

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
"Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"**

Московский институт электроники и математики им. А.Н.Тихонова  
Департамент электронной инженерии

**Программа дисциплины  
Компьютерные измерительные технологии**

для образовательной программы "Инжиниринг в электронике"  
направления подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
уровень – магистр

Разработчик программы:

Красивская М.И., mkrasivskaya@hse.ru

Одобрена на заседании департамента электронной инженерии 22 июня 2017 г

Руководитель департамента Б.Г. Львов \_\_\_\_\_

Рекомендована Академическим советом образовательной программы

«27» июня 2017 г., № протокола 12

Утверждена «27» июня 2017 г.

Академический руководитель образовательной программы

А.И. Юрин \_\_\_\_\_

Зарегистрировано «27» июня 2017 г. № ИНЖ17-КИТ

Москва, 2017

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*



## **1 Область применения и нормативные ссылки**

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», обучающихся по магистерской программе «Инжиниринг в электронике», изучающих дисциплину «Компьютерные измерительные технологии».

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом НИУ ВШЭ по направлению подготовки магистров 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»;
- Образовательной программой по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», магистерская программа «Инжиниринг в электронике».
- Рабочим учебным планом университета по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», утвержденным в 2016 г.

## **2 Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Компьютерные измерительные технологии» являются приобретение знаний и практических навыков в области разработки и применения аппаратно-программного обеспечения, используемого для обработки различных видов информации в процессе эксплуатации измерительных систем, построенных на основе современных компьютерных технологий.

Освоение дисциплины готовит к решению профессиональных задач магистра по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»:

- разработка методик, проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов;
- обеспечение технологичности изделий электронной техники и процессов их изготовления;
- организация работ по сопровождению и поддержке изделий электронной техники на всех стадиях жизненного цикла

В дисциплине рассматриваются аппаратные и программные компоненты компьютерных измерительных технологий. Курс включает в себя обзорную лекционную и практическую составляющие. В практической части особое внимание уделяется приобретению навыков формирования программных компонентов для управления измерительным оборудованием, а также для решения задач сбора, обработки, отображения, анализа, передачи и хранения измерительной информации.

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать методы сбора, обработки, хранения и передачи измерительной информации;
- знать методы и средства построения современных высокопроизводительных измерительных систем;
- знать виды компонентов современных измерительных систем и методы их проектирования;
- уметь осуществлять обоснованный выбор аппаратных и программных решений для построения современных измерительных систем;



- уметь применять современные средства автоматизации при проектировании компонентов измерительных систем;
- уметь использовать типовые и оригинальные технические решения и программные продукты при проведении измерений для осуществления научных исследований и проектирования объектов профессиональной деятельности;
- иметь навыки разработки алгоритмов обработки измерительной информации;
- иметь навыки реализации программных компонентов измерительных систем на основе разработанных алгоритмов.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способен применять физико-математический аппарат для разработки методик и проведения теоретических и экспериментальных исследований изделий электронной техники, интерпретировать и представлять их результаты.	ПК6 (ИК-М1.1_5.2_5.3 НИД7.1 (ЭН))	<ul style="list-style-type: none"><li>• применяет и реализует с использованием программных средств компьютерных измерительных технологий математические методы обработки измерительной информации при проведении экспериментальных исследований электронной техники.</li></ul>	Лабораторный практикум
Способен, используя современные методы математического и компьютерного моделирования, разрабатывать математические модели и исследовать процессы и изделия электронной техники.	ПК7 (ИК-М1.1_5.2_4.1_4.3 НИД7.1 (ЭН))	<ul style="list-style-type: none"><li>• использует реализованные в современных программных средствах методы обработки измерительной информации для исследования процессов и изделий электронной техники;</li><li>• применяет современные компьютерные измерительные технологии для проведения экспериментальных исследований процессов и изделий электронной техники;</li><li>• применяет современные компьютерные технологии для моделирования процессов и изделий электронной техники, в т.ч. измерительных.</li></ul>	Лабораторный практикум
Способен применять современные компьютерные и информационные технологии при проектировании и конструировании электронных компонентов и средств, приборов, устройств и оборудования различного назначения.	ПК10 (ИК-М1.1_4.1_4.3ПД7.1 (ЭН))	<ul style="list-style-type: none"><li>• применяет современные компьютерные технологии при проектировании измерительных компонентов электронных средств, приборов, устройств и оборудования различного назначения;</li><li>• грамотно обосновывает выбор необходимых современных аппаратных и программных компонентов компьютерных измерительных технологий.</li></ul>	Лекции, лабораторный практикум, домашние задания
Способен осуществить ав-	ПК13	<ul style="list-style-type: none"><li>• распознаёт измерительные за-</li></ul>	Лекции, лабораторный прак-



