м.

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

$$L = l \cdot h = 1,4 \cdot 1,6 = 2,24 \text{ (м)} \quad (17)$$

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

$$L = \frac{(B - L)}{2} = \frac{(3 - 2,24)}{2} = 0,38 \text{ (м)} \quad (18)$$

Определим индекс помещения вычисляя по формуле получаем:

$$i = \frac{12}{(4 + 3) \cdot 1,6} = 1,07$$

Найдем коэффициенты отражения поверхностей стен, пола и потолка. Так как поверхность стен окрашена в серый цвет, свежепобеленные с окнами без штор, то коэффициент отражения поверхности стен  $P_{ст} = 50\%$ . Так как поверхность потолка светлый окрашенный, то коэффициент отражения поверхности потолка  $P_{п} = 30\%$ . Учитывая коэффициенты отражения поверхностей стен, потолка и индекс помещения  $i$ , определяем значение

коэффициента  $\eta = 36\%$ . Подставив все значения в формулу (13), по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,36} = \frac{5940}{1,44} = 4125 \text{ (лм)}$$

По полученному световому потоку подбираем лампу, наиболее подходящей является лампа ЛБР-80-1 со световым потоком 4160 (лм).

Выразим  $E$  из формулы (13):

$$E = \frac{(F \cdot N \cdot \eta)}{(k)} = \frac{(4160 \cdot 4 \cdot 0,36)}{(1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)} = \frac{5990,4}{19,8} = 302,5 \text{ (лм)} \quad (19)$$

Как видно из расчета, минимальная освещенность в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы ЛБР-80-1 является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)}, \quad (20)$$

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,  $n = 2$ ;

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

$F$  – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (20), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{(300 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)}{(2 \cdot 4160 \cdot 0,36)} = \frac{5940}{2995,2} \approx 1,98 \approx 2 \text{ (шт)}$$

Длина одного светильника равна 1,5 (м), в одном светильнике 2 лампы ЛБР-80-1. Так как в рассматриваемом помещении количество ламп 4 (шт), по

одному светильнику в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены.

## **5.3 Экологическая безопасность**

### **5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

Разработанный лабораторный макет предполагает 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.

### **5.3.2 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.

### **5.3.3 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 в следствие 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 СНиП 2.01.28-85 и предназначенных для централизованного сбора обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, НИИ и учреждений

## **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований**

Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть при работе с разработанным комплексом – 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. Участок ПЭВМ по пожарной опасности относится к категории пожароопасных "В". Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

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. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновений и тока даются в ГОСТ 12.1.038-82.

### **5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований**

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера. К причинам неэлектрического характера относятся:

- неисправность оборудования и нарушение процесса эксплуатации устройств;
- халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов);
- неисправность устройства или вентиляционной системы;
- самовоспламенение или самовозгорание веществ.

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Возникновение других видов ЧС – маловероятно.

#### **5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;

– соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

План эвакуации людей при пожаре из помещения, представлен на рисунке 12

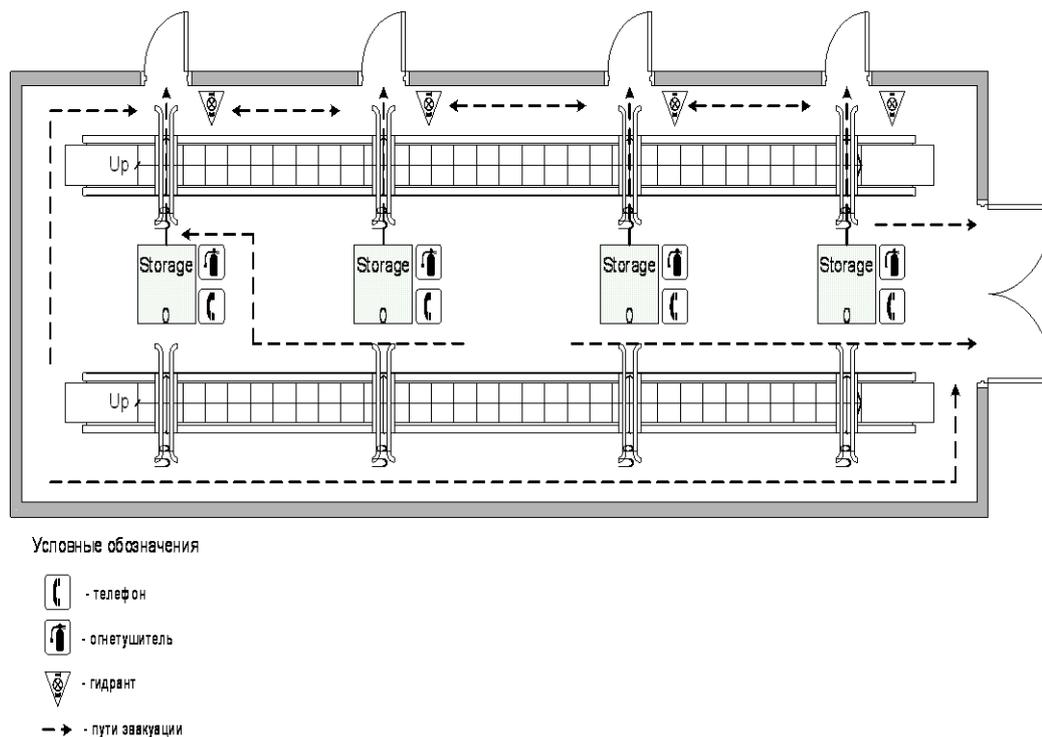


Рисунок 12 - План эвакуации при пожаре

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;

## **5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **5.5.1 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.

Требования по охране труда и обязательная аттестация рабочих мест регламентируются гл. 34 ТК РФ.

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[1]. 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 в порядке, установленном ст. 372 ТК РФ для принятия локальных нормативных актов.

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.

## **5.6 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.**

### **5.6.1 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ**

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 13.

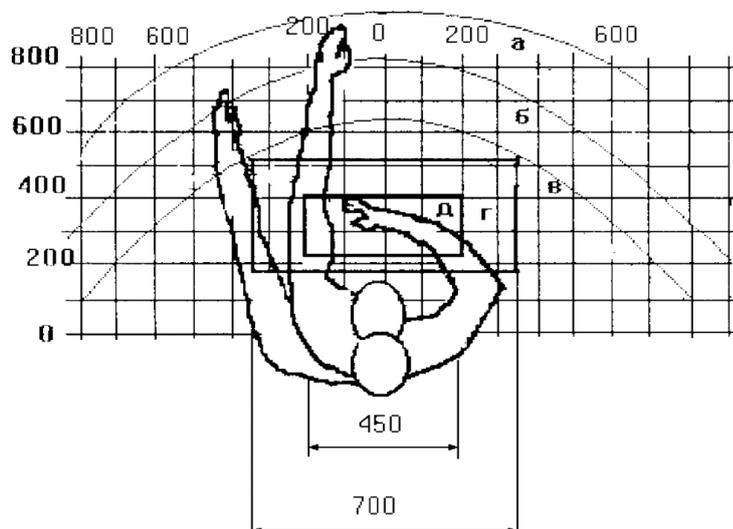


Рисунок 13 – Схема рабочей зоны с зонами досягаемости. а - зона максимальной досягаемости; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

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  $20^\circ$  (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.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной квалификационной работе разработан комплект лабораторных работ по метрологии и измерениям. Он состоит из трех лабораторных работ, в которых рассматриваются особенности измерения различных физических параметров с помощью образовательной платформы NI ELVIS и среды программирования NI LabVIEW. Разработанный комплект состоит из трех программ, каждая из которых может использоваться в отдельной лабораторной работе. Разработаны следующие лабораторные работы:

- лабораторная работа №1 – Измерение постоянного тока;
- лабораторная работа №2 – Измерение параметров периодических сигналов;
- лабораторная работа №3 – Цифровой термометр.

Данные работы объединены в одном виртуальном стенде, разработанном в среде программирования NI LabVIEW. Разработанные лабораторные работы могут использоваться по дисциплине «Метрология» и в других дисциплинах, связанных с измерениями сигналов постоянной и переменной природы. Разработанное программное обеспечение позволяет студентам, используя платформу NI ELVIS, получить необходимый опыт в измерениях различных физических величин помощью среды NI LabVIEW.

Согласно проведенной оценке научно-технического уровня НИР, данная работа имеет средний уровень научно-технического эффекта.

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьев, Б.Г. Метрология и метрологическое обеспечение [Текст] / Б.Г. Артемьев – М.: Стандартинформ, 2010. – 564 с.
2. Артемьев, Б.Г. Справочное пособие для специалистов метрологических служб [Текст] / Б.Г. Артемьев, Ю.Е. Лукашов, 2009. – 688 с.
3. Вышлов, В.А. Техническое регулирование: безопасность и качество [Текст] / В.А. Вышлов, Б.Г. Артемьев, 2007. – 696 с.
4. Димов, Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник для вузов (доп.) / Ю.В. Димов. – СПб.: Питер, 2010. – 464 с.
5. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст]: учебник для вузов // А.И. Аристов, Л.И. Карпов и др. / М.: Академия, 2007. – 384 с.
6. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология [Текст]: учебник для вузов (рек.). Ч.1: Общая теория измерений. – СПб.: Питер, 2010. – 192 с.
7. Шишмарев В.Ю. Технические измерения и приборы [Текст]: учебник для вузов / В.Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2010. – 383, [1] с.
8. Шишмарев В.Ю. Физические основы получения информации [Текст]: учеб. пособие для вузов, рекомендовано УМО / В.Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2010. – 446, [2] с.
9. Голубев, Э.А. Измерения. Контроль. Качество. ГОСТ Р ИСО 5725. Основные положения. Вопросы освоения и внедрения [Текст] / Э.А. Голубев, Л.К. Исаев. – М.: Стандартинформ, 2005. – 136 с.
10. Гуторова И.А. Стандартизация, метрология, сертификация [Текст]: учеб.-практич. пособие. – М.: Приор, 2001. – 64 с.
11. Кузнецов В.А. Метрология [Текст] / В.А. Кузнецов, Л.К. Исаев, И.А. Шайко. – М.: Стандартинформ, 2005. – 300 с.
12. 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.

