

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра радиотехнических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С. Огнев

«23» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
«Метрология, стандартизация и сертификация»

Направление подготовки
«11.03.01 Радиотехника»

Направленность (профиль)
«00 Радиотехника»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «18» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «25» апреля 2023 года

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» является получение знаний в области метрологического обеспечения, технических измерений и стандартизации применительно к задачам разработки, производства и эксплуатации радиотехнических средств.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация» относится к обязательной части Блока 1.

Для освоения дисциплины обучающиеся должны знать и уметь применять базовые положения теории вероятностей, теории сигналов и цепей.

Полученные в курсе знания, умения и навыки необходимы для организации выполнения лабораторных работ по последующим дисциплинам и экспериментальных исследований в ходе преддипломной практики и при подготовке ВКР, грамотной обработки и представления их результатов.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ИД-ОПК-2.1 Осуществляет обоснованный выбор способов и средств измерений и применяет их при проведении экспериментальных исследований.	Знать: – общие подходы и проведению измерений различных величин; – устройство и принцип действия различных видов средств измерений; – основные метрологические характеристики различных видов средств измерений. Уметь: – использовать средства измерений различных видов. Владеть навыками: – измерения параметров реальных объектов и/или процессов.
	ИД-ОПК-2.2 Проводит обработку и представление полученных данных и оценку погрешности результатов измерений	Знать: – основы теории погрешностей измерений, способы нормирования и формы задания метрологических характеристик средств измерений; – основные методики обработки результатов измерений. Уметь: – рассчитывать погрешности измерений по основным методикам; – представлять результаты измерения в

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		
		различных формах. Владеть навыками: – обработки результатов измерений согласно типовых методик; – оформления результатов экспериментальных исследований.
ОПК-3 Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ИД-ОПК-3.2 Проводит анализ информации из различных источников и способен представлять его результаты по требуемой форме.	Уметь: – преобразовывать числовые значения метрологических характеристик средств измерений из одной формы в другую. Владеть навыками – выделять численные значения необходимых метрологических характеристик средств измерений из технических описаний.

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачёт. ед., 144 акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение в дисциплину	5	1			0,4		2	Тест текущего контроля №1
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №1 ЭУК в LMS Moodle
2	Методы и средства измерений	5	1,5			0,4		2	Тест текущего контроля №1
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №1 ЭУК в LMS Moodle
3	Основы теории погрешностей	5	1,5			0,4		2	Тест текущего контроля №1
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №1

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
									ЭУК в LMS Moodle
4	Типовые методики измерений и обработки результатов	5	2			0,5		6	Домашняя контрольная работа, Лабораторные работы 1-3
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	Домашняя контр. работа ЭУК в LMS Moodle
5	Исследование формы сигналов	5	1		14	0,5		6	Тест текущего контроля №2, Лабораторная работа 1
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №2 ЭУК в LMS Moodle
6	Исследование спектров сигналов	5	1		14	0,5		6	Тест текущего контроля №2, Лабораторная работа 2
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №2 ЭУК в LMS Moodle
7	Измерение напряжения электрического тока	5	2			0,4		2	Тест текущего контроля №2
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №2 ЭУК в LMS Moodle
8	Измерение мощности СВЧ	5	2			0,4		2	Тест текущего контроля №2
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №2 ЭУК в LMS Moodle
9	Измерение частоты и интервалов времени	5	1		12	0,5		6	Тест текущего контроля №3 Лабораторная работа 3
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №3 ЭУК в LMS Moodle
10	Измерение разности фаз	5	1			0,4		2	Тест текущего контроля №4
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №4 ЭУК в LMS Moodle
11	Измерение параметров электрических цепей	5	2			0,4		2	Тест текущего контроля №4
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №4 ЭУК в LMS Moodle
12	Измерения напряжённости электромагнитного поля	5	1			0,4		2	Тест текущего контроля №4
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	тест №4 ЭУК в LMS Moodle
13	Методы автоматизации измерений	5	1			0,4		2	

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	
14	Основы стандартизации и сертификации	5	2			0,4		2	
	в том числе с ЭО и ДОТ							1	
	Промежуточная аттестация					2	0,5	33,5	Экзамен
	ИТОГО	5	20		40	8	0,5	75,5	144
	в том числе с ЭО и ДОТ							15	