Компетенция	Код по ФГОС/НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
торское сопровождение, диагностику и контроль материалов и изделий электронной техники на производственном и эксплуатационном этапах.	(ИК-М1.1ПТ Д_ЭД7.6 (ЭН))	дачи, необходимые для осуществления диагностики и контроля материалов и изделий электронной техники на производственном и эксплуатационном этапах; <ul style="list-style-type: none"><li>• демонстрирует понимание путей комплексного решения возникающих измерительных задач с помощью современных аппаратных и программных средств компьютерных измерительных технологий;</li><li>• грамотно интерпретирует алгоритмические описания программных компонентов средств измерений для диагностики и контроля материалов и изделий электронной техники на производственном и эксплуатационном этапах.</li></ul>	тикум, домашние задания

#### 4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к вариативной части цикла дисциплин программы. Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при выполнении междисциплинарной курсовой работы и подготовке выпускной квалификационной работы.

#### 5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия*	
1	Введение в компьютерные измерительные технологии	22	2			20
2	Аппаратная основа КИТ	20	4			16
3	Программное обеспечение КИТ	38	6		16	16
4	Интерфейсы приборно-модульных измерительных систем	28	4		8	16
5	Интерфейсы функционально-модульных измерительных систем	24	4			20
6	Сетевые технологии КИТ	22	2		4	16
7	Технологии сбора данных	36	4		16	16
	<b>Всего по РУП</b>	<b>190</b>	<b>26</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>120</b>

\* Практические занятия реализуются в форме лабораторного практикума



## 6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год			Параметры
		2	3	4	
Текущий	Домашнее задание	4-7 нед.	5-9 нед.		Письменные домашние работы по индивидуальному заданию. Срок сдачи: последняя неделя модуля.
Итоговый	Экзамен			4 мод.	Формат: устный экзамен. Число вопросов: в билете 2, дополнительных не более 3. Время на подготовку к ответу: 40 минут.

### Критерии оценки знаний, навыков

Предметная область домашних заданий выбирается студентом или малой группой студентов (до 5 человек) исходя из профессиональных интересов, темы согласовываются с преподавателем. При выполнении домашних работ студенты должны продемонстрировать навыки решения практических задач применения компьютерных измерительных технологий, умение осуществлять обоснованный выбор аппаратных и программных решений для построения современных измерительных систем.

Выбор темы и формирование малых групп осуществляется через сервис Google Sheets. Задание, включающее ссылку на таблицу для записи, публикуется в материалах дисциплины «Компьютерные измерительные технологии» в LMS и рассылается по студенческой почте (@edu.hse.ru).

Выполненный отчёт по домашней работе сдаётся в электронном виде через специальные проекты дисциплины «Компьютерные измерительные технологии» LMS.

В общей оценке за домашнюю работу учитываются: адекватность выбранного подхода поставленному заданию, обоснованность принимаемых решений, корректность разработанных алгоритмов, качество оформления отчёта.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

## 7 Содержание дисциплины

**Раздел 1. Введение в компьютерные измерительные технологии.** Измерения - трактовки понятия. Понятие измерительных технологий. Основные тренды современных измерительных технологий. Предпосылки появления компьютерных измерительных технологий. Назначение и преимущества КИТ. Области применения КИТ. Основа КИТ. Виртуальные средства измерений. Технология виртуальных приборов. Ведущие вендоры отрасли измерительных технологий. Основные направления работы ведущих вендоров.

Литература по разделу: [7, 8, 33, 1]

**Раздел 2. Программное обеспечение КИТ.** Задачи программного обеспечения КИТ. Требования к ПО КИТ. Критерии выбора ПО КИТ. Лидеры рынка ПО КИТ и их продукты. Инструменты для управления тестированием. Среды разработки ПО для решения измерительных задач. Средства разработки прикладного ПО КИТ. Универсальные средства. Специализированные средства, ориентированные на разработку ПО КИТ. Технологии NI LabVIEW. Базовое ПО КИТ. Драйверы приборов. Стандартная архитектура виртуального прибора VISA.