13. 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.
14. Перельштейн, Е.Л. Метрологическая служба предприятия [Текст] / Е.Л. Перельштейн, 2006. – 168 с.
15. 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.
16. 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.
17. Сергеев А.Г. Метрология [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин. – М.: Логос, 2001. – 408 с.
18. Сергеев А.Г. Метрология [Текст]: учебник для вузов / А.Г. Сергеев. – М.: Логос, 2005. – 272 с.
19. Спиридонов А.И. Основы геодезической метрологии [Текст] / А.И. Спиридонов. – М.: Картоцентр – Геодезиздат, 2003. – 248 с.
20. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация [Эл. ресурс] / Я.М. Радкевич. – Изд-во «Горная книга», 2003. – 788 стр.
21. Веремеевич, А.Н. Метрология, стандартизация и сертификация. Основы взаимозаменяемости [Эл. ресурс]: курс лекций / А.Н. Веремеевич. – Изд-во «МИСИС», 2004. – 99 стр.
22. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1852](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1852) 24. Лифиц И.М. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник для вузов. – М.: Юрайт-М, 2000. – 268 с
23. 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.

- 1 Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Базовый курс. — Бакалавр. Углубленный курс. — Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2440.pdf>
24. 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.
25. [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.
26. Давыдов, Борис Ильич. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / Б. И. Давыдов, В. С. Тихончук, В. В. Антипов. — Москва: Энергоатомиздат, 1984. — 177 с.: ил.: 21 см.
27. Авраамов, Ю. С. Защита человека от электромагнитных воздействий / Ю. С. Авраамов, Н. Н. Грачев, А. Д. Шляпин. — Москва: Изд-во МГИУ, 2002. — 232 с.: ил. — Это важно знать!. — Библиогр.: с. 227-231.
28. Грачёв, Николай Николаевич. Защита человека от опасных излучений / Н. Н. Грачёв, Л. О. Мырова. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. — 317 с.: ил. — Библиогр.: с. 316-317.
29. Беляков, Геннадий Иванович. Охрана труда и техника безопасности [Электронный ресурс] : учебник для прикладного бакалавриата / Г. И. Беляков. — 3-е изд., перераб. и доп. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Юрайт, 2016. — 1

- Мультимедиа CD-ROM. — Бакалавр. Прикладной курс. —Электронные учебники издательства "Юрайт". — Электронная копия печатного издания. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. Схема доступа:<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-89.pdf>
- 30.Максименко, Георгий Тарасович. Техника безопасности при применении пожароопасных, взрывоопасных и токсичных материалов / Г. Т. Максименко, В. М. Покровский. — 3-е изд., перераб. и доп. — Киев: Будівельник, 1987. — 150 с.: ил.: 22 см. — Библиогр.: с. 148 (27 назв.).
- 31.Корнилович, Олег Павлович. Техника безопасности при электромонтажных и наладочных работах / О. П. Корнилович. — Москва: Энергоатомиздат, 1987. — 238 с.: ил. — Справочник электромонтажника. — Библиогр.: с. 237.
- 32.Техника безопасности в электроэнергетических установках : справочное пособие / под ред. П. А. Долина. — Москва: Энергоатомиздат, 1987. — 400 с.: ил.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Методические указания

В данной квалификационной работе разработан комплект лабораторных работ по метрологии и измерениям. Он состоит из трех лабораторных работ, в которых рассматриваются особенности измерения различных физических параметров с помощью образовательной платформы NI ELVIS и среды программирования NI LabVIEW. Разработанный комплект состоит из трех программ, каждая из которых может использоваться в отдельной лабораторной работе. Разработаны следующие лабораторные работы:

- лабораторная работа №1 – Измерение постоянного тока;
- лабораторная работа №2 – Измерение параметров периодических сигналов;
- лабораторная работа №3 – Цифровой термометр.

Данные работы объединены в одном виртуальном стенде, разработанном в среде программирования NI LabVIEW. Ниже приведены методические указания для выполнения каждой из лабораторных работ.

#### Лабораторная работа №1 – Измерение постоянного тока

В лабораторной работе необходимо косвенным методом измерить ток, протекающий через резистор заданного сопротивления используя закон Ома. Для выполнения лабораторной работы необходимо выполнить следующие действия:

1. Собрать электрическую схему, состоящую из резистора заданного номинала и источника напряжения. Цепь собирается на макетной плате NI ELVIS согласно схеме, представленной на рисунке 1.

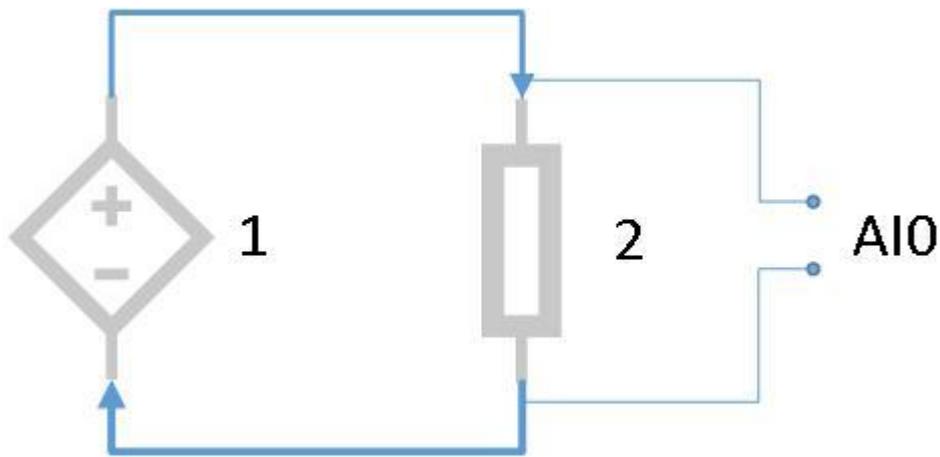


Рисунок 1 – Схема соединения в лабораторной работе №1. 1- Источник напряжения, 2 – Резистор заданного номинала

2. После сборки указанной схемы, необходимо запустить виртуальный стенд и выбрать вкладку «Лабораторная работа №1», как показано на рисунке 2. На данной вкладке расположены элементы управления и индикации для установки параметров собранной схемы, отображения результатов и управления запуском и остановкой измерений.

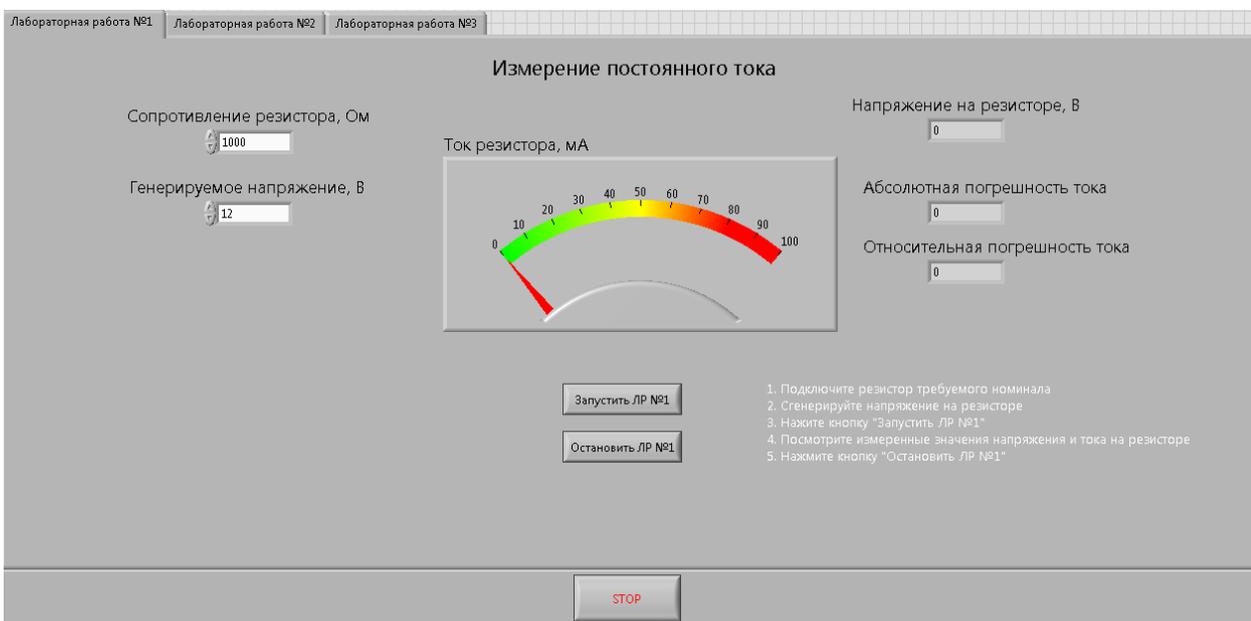


Рисунок 2 – Вкладка «Лабораторная работа №1» виртуального стенда

3. Для начала работы можно воспользоваться краткой инструкцией, расположенной на лицевой панели программы. Сначала необходимо в элемент

управления «Сопротивление резистора, Ом» ввести используемый номинал резистора, после чего с помощью встроенной утилиты «Variable Power Supplies» настроить генерацию напряжения встроенного источника питания NI ELVIS, как показано на рисунке 3.