Примечание: объём (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Метрология, стандартизация, сертификация» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

Содержание разделов дисциплины

1. Введение в дисциплину

- 1.1 Определение, предмет и разделы метрологии.
- 1.2 Основные понятия и определения в области метрологии

2. Методы и средства измерений

- 2.1 Виды, методы и средства измерений
- 2.2 Основы теории обеспечения единства измерений. Понятие эталонов, поверочные схемы и поверка средств измерений

3. Основы теории погрешностей

- 3.1 Погрешности измерений и их классификации
- 3.2 Нормирование случайных погрешностей, основные законы распределения погрешностей и параметры
- 3.3 Нормирование погрешностей средств измерений, аддитивные и мультипликативные погрешности, классы точности

4. Типовые методики измерений и обработки результатов

- 4.1 Методы обнаружения систематических погрешностей и методы уменьшения влияния неисключенных систематических погрешностей.
- 4.2 Обработка результатов прямых многократных измерений по ГОСТ Р 8.736-2011.
- 4.3 Обработка результатов прямых однократных измерений по Р 50.2.038-2004.
- 4.4 Обработка результатов косвенных измерений по МИ 2083-90.

5. Исследование формы сигналов

- 5.1. Классификация осциллографов.

- 5.2 Устройство и принцип действия осциллографа (универсальный аналоговый, универсальный цифровой, стробоскопический осциллограф).
- 5.3 Основные метрологические характеристики осциллографов и расчёт погрешностей измерений.

6. Исследование спектров сигналов

- 6.1 Классификация анализаторов спектра.
- 6.2 Устройство и принцип действия анализаторов спектра (последовательный анализатор, анализатор спектра реального времени)
- 6.3 Основные метрологические характеристики анализаторов спектра и погрешности спектральных измерений.

7. Измерение напряжения электрического тока

- 7.1 Общие вопросы измерения напряжения и силы тока. Измеряемые параметры переменного тока и их взаимосвязь.
- 7.2 Устройство и принцип действия электронных вольтметров постоянного и переменного тока, виды преобразователей переменного электрического тока.
- 7.3 Метрологические характеристики вольтметров

8. Измерение мощности СВЧ

- 8.1 Основные понятия
- 8.2 Устройство и принцип действия измерителей поглощенной мощности СВЧ (калориметрический, терморезисторный, термоэлектрический)
- 8.3 Устройство и принцип действия измерителей проходящей мощности СВЧ (направленных ответвителей, преобразователя Холла).
- 8.4 Основные метрологические характеристики измерителей и погрешности измерений.

9. Измерение частоты и интервалов времени

- 9.1 Понятие частоты, меры частоты, стабильность частоты.
- 9.2 Устройство и принцип действия измерителей частоты (резонансный, гетеродинный).
- 9.3 Измерения частоты и интервалов времени методом дискретного счёта.
- 9.4 Основные метрологические характеристики измерителей частоты и погрешности измерений.

10. Измерение разности фаз

- 10.1 Основные понятия, классификация методов измерения фазового сдвига.
- 10.2 Методы измерения разности фаз (метод фазовращателя, преобразования в импульсы тока), устройство и принцип действия измерителей.
- 10.3 Измерения разности фаз с преобразованием частоты и умножением частоты.

11. Измерение параметров электрических цепей

- 11.1 Классификация параметров и характеристик цепей и методов их измерения.
- 11.2 Методы измерения сопротивления, индуктивности, емкости и добротности.
- 11.3 Методы и средства измерения АЧХ и ФЧХ радиотехнических цепей.

12. Измерения напряжённости электромагнитного поля

- 12.1 Общие вопросы измерения напряжённости электромагнитного поля.
- 12.2 Методы измерения напряжённости электромагнитных полей, измерители поля и измерительные приёмники.

13. Методы автоматизации измерений

13.1 Задачи автоматизации измерений. Классификация автоматизированных средств измерений

13.2 Типовые способы построения автоматизированных средств измерений.

14. Основы стандартизации и сертификации

14.1 Цели и задачи стандартизации. Виды и методы стандартизации.