Литература по разделу: [6,7,8,10,11,12,34,52,53,54,83]

**Раздел 3. Аппаратная основа КИТ.** Измерительная система и её компоненты. Измерительный канал. Требования к модулям измерительных систем. Совместимость в измерительных системах. Виды совместимости. Подходы к реализации измерительных систем. Приборно-модульные, функционально-модульные и гибридные системы. Стандартные интерфейсы измерительных систем: классификация и обзор.

Литература по разделу: [ 2, 5,7,8,9,10,15,31,32,63,64]

**Раздел 4. Интерфейсы приборно-модульных измерительных систем.** Интерфейс IEEE-488 (КОП, GPIB). Основные характеристики. Конструктивные особенности. Конфигурация системы. Структура шины. Порядок работы системы. Последовательные интерфейсы типа RS-XXX. Интерфейсы RS-232, RS-422, RS-423, RS-485. Основные характеристики. Достоинства и недостатки.

Литература по разделу: [7,8,9,18,51,23,39,40,41,42,43,44,64]

**Раздел 5. Интерфейсы функционально-модульных измерительных систем.** Интерфейсы VME и VXI. Назначение, основные характеристики, конструктивные особенности. Основные компоненты программно-аппаратной модели VXI-системы. Интерфейсы CompactPCI и PXI. Назначение, основные характеристики, конструктивные особенности, достоинства. Интерфейс AXIe. Назначение, основа, основные характеристики, особенности, возможности. Физическое исполнение. Достоинства. Области применения.

Литература по разделу:[45,46,47,48,59,60,65,66,67,68,69,70,71,72,82,81,80,79,78,50]

**Раздел 6. Сетевые технологии КИТ.** Проблемы разработки измерительных систем. Возможные пути решения. Интерфейс LXI. Назначение. Архитектура. Физическое исполнение. Основные возможности. Достоинства.

Литература по разделу:[7,8,49,73,74,75,76,77]

**Раздел 7. Технологии сбора данных.** Измерительные системы на основе устройств сбора данных. Структура. Аппаратные компоненты. Устройства сбора данных DAQ. Состав, функциональные возможности и особенности применения измерительных приборов на основе DAQ. Программное обеспечение. Источники погрешностей.

Литература по разделу: [3,7,8,20,21,22,28,36,39,75,83]

## 8 Образовательные технологии

Для успешного освоения дисциплины используются различные образовательные технологии: лекции с использованием проекционного оборудования и презентационных материалов; практические (лабораторные) занятия в лабораториях, оснащённых измерительным оборудованием, сопряженным с компьютерной техникой со специализированным программным обеспечением; работа с рекомендуемой литературой и нормативными документами, работа с Интернет-ресурсами, домашние работы.

В часы самостоятельной работы студентов изучаются отдельные теоретические вопросы, которые не излагались на лекциях, выполняются обзоры по заданным темам, домашние задания, отчёты по лабораторным работам.

## 9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

### Тематика заданий текущего контроля

#### Примерные темы домашнего задания №1

- Тема 1. Компьютерные измерительные технологии в машиностроительном производстве
- Тема 2. Компьютерные измерительные технологии в транспортных системах
- Тема 3. Компьютерные измерительные технологии в лаборатории контроля качества
- Тема 4. Компьютерные измерительные технологии в авиации
- Тема 5. Компьютерные измерительные технологии в nanoиндустрии



- Тема 6. Компьютерные измерительные технологии в медицине и биотехнологиях
- Тема 7. Компьютерные измерительные технологии в научных исследованиях
- Тема 8. Компьютерные измерительные технологии в энергетике
- Тема 9. Компьютерные измерительные технологии в нефтегазовой отрасли
- Тема 10. Компьютерные измерительные технологии в пищевой промышленности
- Тема 11. Компьютерные измерительные технологии в химической промышленности
- Тема 12. Компьютерные измерительные технологии в телекоммуникациях
- Тема 13. Компьютерные измерительные технологии в робототехнике
- Тема 14. Компьютерные измерительные технологии в охране окружающей среды
- Тема 15. Компьютерные измерительные технологии в электронной промышленности