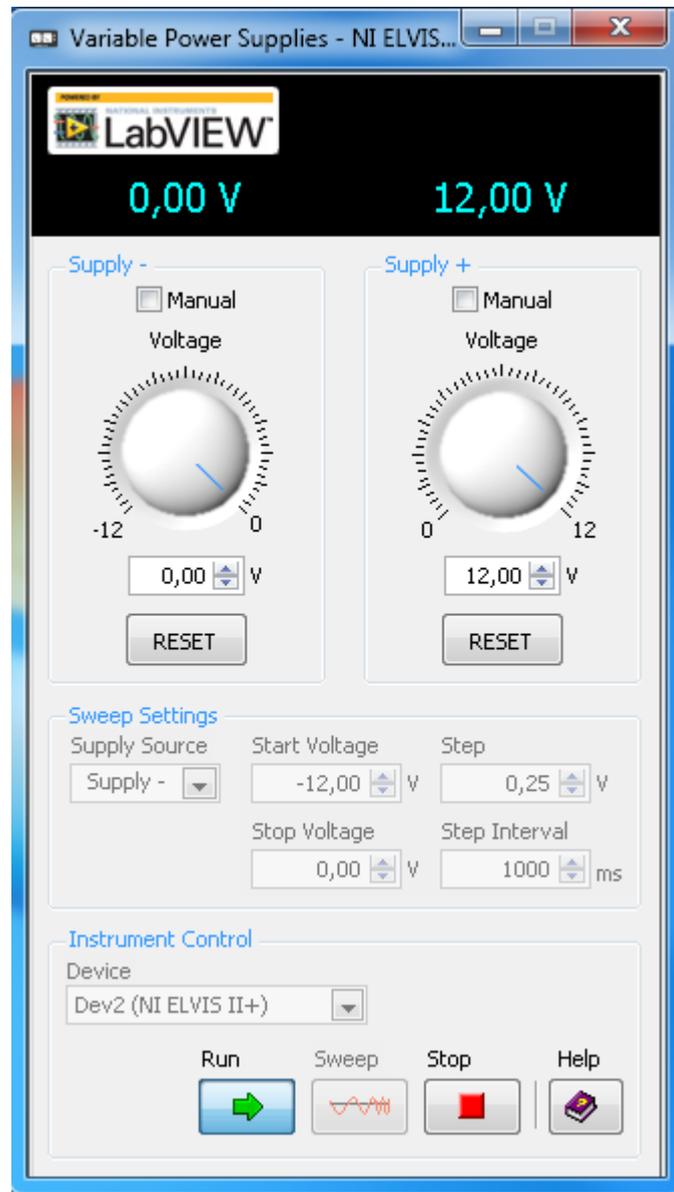


Рисунок 3 – Конфигурация источника напряжения NI ELVIS для лабораторной работы №1

4. В данной утилите необходимо сгенерировать напряжение +12 В, которое будет подаваться на резистор. Для этого, в разделе «Supply +» установить напряжение 12 В и нажать кнопку «Run».

5. После настройки генерации напряжения, необходимо запустить сбор данных нажав кнопку «Запустить ЛР №1» в виртуальном стенде. В нем будет отображаться падение напряжение на резисторе и ток, текущий в цепи резистора и источника питания, а также абсолютная и относительная погрешности измерения. Для прекращения сбора данных необходимо нажать кнопку «Остановить ЛР №1».

6. Самостоятельно рассчитать абсолютную погрешность измерения тока согласно формуле 1.

$$\Delta I = I - I_d \quad (1), \text{ где}$$

$I$  – рассчитанное программой значение тока, необходимо посмотреть на индикаторе «Ток резистора, мА», переведя значение в амперы.

$I_d$  – действительное значение тока в цепи, вычисляется по формуле 2.

$$I_d = \frac{U}{R} \quad (2), \text{ где}$$

$U$  – генерируемое напряжение в цепи. Генерируемое напряжение равно 12 В

$R$  – сопротивление резистора.

Значения  $U$  и  $R$  можно взять в элементах управления «Сопротивление резистора, Ом» и «Генерируемое напряжение, В» соответственно.

7. Рассчитать относительную погрешность измерения тока по формуле 3.

$$\delta_I = \frac{\Delta I}{I_d} \quad (3).$$

8. Сравнить результаты вычислений абсолютной и относительной погрешности измерений с вычислениями, проведенными в виртуальном стенде.

## Лабораторная работа №2 – Измерение параметров периодических сигналов

В данной работе студентам предлагается сгенерировать периодические сигналы различной формы и определить такие их параметры как среднеквадратичное значение амплитуды, частоту и спектральный состав. Для проведения лабораторной работы необходимо выполнить следующие действия:

1. Соединить функциональный генератор NI ELVIS с аналоговым входом AI 0, как показано на рисунке 5.

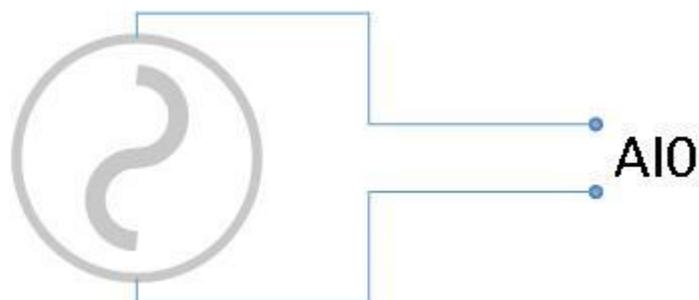


Рисунок 5 – Схема соединения в лабораторной работе №2

2. Запустить виртуальный стенда и выбрать вкладку «Лабораторная работа №2», как показано на рисунке 6.

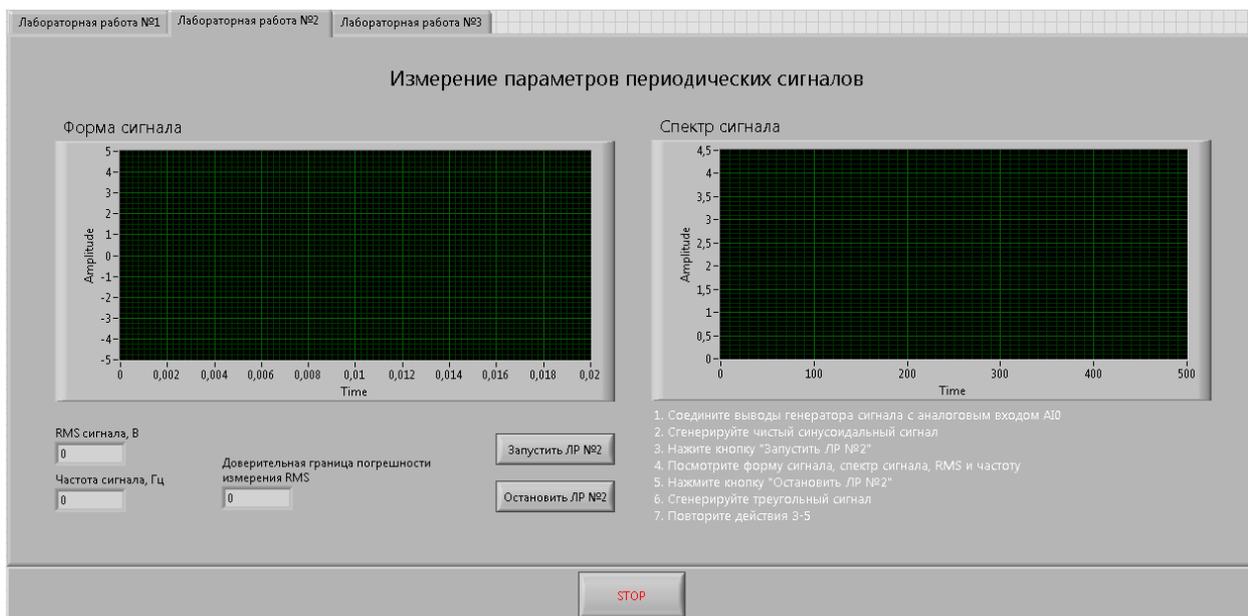


Рисунок 6 – Вкладка «Лабораторная работа №2» виртуального стенда

3. Для начала работы можно воспользоваться краткой инструкцией, расположенной на лицевой панели программы. Выполнение работы будет состоять из двух этапов, на первом из которых будут измеряться параметры синусоидального сигнала, на втором треугольного.

4. Для генерации синусоидального сигнала необходимо воспользоваться встроенной утилитой платформы NI ELVIS «Function Generator» и установить параметры, показанные на рисунке 7. Необходимо установить следующие параметры сигнала: Частота сигнала (Frequency) – 50 Гц, амплитуда (Amplitude) – 10 В. После этого нажать кнопку «Run».

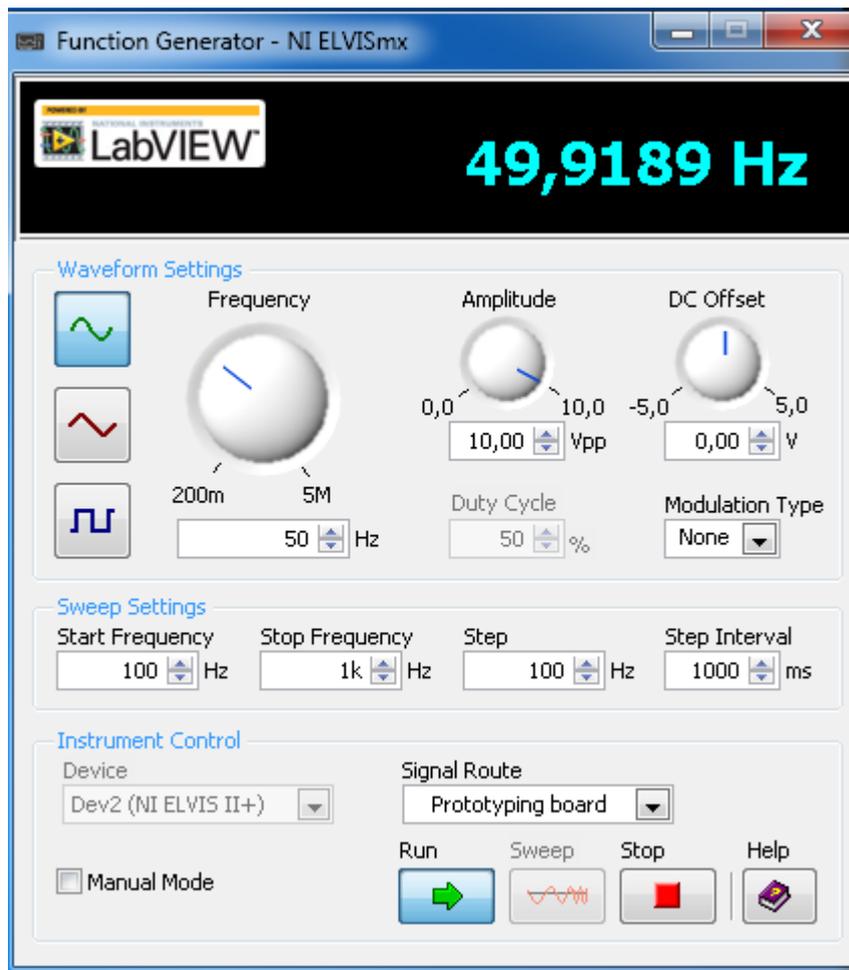


Рисунок 7 – Настройка генерации синусоидального сигнала для лабораторной работы №2