14.2 Цели и задачи сертификации. Виды и методы сертификации. Сертификация средств измерений.

Лабораторный практикум (проводится очно)

Перечень лабораторных работ по курсу:

Лабораторная работа №1 «Изучение осциллографа и измерение параметров сигналов».

Лабораторная работа №2 «Изучение анализатора спектра и измерение параметров сигналов».

Лабораторная работа №3 «Измерение частоты и интервалов времени».

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – даёт первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных учёных, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также даётся анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Метрология, стандартизация и сертификация» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;

- размещены методические указания к лабораторным работам;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / И. А. Иванов, С. В. Урушев, Д. П. Кононов [и др.] ; Под редакцией И. А. Иванова и С. В. Урушева. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 356 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/177835> (дата обращения: 03.03.2021).

2. Лютиков, И. В. Метрология и радиоизмерения : учебник / Лютиков И. В. , Фомин А. Н. , Леусенко В. А. – Красноярск : СФУ, 2016. – 508 с. – Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. – URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763834772.html> (03.03.2021).

б) дополнительная литература

1. Метрология и электро/радиоизмерения в телекоммуникационных системах/ Под ред. В.И.Нефедова. – М: Высшая школа, 2001. – 384 с.

2. Сергеев, А. Г. Метрология : учеб. пособие для вузов / А.Г. Сергеев, В.В. Крохин, М. – Логос: 2002. – 408с.

3. Сергеев, А. Г. Сертификация : учеб. пособие для вузов / А.Г. Сергеев, М.В. Латышев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2002. – 264 с.

в) ресурсы в сети Интернет

1. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089016>.

2. Р 50.2.038-2004 ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200037562>.

3. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200007609>.

4. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200115154>.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Доцент кафедры
радиотехнических систем, к. т. н.

А.Б. Герасимов

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Метрология, стандартизация и сертификация»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Тесты текущего контроля

**(тест проводится в ЭУК «Метрология, стандартизация и сертификация»
в LMS Moodle)**

В тестах представлены задания для проверки закрепления теоретического материала по результатам лекций и самостоятельной работы обучающихся. Тесты содержат теоретические и вычислительные вопросы. Каждый тест содержит вопросы по группе разделов, по 1-3 вопроса по каждому разделу. Ориентировочное время на выполнение каждого теста составляет 10 минут. Перечень вопросов теста и время на его выполнение может изменяться при обновлении теста в новом учебном году.

Правильный ответ оценивается 1 баллом, неправильный ответ – 0 баллов. Если вопросом предусмотрен выбор нескольких вариантов ответа, то балл за каждый правильный ответ равен 1, деленной на число правильных вариантов. Выбор неправильного варианта ответа дает отрицательный вклад в результирующий балл за ответ. Количество попыток выполнения теста – 1 раз.

Оценка текущего контроля выставляется по результатам всех выполненных тестов. Пропущенный тест считается полностью невыполненным. Оценка выставляется по следующему правилу:

- количество баллов по всем тестам не менее 85% от максимального числа баллов соответствует оценке «отлично»;
- количество баллов по всем тестам от 60% до 85% от максимального числа баллов соответствует оценке «хорошо»;
- количество баллов по всем тестам от 30% до 60% от максимального числа баллов соответствует оценке «удовлетворительно»;
- количество баллов по всем тестам меньше 30% от максимального числа баллов соответствует оценке «неудовлетворительно».

Примерные вопросы теста:

Вопрос 1. Выберите правильное определение для понятия "Метод измерения"

- 1) прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей или соотнесения со шкалой;
- 2) явление материального мира, положенное в основу измерения;
- 3) установленная логическая последовательность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений.

Вопрос 2. Выберите категорию, к которой относится погрешность измерения напряжения, вызванная ответвлением части тока из цепи в вольтметр вследствие конечного входного сопротивления

- 1) методическая;
- 2) внешняя;
- 3) инструментальная;
- 4) субъективная.

Вопрос 3. Производится измерение силы тока амперметром с приведенной погрешностью 0,2%. Предел измерения - 10 мА, измеренное значение составляет 3 мА. Какое значение имеет граница погрешности измерения? Значение введите с точностью до тысячных долей миллиампера (например 0,007)

Вопрос 4 Выберите одну или несколько метрологических характеристик электронно-лучевого осциллографа, которые учитываются при расчете доверительной границы погрешности измерения амплитуды синусоидального сигнала.