### **Примерные темы домашнего задания №2**

- Тема 1. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) вольтметров с интерфейсом RS-232C
- Тема 2. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) вольтметров с интерфейсом GPIB
- Тема 3. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) частотомеров с интерфейсом RS-232C
- Тема 4. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) частотомеров с интерфейсом GPIB
- Тема 5. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) измерительных преобразователей температуры
- Тема 6. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) измерительных преобразователей давления
- Тема 7. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) измерительных преобразователей расхода
- Тема 8. Разработка структуры измерительной системы автоматизированной поверки (калибровки) аналого-цифровых преобразователей
- Тема 9. Разработка структуры измерительной системы автоматизированного исследования наноструктур
- Тема 10. Разработка структуры измерительной системы автоматизированного исследования свойств материалов
- Тема 11. Разработка структуры измерительной системы автоматизированного экологического мониторинга
- Тема 12. Разработка структуры измерительной системы автоматизации метеонаблюдений
- Тема 13. Разработка структуры измерительной системы автоматизированного физиологического мониторинга
- Тема 14. Разработка структуры измерительной системы автоматизированного мониторинга технологического процесса

Темы домашних заданий для каждого студента утверждается преподавателем в индивидуальном порядке. Возможно выполнение заданий по инициативным темам, предложенным студентом и согласованным с преподавателем.

## **9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины**

1. Понятие измерительных технологий. Основные тренды современных измерительных технологий. Предпосылки появления компьютерных измерительных технологий. Назначение и преимущества КИТ. Области применения КИТ. Основа КИТ.
2. Аппаратная основа КИТ. Измерительные системы. Подходы к реализации измерительных систем. Приборно-модульные, функционально-модульные и гибридные системы. Примеры интерфейсов.



3. Интерфейсы приборно-модульных измерительных систем. Интерфейс КОП (GPIB). Основные характеристики. Отличительные особенности.
4. Интерфейсы приборно-модульных измерительных систем. Интерфейсы RS-232, RS-423, 422, 485. Основные характеристики. Достоинства и недостатки. Сравнение характеристик.
5. Интерфейсы функционально-модульных измерительных систем. Интерфейсы VME и VXI. Физическое исполнение устройств. Назначение, основные характеристики, особенности, возможности. Области применения.
6. Интерфейсы функционально-модульных измерительных систем. Интерфейсы CompactPCI, PXI и PXIe. Физическое исполнение устройств. Назначение, основные характеристики, особенности, возможности. Основные области применения.
7. Проблемы разработки измерительных систем. Интерфейс LXI. Требования базовой спецификации LXI. Конструктивное исполнение устройств. Характеристики, расширенные возможности и преимущества LXI. Области применения.
8. Интерфейсы ATCA и AXIe. Конструктивное исполнение устройств. Основные характеристики, особенности и расширения AXIe. Интеграция с другими платформами. Приложения AXIe.
9. Технологии сбора данных. Обобщенная структура измерительной системы на основе DAQ. Конструктивное исполнение устройств DAQ. Компоненты, интерфейсы и функциональные возможности DAQ устройств.
10. Технологии сбора данных. Программное обеспечение DAQmx. Сопряжение DAQ и средств разработки. NI MAX. DAQ Assistant. Задачи и каналы DAQmx.
11. Программное обеспечение КИТ. Задачи программного обеспечения КИТ. Требования к ПО КИТ. Критерии выбора ПО КИТ. Лидеры рынка ПО КИТ и их продукты.
12. Основы построения ПО КИТ в LabVIEW. Основные концепции программирования в LabVIEW. Основные алгоритмические структуры. Типы данных. Структуры данных. Массивы и кластеры.
13. Основы построения ПО КИТ в LabVIEW. Стандартные структуры программирования. Построение ВП на основе конечного автомата. Построение ВП на основе обработки событий.
14. Основы построения ПО КИТ в LabVIEW. Глобальные и локальные переменные. Узлы свойств. Ссылки на объекты. Назначение, возможности, особенности применения, способы создания.
15. Ведущие вендоры отрасли T&M. Основные направления работы компаний. Ключевые тренды отрасли.