5. После конфигурирования генерации синусоидального сигнала следует запустить сбор данных в лабораторной работе №2, нажав кнопку «Запустить ЛР №2». На лицевой панели программы отобразятся результаты измерений. На графике «Форма сигнала» будет показан один период принимаемой синусоиды, на графике «Спектр сигнала» - представление сигнала в спектральной области, на индикаторе «RMS сигнала, В» - среднеквадратичное значение синусоиды, а на индикаторе «Частота сигнала, Гц» отобразится частота генерируемого сигнала.

6. на индикаторе «Доверительная граница погрешности измерения RMS» отображается доверительная граница погрешности измерения величины RMS без учета знака. Эта величина с учетом знака составляет интервал, внутри которого находится измеряемое значение.

7. После измерения параметров синусоидального сигнала, необходимо остановить лабораторную работу, нажав кнопку «Остановить ЛР №2». После этого провести аналогичные измерения с сигналом треугольной формы. Окно конфигурации данного сигнала в утилите «Function Generator» представлена на рисунке 8.

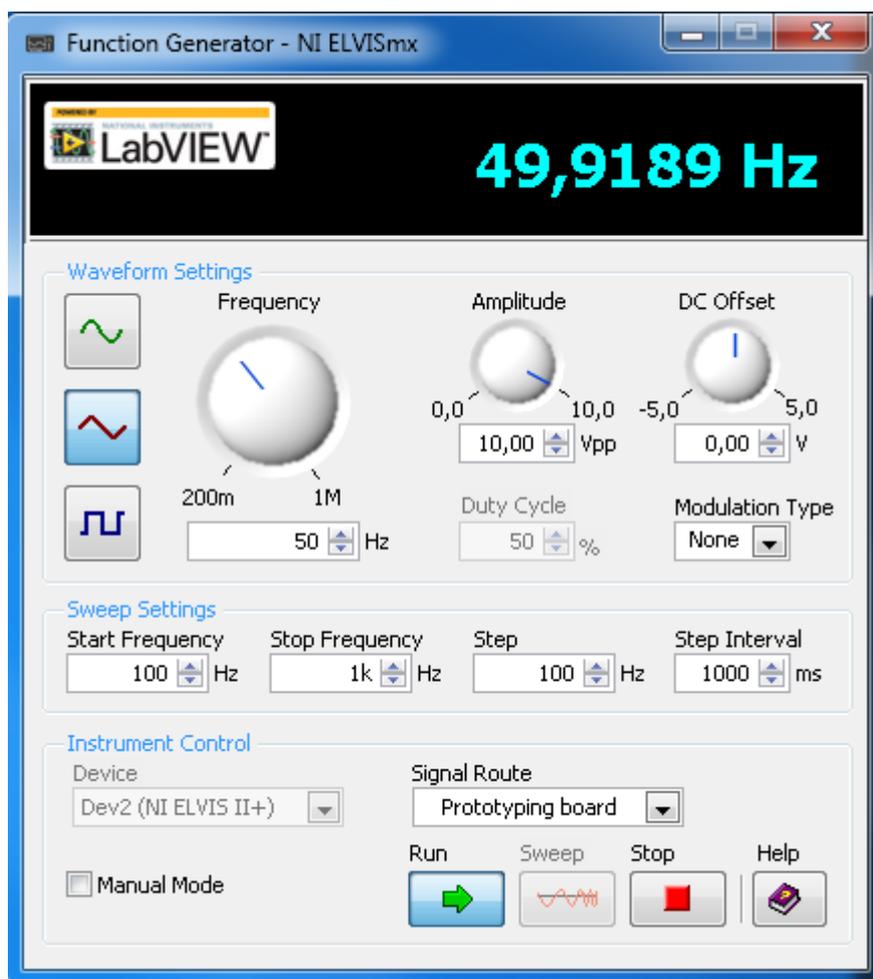


Рисунок 8 – Конфигурация треугольного сигнала в лабораторной работе №2

8. Необходимо отметить, что сигналы синусоидальной и треугольной форм значительно отличаются по спектральному составу. В треугольном сигнале появляется значительное количество высокочастотных спектральных составляющих, что связано с особенностями оцифровки данных сигналов современными устройствами сбора данных.

9. Измеренные данные представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Результаты измерений периодических сигналов

Тип сигнала	Частота сигнала	RMS сигнала	Доверительная граница погрешности RMS
Синусоидальный			
Треугольный			

### Лабораторная работа №3 – Цифровой термометр

В данной работе студентам предлагается собрать термометр, с помощью термистора и резистора, и посмотреть в программе на компьютере значение температуры.

Для выполнения работы необходимо выполнить следующие действия:

1. на макетной плате NI ELVIS собрать схему, состоящую из источника питания, резистора и термистора, как показано на рисунке 10.

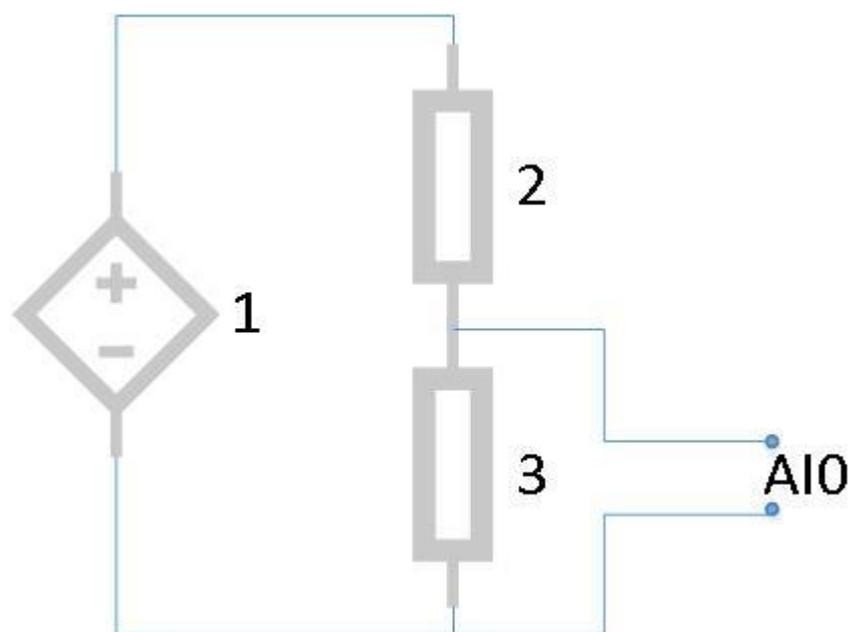


Рисунок 10 – Схема соединений в лабораторной работе №3. 1 – Источник постоянного напряжения, 2 – опорный резистор номиналом 10 кОм, 3 – термистор.

2. Необходимо запустить виртуальный стенда и выбрать вкладку «Лабораторная работа №3», как показано на рисунке 11.

На данной вкладке расположены элементы управления и индикации для отображения результатов и управления запуском и остановкой измерений. Для начала работы можно воспользоваться краткой инструкцией, расположенной на лицевой панели программы.

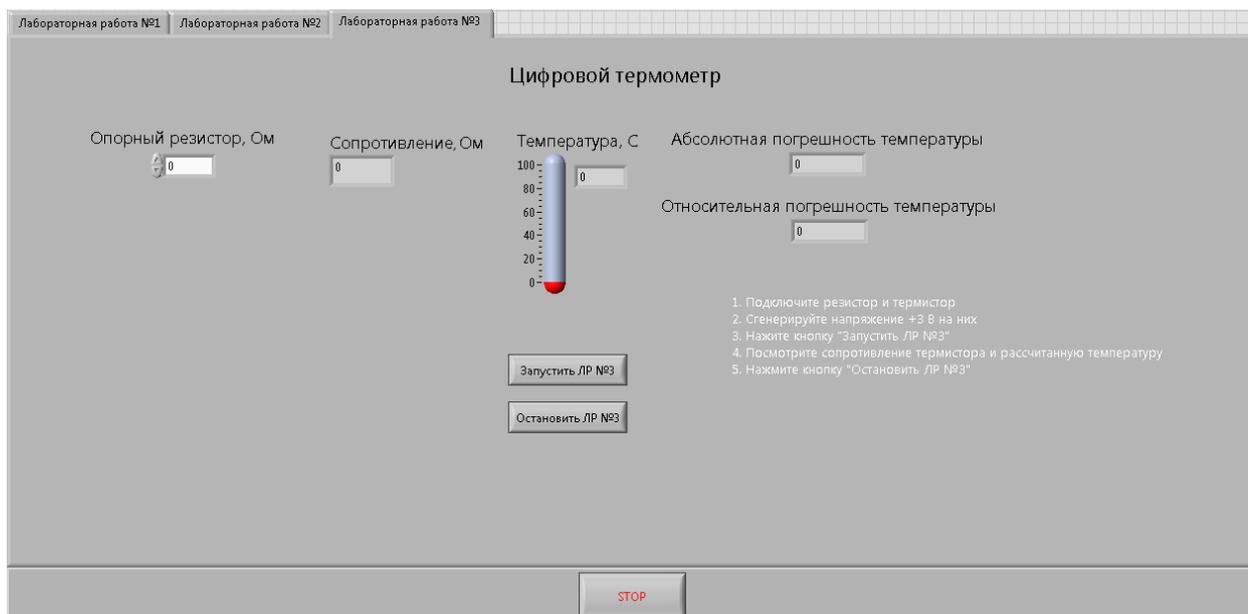


Рисунок 11 – Вкладка «Лабораторная работа №3» виртуального стенда

3. Перед началом измерения температуры необходимо подключить выходы с термистора к цифровому мультиметру, входящему в состав NI ELVIS и сконфигурировать генерацию напряжения в цепи термистора и резистора. Настройка генерации напряжения проводится с помощью встроенной утилиты «Variable Power Supplies», окно которой с необходимыми параметрами приведено на рисунке 12. В данной утилите необходимо сгенерировать напряжение +3 В, которое будет подаваться на цепь из резистора и термистора. Для этого, в разделе «Supply +» установить напряжение 3 В и нажать кнопку «Run».