- 1) активное входное сопротивление;
- 2) погрешность коэффициента развертки;
- 3) величина выброса переходной характеристики;
- 4) значение коэффициента отклонения;
- 5) рабочая полоса частот;
- 6) погрешность сигнала калибратора.

Вопрос 5 Какая структурная схема построения вольтметра переменного тока обеспечивает выполнение измерений в широкой полосе частот?

- 1) схема типа "усилитель - детектор";
- 2) схема типа "детектор - усилитель";
- 3) частотные свойства всех схем одинаковы;
- 4) тип схемы отсутствует в списке ответов.

Вопрос 6 Как обеспечивается выделение спектральных составляющих на разных частотах в анализаторе спектра последовательного типа?

- 1) за счет коммутации сигнала на разные фильтры, настроенные на разные частотные диапазоны;
- 2) за счет непрерывной перестройки полосы пропускания фильтра;
- 3) за счет непрерывного сдвига спектра по частоте и фильтрации одной частоты;
- 4) за счет разного времени задержки разных спектральных составляющих в фильтре.

Вопрос 7 Рассчитайте границу погрешности измерения частоты методом дискретного счета. Измеренное значение частоты $f=3$ МГц, погрешность частоты опорного генератора $\delta = 2 \cdot 10^{-6}$, время счета $T = 0,1$ с. Значение погрешности ввести в Герцах, значения погрешностей по ГОСТ не округлять.

Вопрос 8 Выберите источники погрешностей, которые относятся к измерению фазового сдвига методом преобразования в постоянное напряжение

- 1) масштаб сетки осциллографа;
- 2) нестабильность опорного генератора;
- 3) случайная погрешность счета;
- 4) конечная ширина луча осциллографа;
- 5) нестабильность источника питания;
- 6) неидентичность формирующих устройств.

Правильные ответы на вопросы теста

Вопрос №	Вариант ответа	Вопрос №	Вариант ответа
1	1	5	2
2	1	6	3
3	0,02 мА	7	16,0 Гц
4	4, 5, 6	8	5, 6

Домашняя контрольная работа

(проверка сформированности ОПК-2, индикатор ИД-ОПК-2.2)

Пример задания

Выполнить обработку результатов прямых многократных измерений электрического сопротивления согласно ГОСТ 8.736-2011.

Результаты измерений представлены в таблице

№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм	№	R, кОм
1	17,4	6	18,6	11	17,1	16	16,2
2	16,4	7	25,0	12	17,9	17	16,4
3	15,9	8	17,6	13	16,8	18	20,4
4	18,0	9	19,3	14	17,8	19	18,7
5	16,5	10	19,7	15	17,9	20	16,5

На этапе подготовки измерений исключаемых систематических погрешностей не выявлено. Количество неисключённых систематических погрешностей измерений равно трём.

1. 1,5 кОм.
2. 1,0 кОм.
3. 0,9 кОм.

Правила выставления оценки по результатам домашней контрольной работы:

По результатам выполнения домашней контрольной работы оценивается способность обучающихся выполнять обработку результатов измерений по ГОСТ Р 8.736-2011. Проводится оценка правильности выполнения каждого действия. Правильность каждого действия оценивается 1-м баллом. Наличие ошибки при выполнении какого-либо действия – 0 баллов, при этом для последующих действий ошибочно полученное значение принимается в качестве правильного.

Отдельно оцениваемыми действиями являются:

- 1) вычисление среднего арифметического значения измерений;
- 2) вычисление среднего квадратического отклонения измерений;
- 3) вычисление среднего квадратического отклонения среднего арифметического;
- 4) вычисление статистик проверки на наличие грубых погрешностей, каждая отдельно;
- 5) определение граничного значения для проверки на наличие грубых погрешностей и решение о наличии грубых погрешностей;
- 6) вычисление статистики для проверки вида закона распределения по критерию 1;
- 7) определение критических значений для проверки вида закона распределения по критерию 1 и решение о выполнении критерия 1;
- 8) вычисление масштабного коэффициента и статистики для проверки вида закона распределения по критерию 2;
- 9) определение критических значений для проверки вида закона распределения по критерию 2 и решение о выполнении критерия 2;