## 10 Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает работу студентов на практических (лабораторных) занятиях. Оценка за каждое практическое (лабораторное) занятие формируется как сумма оценок за упражнения, выполненные по методическим указаниям (от 0 до 5 баллов) и оценки за задания для самостоятельного выполнения (от 0 до 5 баллов).

В оценках за упражнения и самостоятельные задания на практических (лабораторных) занятиях учитываются:

- полнота выполнения заданий (от 0 до 2 баллов);





- правильность выполнения заданий (от 0 до 2 баллов);
- аккуратность выполнения заданий (от 0 до 1 балла).

Оценки за работу на практических (лабораторных) занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость.

На последнем практическом занятии проводится тестирование по тематике практических (лабораторных работ). Оценка за тестирование по лабораторному практикуму выставляется по 10-балльной шкале, пропорционально проценту правильных ответов теста.

Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за работу на практических занятиях определяется как округлённое среднее арифметическое по оценкам за отдельные занятия и тест –  $O_{AP}$ .

В рамках самостоятельной работы студент выполняет обзоры совместно по выбранным и согласованным студентом и преподавателем темам, связанным с профессиональными интересами студента и/или применяет полученные в результате освоения разделов знания, умения и навыки при работе над междисциплинарной курсовой работой или проектом в рамках профессиональной деятельности. Самостоятельная работа может выполняться малой группой студентов. По итогам самостоятельной работы представляется короткий отчёт в свободной форме и проводится небольшое собеседование в часы консультаций. Самостоятельная работа студентов оценивается по 10-балльной шкале –  $O_{CP}$ .

Накопленная оценка за модуль  $O_H$  учитывает результаты работы студента в модуле, в том числе оценки текущего контроля  $O_{TK}$  следующим образом:

$$O_{HM\ 2\ мод} = 0,25 \cdot O_{TK\ 2\ мод} + 0,5 \cdot O_{AP\ 2\ мод} + 0,25 \cdot O_{CP\ 2\ мод},$$

$$O_{HM\ 3\ мод} = 0,25 \cdot O_{TK\ 3\ мод} + 0,5 \cdot O_{AP\ 3\ мод} + 0,25 \cdot O_{CP\ 3\ мод},$$

$$O_{HM\ 4\ мод} = 0,5 \cdot O_{AP\ 4\ мод} + 0,5 \cdot O_{CP\ 4\ мод},$$

где  $O_{TK\ 2\ мод} = O_{ДЗ\ №1}$ ;  $O_{TK\ 3\ мод} = O_{ДЗ\ №2}$ .

Способ округления накопленной оценки за модуль: математическое округление с сохранением не менее трёх знаков после запятой.

Накопленная итоговая оценка  $O_{НИ}$  по дисциплине определяется следующим образом:

$$O_{НИ} = 0,3 \cdot O_{HM\ 2\ мод} + 0,35 \cdot O_{HM\ 3\ мод} + 0,35 \cdot O_{HM\ 4\ мод}$$

Накопленная итоговая оценка, определённая по указанной формуле, математически округляется к ближайшему целому. Если разряд десятых долей имеет значение 5, а последующие знаки равны нулю, то округление производится в большую сторону (например, 7,500 округляется до 8).

Информация о накопленной оценке и её составляющих публикуется в электронной онлайн-таблице, ссылка на которую размещается в LMS и рассылается студентам на студенческую почту (@edu.hse.ru). Информация о накопленных оценках также оглашается на последнем занятии каждого модуля.

Экзаменационная оценка может быть проставлена автоматически (без сдачи экзамена) по накопленной итоговой оценке  $O_{НИ}$ , если её значение равно или превышает 8 баллов, выполнены домашние задания, лабораторный практикум, тестирование по лабораторному практикуму, и среди накопленных оценок за модули  $O_{HM}$  нет меньших, чем 6 баллов. Студент, которого не удовлетворяет автоматическая оценка за экзамен, имеет право сдавать экзамен.

На экзамене студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу), ответ на который оценивается в 1 балл.



В диплом выставляется результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по следующей формуле:

$$O_{результ} = 0,5 \cdot O_{накопл. итоговая} + 0,5 \cdot O_{итоговый\ экзамен}$$

Результирующая оценка, определённая по указанной формуле, математически округляется к ближайшему целому. Если разряд десятых долей имеет значение 5, а последующие знаки равны нулю, то округление производится в большую сторону (например, 7,50 округляется до 8).