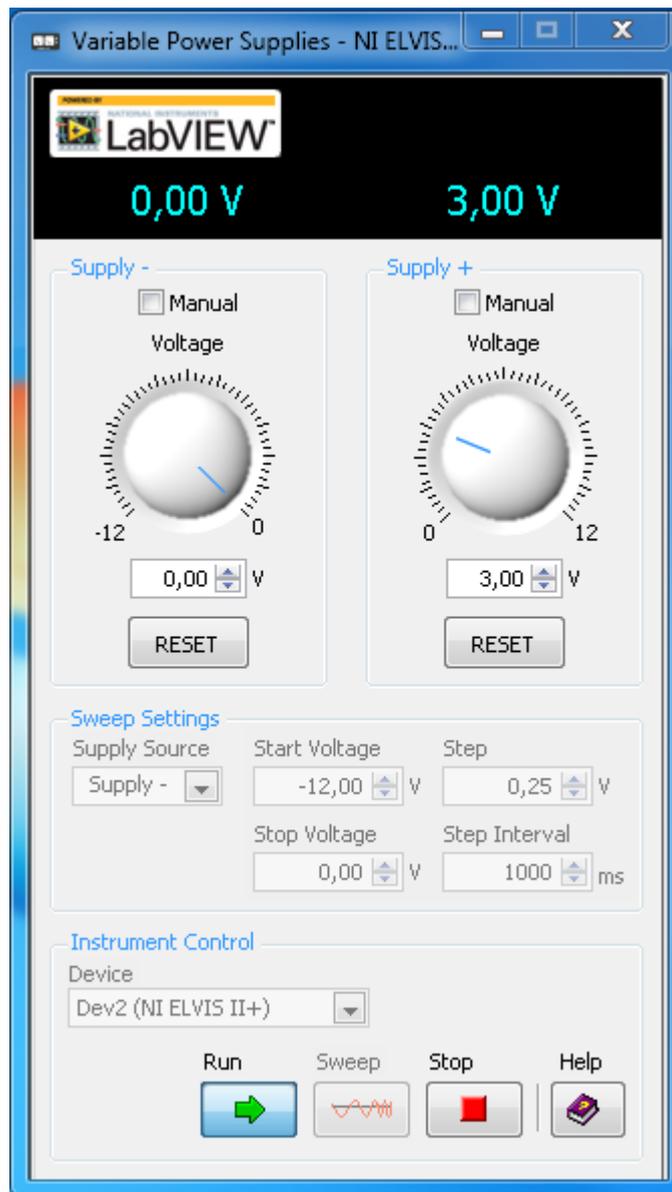


Рисунок 12 – Конфигурация источника напряжения NI ELVIS для лабораторной работы №3

4. После настройки генерации напряжения, необходимо запустить сбор данных нажав кнопку «Запустить ЛР №3» в виртуальном стенде. На лицевой панели будут отображаться значение сопротивления термистора и вычисленная температура, абсолютная и относительная погрешности измерения температуры.

5. Для прекращения сбора данных необходимо нажать кнопку «Остановить ЛР №1».

Разработанные лабораторные работы могут использоваться по дисциплине «Метрология» и в других дисциплинах, связанных с измерениями сигналов постоянной и переменной природы. Разработанное программное обеспечение позволяет студентам, используя платформу NI ELVIS, получить необходимый опыт в измерениях различных физических величин помощью среды NI LabVIEW.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Раздел

Основная часть

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ51	Нихилеева Я.А.		

Консультант кафедры КИСМ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Стукач О.В.	д.т.н		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК

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

In this qualification work a set of laboratory works on metrology and measurements has been developed. It consists of three laboratory works, which consider the features of measuring various physical parameters using the educational platform NI ELVIS and the programming environment NI LabVIEW. The developed set consists of three programs, each of which can be used in a separate laboratory work. The following laboratory works were developed:

- laboratory work No. 1 - DC measurement;
- Laboratory work number 2 - Measurement of parameters of periodic signals;
- Laboratory work number 3 - Digital thermometer.

These works are combined in one virtual bench, developed in the programming environment NI LabVIEW.

#### Laboratory work No. 1 - Measurement of direct current

In laboratory work, students are encouraged to measure the current flowing through a resistor of a given resistance using Ohm's law. To do this, the resistor is connected to the power supply, the program performs a voltage drop measurement on the resistor and a calculation of the current in the circuit. The circuit is assembled on the NI ELVIS prototyping board according to the diagram shown in Figure 1.

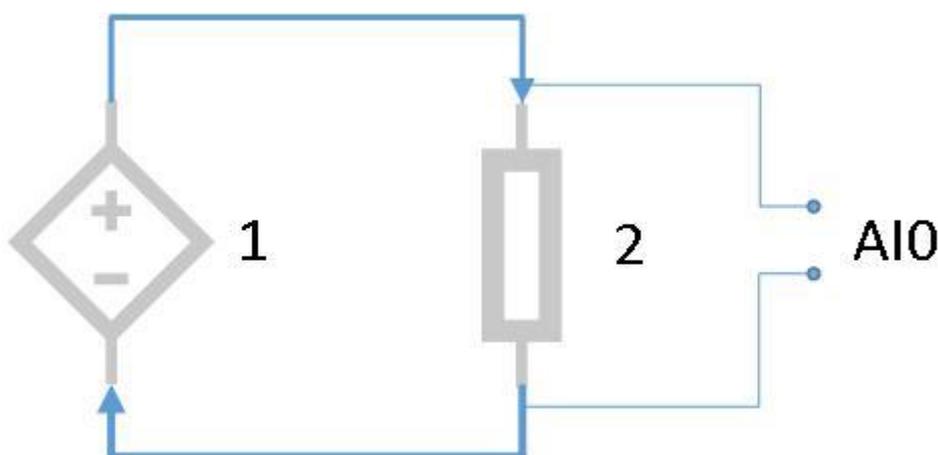


Figure 1 - Scheme of the connection in laboratory work No. 1. 1- Voltage source, 2 - Resistor of specified value

After assembling the specified scheme, it is necessary to start the virtual stand and select the tab "Laboratory work No. 1", as shown in the figure 2

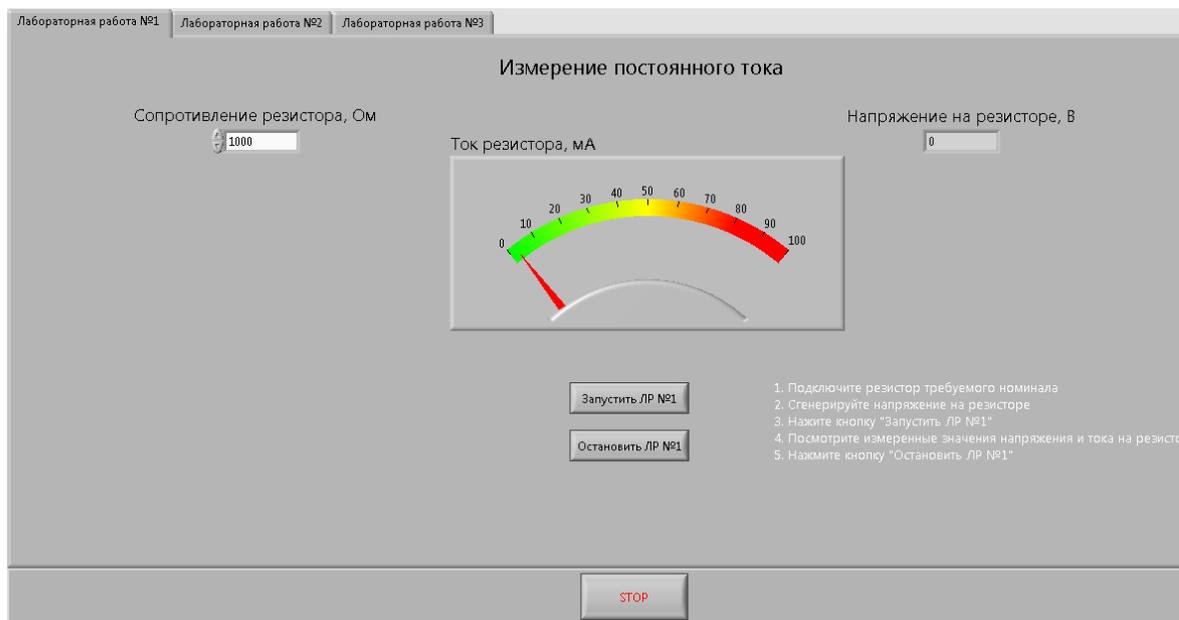


Figure 2 - Tab "Laboratory work number 1" of the virtual stand

This tab contains control and display elements for setting parameters of the assembled circuit, displaying results and controlling the start and stop of measurements. To get started, you can use a short instruction located on the front panel of the program. First, enter the resistor value in the "Resistor Resistance, Ohms" control element, then use the built-in utility "Variable Power Supplies" to configure the voltage generation of the built-in NI ELVIS power supply, as shown in Figure 3