- 10) определение коэффициента Стьюдента;
- 11) вычисление доверительной границы случайной погрешности;
- 12) вычисление границы/доверительной границы неисключенной систематической погрешности;
- 13) вычисление СКО неисключенной систематической погрешности;
- 14) вычисление СКО суммарной погрешности;
- 15) вычисление масштабного коэффициента суммарной погрешности;
- 16) вычисление суммарной доверительной границы погрешности;
- 17) правильность выбора формы представления результата;
- 18) соответствие представления результата требованиям ГОСТ 8.736.

Максимальное количество баллов по итогам домашней контрольной работы – 18 баллов.

Количество баллов 17-18 соответствует оценке «отлично», 11-16 баллов – оценке «хорошо», 6-10 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 6 баллов – оценке «неудовлетворительно».

Лабораторные работы

(проверка сформированности ОПК-2, индикатор ИД-ОПК-2.1 в части использования средств измерений и ИД-ОПК-2.2; проверка сформированности ОПК-3 индикатор ИД-ОПК-3.2)

Задания на выполнение лабораторных работ установлены в методических указаниях по их выполнению. Методические указания выдаются обучающимся в печатном виде при очном посещении лабораторных занятий и размещаются в электронной форме в ЭУК «Метрология, стандартизация и сертификация» в LMS Moodle.

Перечень лабораторных работ включает:

- лабораторная работа №1 «Изучение осциллографа и измерение параметров сигналов»;
- лабораторная работа №2 «Изучение анализатора спектра и измерение параметров сигналов»;
- лабораторная работа №3 «Измерение частоты».

По результатам выполнения лабораторных работ оформляются отчеты. Также проводится собеседование, в ходе которого обучающиеся отвечают на выборочные (3-4) контрольные вопросы по теоретической части лабораторной работы.

За выполнение каждой лабораторной работы выставляется оценка («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). Оценка за лабораторную работу состоит из оценки отчета и оценки ответов в ходе собеседования.

Оценка за отчет о лабораторной работе выставляется по следующему критерию:

- содержание отчета полностью соответствует требованиям содержания работы;
- правильность расчета составляющих погрешностей и суммарной погрешности в соответствии с видом измерения и типовой методикой обработки результатов;
- представление результатов измерений соответствует требованиям типовых методик обработки результатов.

Правильное оформление отчета с 1 и 2 попытки соответствует оценке «отлично», с 3 и 4 – оценке «хорошо», с 5 – 7 – оценке «удовлетворительно», в остальных случаях – «неудовлетворительно».

Оценка собеседования по теоретической части выставляется в соответствии со следующими критериями:

Критерий оценивания	Оценка удовлетворительно	Оценка хорошо	Оценка отлично
Полнота ответа на вопросы	– один из вопросов раскрыт полностью, остальные вопросы раскрыты поверхностно; – один из вопросов раскрыт поверхностно, по остальным вопросам раскрыта основная суть	– один из вопросов раскрыт поверхностно, остальные вопросы раскрыты полностью; – по всем вопросам раскрыта основная суть, упущены незначительные детали	все вопросы раскрыты полностью,
Правильность ответов на вопросы билета	Ответы на вопросы не содержат существенных ошибок, есть ошибки в деталях, которые остаются непонятны студенту по результатам уточняющих вопросов	ответы на вопросы не содержат ошибок или ошибки исправлены по результатам уточняющих вопросов только частично	ответы на вопросы не содержат ошибок