Для студентов, обучающихся по ИУП, в частности, изучающих дисциплину не с начала, общая структура формирования итоговой оценки сохраняется, однако отдельные формы текущей работы в модуле могут быть заменены на специальные задания и/или формы контроля. Конкретные задания и формы контроля определяются в индивидуальном порядке преподавателем совместно со студентом.

## 11 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 11.1 Основная литература

1. Афонский, А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. ДМК Пресс, 2012. - 688 с.
2. Макаров В.В. Информационно - измерительные системы. Ч.1. М. МИЭМ, 2013. - 80 с.
3. Артемьев, Б. Г. Метрология и метрологическое обеспечение. ФГУП "Стандартинформ", 2010. - 568 с.
4. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В., Папуловский В.Ф. LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий: Учебное пособие для вузов. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 208 с.
5. Фишер-Криппс А. С.. Интерфейсы измерительных систем. Справочное руководство: Пер. с англ. М: Издат.Дом "Технологии", 2006. – 336 с.
6. Блюм, П. LabVIEW: стиль программирования. ДМК Пресс, 2008.

### 11.2 Дополнительная литература

7. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, Second Edition / под ред. J.G. Webster, H. Eren. : CRC Press, 2014. 3559 с.
8. Nawrocki W. Measurement Systems and Sensors, Second Edition. Artech House, 2016. 433 с.
9. Park J., Mackay S., Wright E. Practical Data Communications for Instrumentation and Control. : Newnes, 2003. 412 с.
10. Тревис Дж. LabVIEW для всех / Пер. с англ. Клушин Н.А. - М.: ДМК-Пресс; ПриборКомплект, 2005. - 544 с.
11. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / Под ред. Бутырина П.А. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 264 с.
12. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженеров: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 400 с.
13. Блюм П. Профессиональное программирование в LabVIEW. Пер. с англ. под ред. Михеева П. – М.: ДМК Пресс, 2012 – 400 с.
14. Использование виртуальных инструментов LabVIEW / Ф.П. Жарков, В.В. Каратаев, В.Ф. Никифоров и др. / Под ред. К.С. Демирчана и В.Г. Миронова. - М.: Солон-Р, Радио и связь, Горячая линия - Телеком, 1999. - 268 с.



15. Патон Б. LabVIEW: Основы аналоговой и цифровой электроники. - National Instruments Corp., 2002. - 190 с.
16. Эртугрул Н. LabVIEW: Лабораторное исследование электрических цепей и машин. - National Instruments Corp., 2002. - 102 с.
17. Пейч Д.И., Точилин Д.А., Поллак Б.П. LabVIEW для новичков и специалистов - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 384 с.
18. Загидуллин Р.Ш. LabVIEW в исследованиях и разработках. - М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 352 с.
19. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В. LabVIEW: практикум по электронике и микропроцессорной технике: Учебное пособие для вузов. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 182 с.
20. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А. В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 464 с.
21. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 472 с.
22. Ким Н., Кетарнаваз Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW. - М.: Додэка-XXI, 2007. - 304 с.
23. Приборно-модульные универсальные автоматизированные измерительные системы: Справочник / В.А. Кузнецов, В.Н. Строителев, Е.Ю. Тимофеев и др.; Под ред. В.А. Кузнецова. - М.: Радио и связь, 1993. - 304 с.

### **11.3 Справочники, словари, энциклопедии**

24. Суранов А.Я. LabVIEW 7: справочник по функциям. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 512 с.
25. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: справочник по функциям. - М.: ДМК Пресс, 2007. - 536 с.
26. Измерения и Автоматизация. Каталог. - National Instruments Corp.
27. Getting Started With LabVIEW. – NI Corp.
28. LabVIEW Measurements Manual. – NI Corp..
29. LabVIEW User Manual. – NI Corp.
30. NI Education Laboratory Virtual Instrumentation Suite (ELVIS). User Manual. - National Instruments Corp., 2003.
31. Measurement and Automation. Instrumentation Catalogue . – NI Corp.