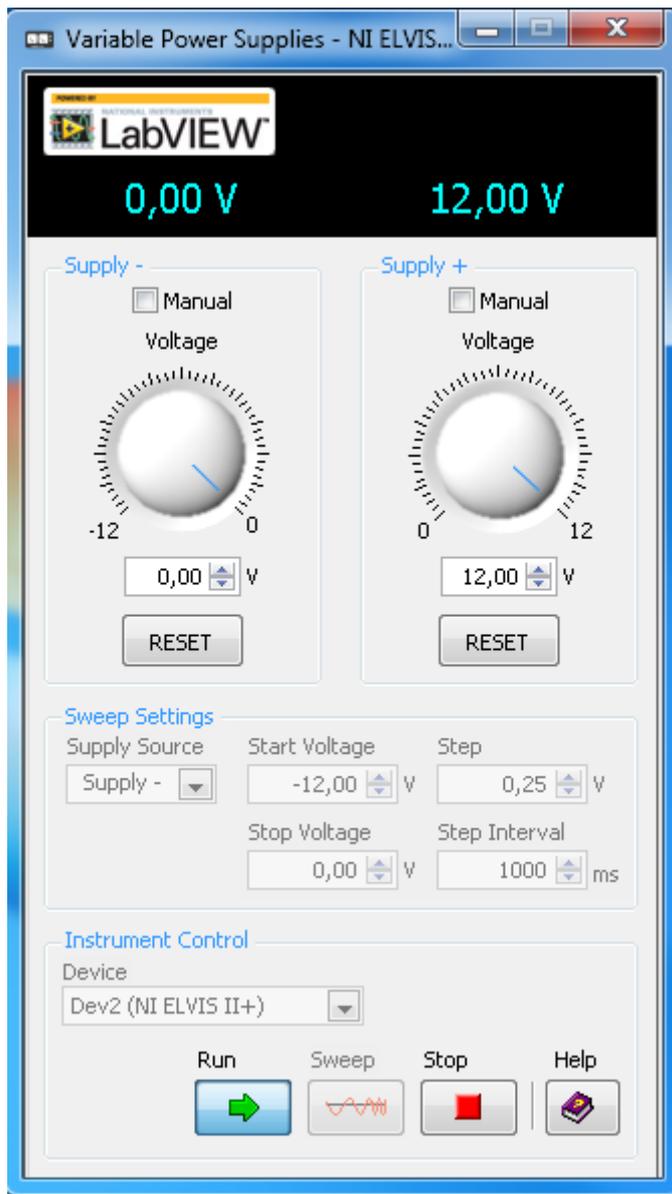


Figure 3 - Configuration of the NI ELVIS voltage source for laboratory work No. 1

In this utility it is necessary to generate a voltage of +12 V, which will be applied to the resistor. For this, in the "Supply +" section, set the voltage to 12 V and press the "Run" button.

After setting the voltage generation, it is necessary to start the data collection by pressing the button "Launch LR No. 1" in the virtual stand. It will display the voltage drop across the resistor and the current flowing in the resistor and power supply circuit. To stop collection of data, press the button "Stop LR No. 1".

The block diagram of this laboratory work is shown in Figure 4.

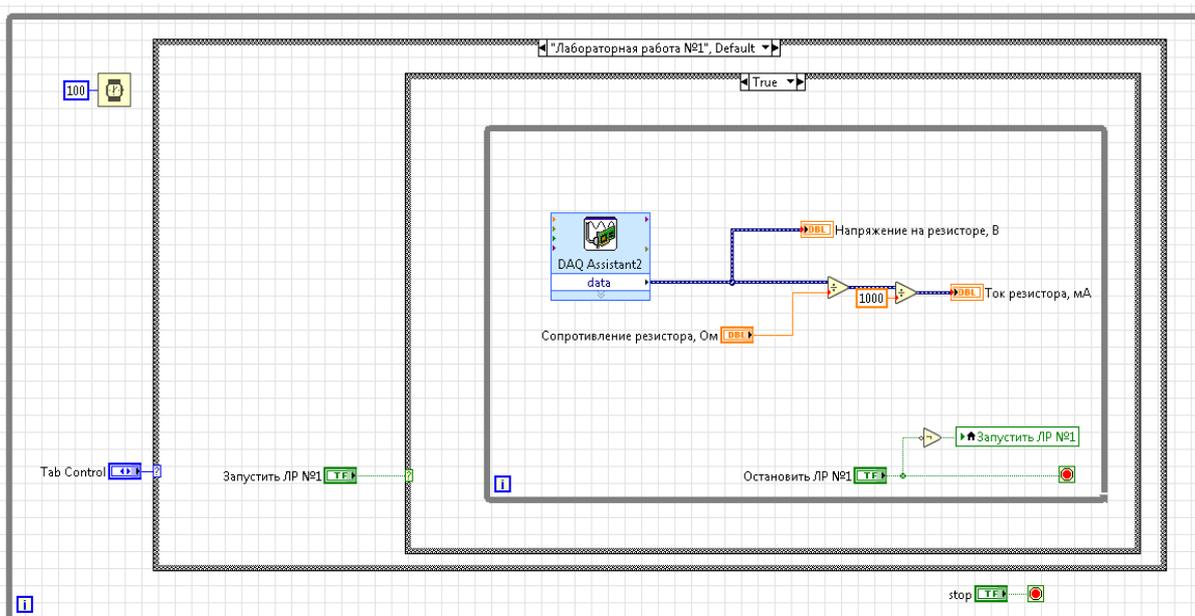


Figure 4 - Block diagram of laboratory work No. 1 in the virtual stand

Before the "Launch No. 1" button is pressed, the outer Loop Loop is executed with a delay of 100 ms. It performs the function of waiting for user action. After selecting the "Lab 1" tab and pressing the "Launch No.1" button, the inner loop While Loop starts, in which data collection functions and calculations are located.

Collecting the voltage on the resistor is carried out by the function DAQ Assistant, which is configured according to the values given in Table 1

Table 1 - Parameters of the express function DAQ Assistant, used in laboratory work No. 1

Parameter	Value
Signal Type	Voltage
Physical Channel	Ai0
Terminal Configuration	Differential
Acquisition Mode	1 Point (On Demand)
Signal Input Range	-10-10 V

After collecting the voltage on the resistor, it is displayed on the "Voltage on the resistor, B" indicator, and is also used in current calculation, according to Ohm's

law, for which it is divided by the resistance value and is divided by 1000 for conversion into milliamps.

### Laboratory work No.2 - Measurement of parameters of periodic signals

In this Lab, students are encouraged to generate periodic signals of various shapes and determine their parameters such as the rms amplitude, frequency and spectral composition. To conduct laboratory work, it is necessary to connect the NI ELVIS function generator to the analog input AI 0, as shown in Figure 5.

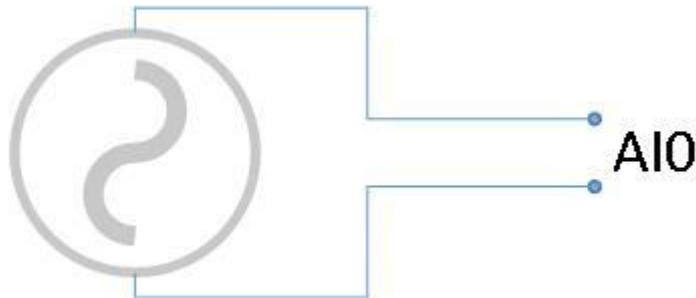


Figure 5 - Connection diagram in laboratory work No.2

After assembling the specified scheme, it is necessary to start the virtual stand and select the tab "Laboratory work No.2 ", as shown in Figure 6.

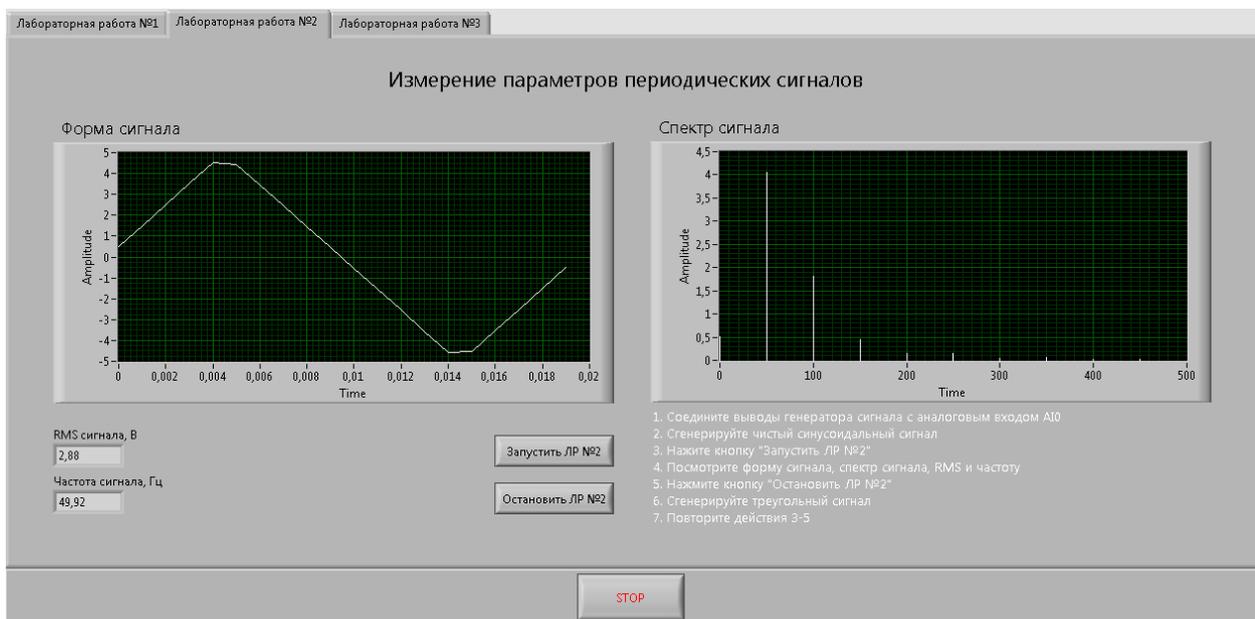


Figure 6 - Tab "Laboratory work No.2" of the virtual stand

This tab contains the controls and indications for displaying results and controlling the start and stop of measurements. To get started, you can use a short instruction located on the front panel of the program. The execution of the work will consist of two stages, the first of which will measure the parameters of the sinusoidal signal, on the second triangular. To generate a sinusoidal signal, it is necessary to use the built-in utility of the NI ELVIS platform "Function Generator" and set the parameters shown in Figure 7

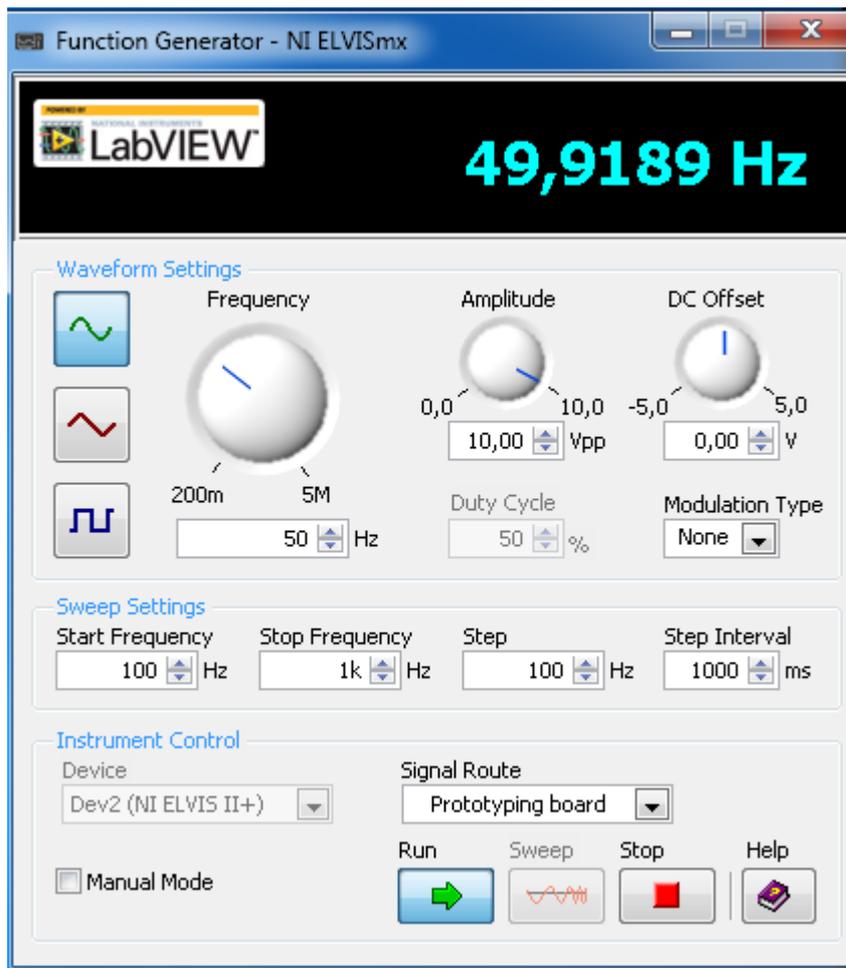


Figure 7 - Generating a sinusoidal signal for laboratory work No.2

The following signal parameters must be set: Frequency - 50 Hz, Amplitude - 10 V. Then press the "Run" button.

After configuring the generation of the sinusoidal signal, it is necessary to start the collection of data in laboratory work No. 2 by pressing the button "Launch LR No. 2".

The measurement results are displayed on the front panel of the program. The "Signal waveform" graph will show one period of the received sinusoid, in the

"Spectrum of signal" graph - the signal representation in the spectral region, on the "RMS signal, B" indicator - the rms value of the sine wave, and the "Frequency of the signal, Hz" indicator will display the frequency Generated signal.

After measuring the parameters of the sinusoidal signal, it is necessary to stop the laboratory work by pressing the "Stop LR No. 2" button. After that, carry out similar measurements with a triangular waveform. The configuration window for this signal in the "Function Generator" utility is shown in Figure 8.

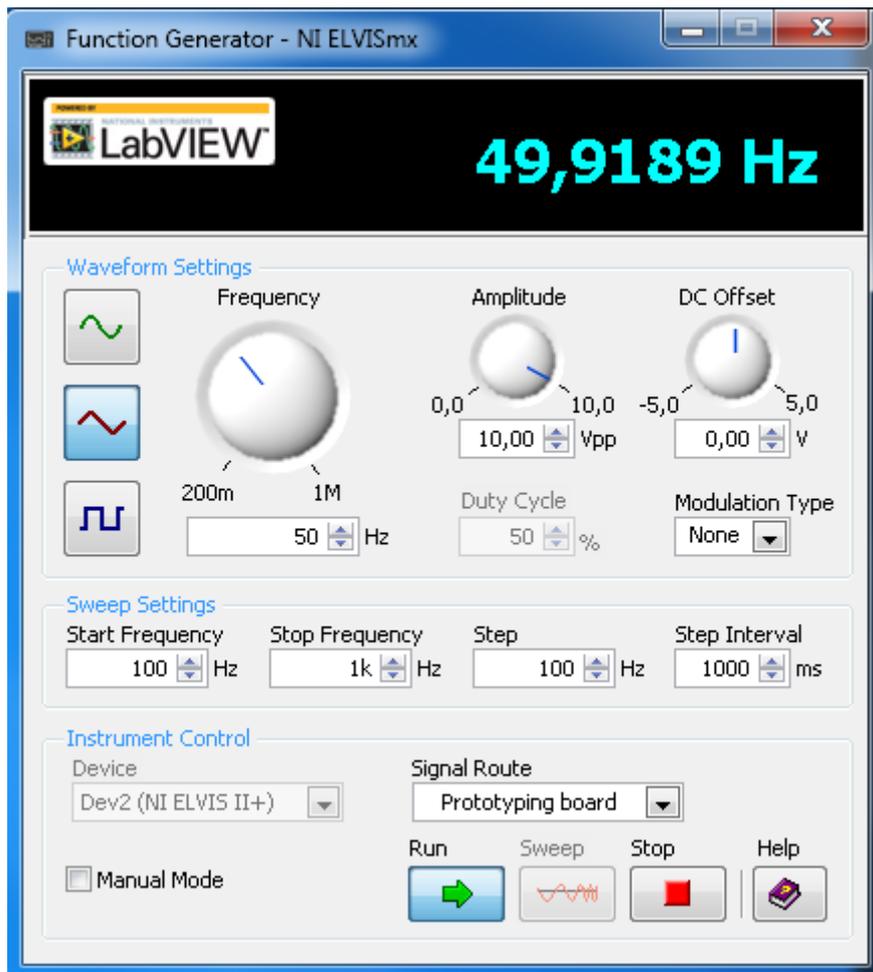


Figure 8 - Configuration of the triangular signal in laboratory work No. 2

It should be noted that the signals of the sinusoidal and triangular forms differ significantly in spectral composition. A significant number of high-frequency spectral components appear in the triangular signal, which is related to the features of digitizing these signals by modern data acquisition devices.

A block diagram of this laboratory work is shown in Figure 9.

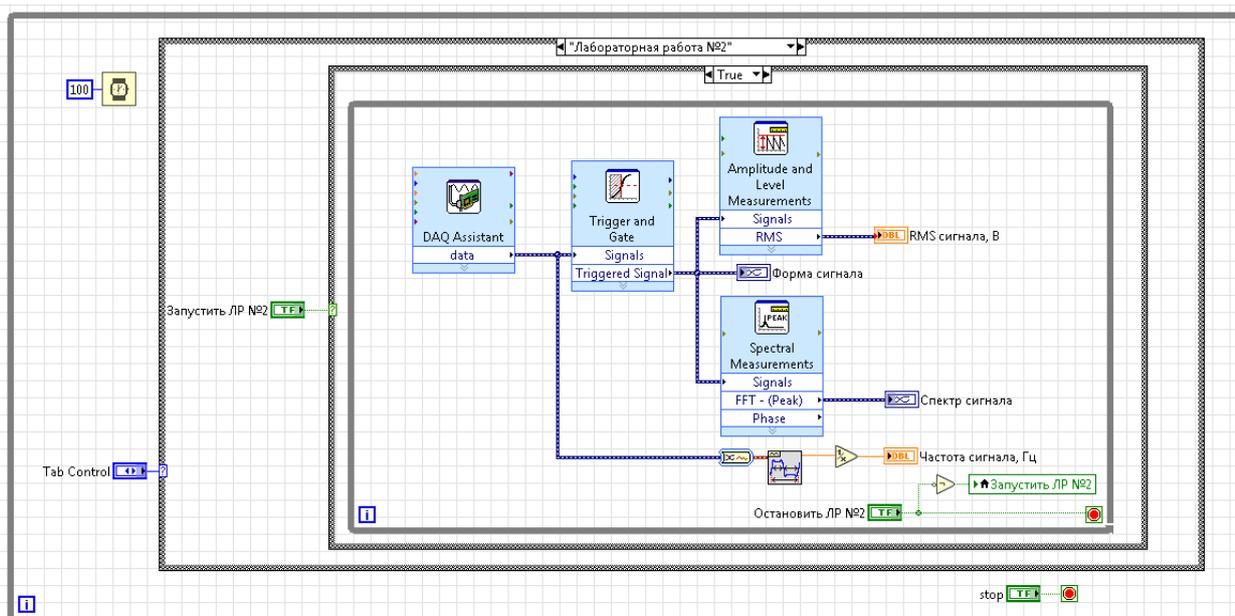


Figure 9 - Block diagram of laboratory work No. 2 in the virtual stand

Before the "Launch No.2" button is pressed, the outer Loop Loop is executed with a delay of 100 ms. It performs the function of waiting for user action. After selecting the tab "Laboratory work No.2 " and pressing the button "Start LR No.2 ", the inner loop While Loop starts, in which the data collection functions and calculations are located.