### **11.4 Нормативные документы**

32. ГОСТ Р 8.596-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения
33. ГОСТ Р 8.818-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений и системы измерительные виртуальные. Общие положения
34. ГОСТ Р 8.654-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения
35. ГОСТ Р 8.734-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Методы метрологического самоконтроля
36. ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений
37. РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
38. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.
39. 488.1-2003 - IEEE Standard For Higher Performance Protocol for the Standard Digital Interface for Programmable Instrumentation



40. EIA Standard RS-232-C Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Data Binary Interchange
41. TIA/EIA Standard RS-232-F Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Data Binary Interchange
42. TIA/EIA-423-B Electrical Characteristics of Unbalanced Voltage Digital Interface Circuits
43. ANSI/TIA/EIA-422-B Electrical Characteristics of Balanced Voltage Differential Interface Circuits
44. ANSI/TIA/EIA-485-A Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems
45. VXIbus System Specification VXI-1 Revision 4
46. ГОСТ Р 51884-2002 Магистраль VME, расширенная для контрольно-измерительной аппаратуры (магистраль VXI)
47. PXI-1 Hardware Specification
48. PXI-2 Software Specification
49. LXI Device Specification 2011, rev.1.4
50. AXIe-1: Base Architecture Specification
51. ГОСТ 26.003-80. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией
52. VPP-1: Charter Document
53. VPP-2: System Frameworks Specification
54. VPP-4.3: The VISA Library

### 11.5 Интернет-ресурсы

55. <http://ni.com>
56. <http://www.rudshel.ru>
57. <http://www.asutp.ru>
58. <http://www.wisegeek.com>
59. <http://www.vxi.ru>
60. <http://www.pxisa.org>
61. <http://industrialauto.ru>
62. <http://www.zao-ntnk.ru>
63. <http://www.interface.ru>
64. <http://softelectro.ru>
65. <http://www.vxibus.org>
66. <http://pen.phys.virginia.edu/daq/vme/vme-tutorial.pdf>
67. <http://www.interfacebus.com>
68. <https://www.picmg.org>
69. <https://www.prosoft.ru/cms/f/443422.pdf>
70. <http://www.ni.com/white-paper/5712/en/>
71. <http://www.ni.com/tutorial/2876/en/>
72. [http://www.radio-electronics.com/info/t\\_and\\_m/pxi/pxi.php](http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/pxi/pxi.php)
73. <http://www.lxistandard.org>
74. <http://www.cta.ru/cms/f/457832.pdf>
75. <http://www.ni.com/white-paper/7255/en/>
76. <http://www.inftest.ru/UserFiles/Files/newtention.pdf>
77. <http://www.lxi.ru>
78. <http://www.axiestandard.org>
79. <http://www.inftest.ru/page/page30.html>
80. <http://www.edn.com/electronics-blogs/test-cafe/4439746/Introduction-to-AXIe>
81. <http://www.edn.com/electronics-blogs/test-cafe/4440585/AXIe-specification-gets-an-upgrade>
82. <http://www.cta.ru/cms/f/445432.pdf>



83. <http://www.ivifoundation.org>

### 11.6 Программные средства

Для успешного освоения дисциплины, студент использует следующие программные средства:

- National Instruments LabVIEW
- Специализированные учебные программные модули

### 11.7 Дистанционная поддержка дисциплины

Презентационные материалы к лекциям, задания на самостоятельную работу доступны в материалах дисциплины в LMS. Также через соответствующие проекты LMS осуществляется предоставление студентом результатов выполненных работ. Объявления организационного характера публикуются в системе LMS с рассылкой через студенческую почту (@edu.hse.ru).

Электронные ресурсы, рекомендованные студентам для проработки отдельных тем перечислены в данной РПУД, а также в материалах дисциплины LMS.

В рамках дисциплины также используются открытые сервисы Google Docs для решения организационных вопросов (формирование малых групп/бригад для выполнения заданий, выбор темы задания и т.д.)

При возникновении организационных вопросов или необходимости получения консультации, студент может связаться через корпоративную электронную почту [mkrasivskaya@hse.ru](mailto:mkrasivskaya@hse.ru).

## 12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

При проведении лекционных занятий используется презентационное оборудование. При проведении практических (лабораторных) занятий используются АРМ на основе ПК, контрольно-измерительные приборы (вольтметры, частотомеры, генераторы), системы сбора данных (NI DAQ), специализированные учебно-лабораторные стенды (NI GPIB, NI ELVIS).