The data is collected by the DAQ Assistant function, configured to collect 1000 signal points per iteration at a sampling rate of 1000 samples per second (Table 2). This sampling frequency is sufficient to restore the shape and spectral composition of signals with frequencies up to 100 Hz

. Table 2 - Parameters of the express function DAQ Assistant, used in laboratory work No. 2

Parameter	Value
Signal Type	Voltage
Physical Channel	Ai0
Terminal Configuration	Differential
Acquisition Mode	Continuous Samples
Signal Input Range	-10-10 V

Rate	1000 Samples/sec
------	------------------

After collecting 1000 signal points, its period is calculated using the "Pulse Measurement" function, which is then converted to a frequency and outputted to the "Signal frequency, Hz" indicator. In parallel, these collected points are fed to the "Trigger and Gate" function, which allocates one signal period for two consecutive upward transitions through zero. The signal period is displayed on the "Waveform" graph and is fed to the "Amplitude and Level Measurements" function to determine the rms value output to the "RMS signal, B" indicator and the "Spectral Measurements" function to determine the frequency spectrum of the signal using the Fourier transform. The spectrum is displayed on the graph "Spectrum of the signal".

### Laboratory work No. 3- Digital thermometer

In this Lab, students are asked to assemble a thermometer, using a thermistor and a resistor, and look at the program on the computer for the temperature value.

To perform the work, it is necessary to assemble a circuit consisting of a power supply, a resistor and a thermistor on the NI ELVIS prototyping board, as shown in Figure 10.

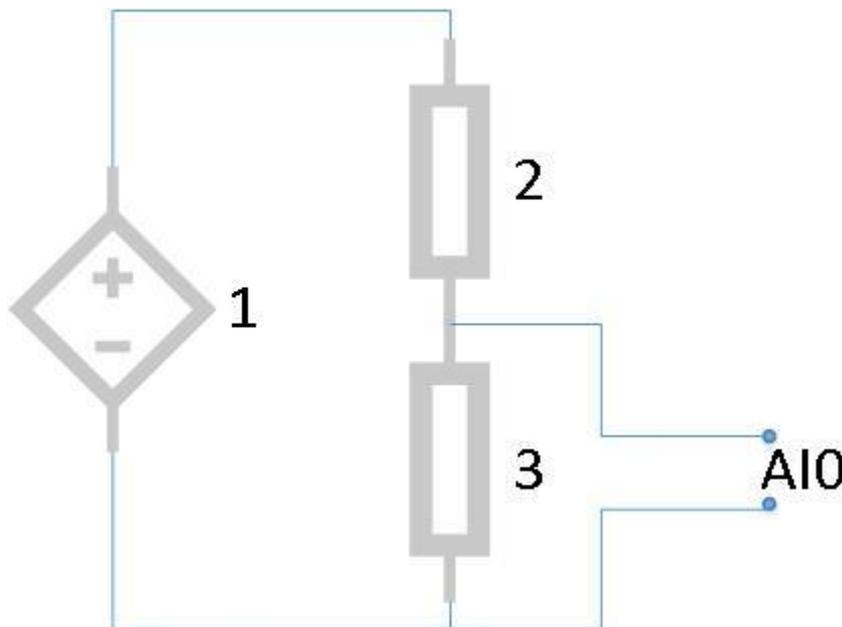


Figure 10 - Scheme of connections in laboratory work No. 3. 1 - DC voltage source, 2-resistor rated at 10 k $\Omega$ , 3 - thermistor.

After assembling the specified scheme, it is necessary to start the virtual stand and select the tab "Laboratory work number 3", as shown in Figure 11.

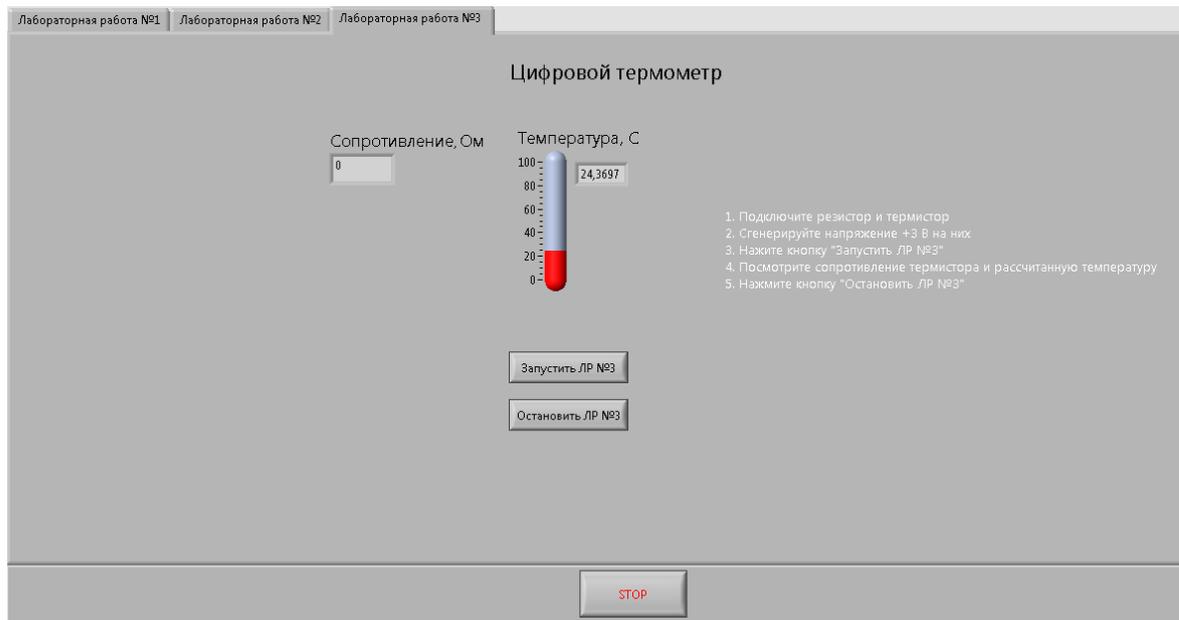


Figure 11 - Tab "Laboratory work No. 3" of the virtual stand

This tab contains the controls and indications for displaying results and controlling the start and stop of measurements. To get started, you can use a short instruction located on the front panel of the program. Before starting the temperature measurement, it is necessary to connect the outputs from the thermistor to the digital multimeter included in the NI ELVIS and to configure the voltage generation in the thermistor and resistor circuit.

The voltage generation is set up using the built-in utility "Variable Power Supplies", whose window with the necessary parameters is shown in Figure 12

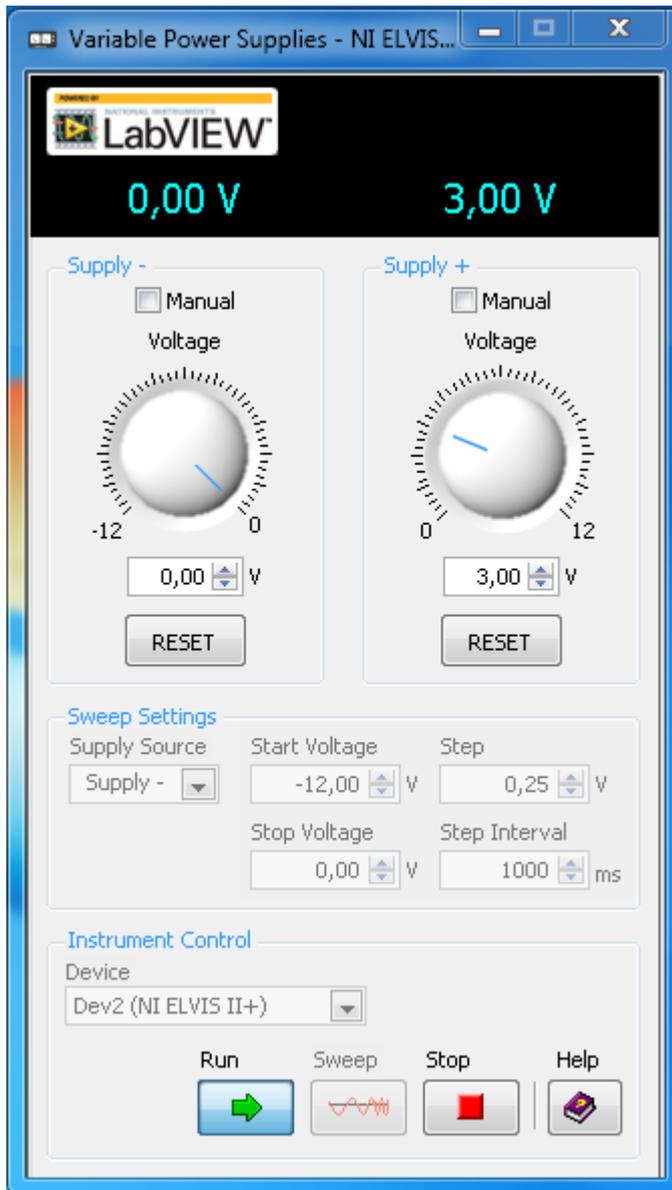


Figure 12 - Configuration of the NI ELVIS voltage source for laboratory work No. 3

In this utility, you need to generate a +3 V voltage, which will be applied to the circuit from the resistor and the thermistor. For this, in the "Supply +" section, set the voltage to 3 V and press the "Run" button.

After setting the voltage generation, it is necessary to start the data collection by pressing the button "Launch LR No. 3" in the virtual stand. The thermistor resistance value and the calculated temperature will be displayed on the front panel. To stop collecting data, press the "Stop LR No. 1" button.

A block diagram of this laboratory work is presented in Figure 13