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к экзамену

1. Основы метрологии. Разделы метрологии. Основные понятия и определения.
2. Определение измерения величины. Классификация видов измерений.
3. Определение метода измерений. Классификация методов измерений.
4. Определение средства измерений. Классификация средств измерений.
5. Понятие эталона величины. Функции эталонов. Общая классификация эталонов. Схема передачи размеров единиц величин.
6. Погрешности измерений. Определение и классификации погрешностей.
7. Систематические погрешности. Определение. Методы выявления систематических погрешностей. Методы снижения влияния неисключённых систематических погрешностей.
8. Случайные погрешности. Определение. Аналитическое представление и оценка доверительных границ случайных погрешностей. Основные законы распределения случайных погрешностей.
9. Погрешности средств измерений. Методы нормирования погрешностей средств измерений. Классы точности средств измерений.
10. Обработка результатов прямых многократных измерений. Порядок обработки результатов измерений согласно ГОСТ Р 8.736-2011.
11. Обработка результатов прямых однократных измерений. Оценка значения измеряемой величины. Расчёт доверительных границ и стандартных неопределённостей погрешностей согласно РМГ 50.2.038-2004.
12. Обработка результатов косвенных измерений. Оценка значения измеряемой величины. Расчёт доверительных границ погрешностей согласно МИ 2083-90.

13. Общие вопросы измерения напряжения и силы электрического тока. Виды измеряемых параметров постоянного и переменного тока. Коэффициенты амплитуды и формы.
14. Устройство и принцип действия электронных вольтметров постоянного и переменного тока. Разновидности преобразователей электрического тока.
15. Резонансный и гетеродинный методы измерения частоты. Устройство и принцип действия частотомеров. Оценка погрешности измерения частоты.
16. Измерение частоты и интервалов времени методом дискретного счёта. Устройство и принцип действия электронно-счётного частотомера. Оценка погрешности измерения частоты.
17. Классификация осциллографов. Универсальный аналоговый осциллограф. Область применения. Устройство и принцип действия.
18. Классификация осциллографов. Стробоскопический осциллограф. Область применения. Устройство и принцип действия.
19. Классификация осциллографов. Универсальный цифровой осциллограф. Устройство и принцип действия.
20. Основные метрологические характеристики аналоговых и цифровых осциллографов.
21. Классификация анализаторов спектра. Аналоговые анализаторы спектра фильтрующего типа параллельного и последовательного принципа действия. Устройство и принцип действия.
22. Классификация анализаторов спектра. Цифровые вычислительные анализаторы спектра. Математический аппарат вычислительных анализаторов спектра. Устройство и принцип действия.
23. Основные метрологические характеристики аналоговых и цифровых анализаторов спектра.
24. Измерение фазового сдвига (разности фаз) осциллографическим и компенсационным методами. Оценка погрешности измерения фазового сдвига.
25. Измерение фазового сдвига (разности фаз) методами преобразования фазового сдвига в импульсы тока и дискретного счёта. Устройство и принцип действия измерителя разности фаз.
26. Методы измерения поглощённой мощности СВЧ сигналов. Устройство и принцип действия измерителей поглощённой мощности.
27. Методы измерения проходящей мощности СВЧ сигналов. Устройство и принцип действия измерителей проходящей мощности.
28. Измерение параметров электрических цепей (сопротивление, ёмкость, индуктивность) методом вольтметра-амперметра. Устройство и принцип действия. Оценка систематических погрешностей метода.
29. Измерение параметров электрических цепей (сопротивление, ёмкость, индуктивность) мостовым методом. Устройство и принцип действия неуравновешенного и уравновешенного моста.
30. Измерение параметров электрических цепей (сопротивление, ёмкость, индуктивность, добротность) резонансным методом. Устройство и принцип действия измерителя добротности.
31. Измерение параметров электрических цепей (сопротивление, ёмкость, индуктивность) цифровой метод. Устройство и принцип действия. Оценка погрешности измерения параметров цифровым методом.
32. Измерение напряжённости электромагнитных полей методом эталонной антенны и эталонного поля. Устройство и принцип действия измерителей.
33. Автоматизация электрорадиоизмерений. Задачи автоматизации. Методы автоматизации.

34. Автоматизация электрорадиоизмерений. Основные архитектуры построения автоматизированных средств измерений
35. Стандартизация. Основные понятия и определения. Цели и задачи стандартизации. Виды и методы стандартизации.
36. Сертификация. Виды и методы сертификации.

Правила выставления оценки на экзамене.

Оценка за экзамен формируется из результатов текущей аттестации и оценивания ответов на вопросы экзаменационного билета. Результирующая оценка вычисляется в виде взвешенной суммы оценок. Вес оценок текущей аттестации и ответа на экзаменационный билет имеет следующие значения:

- оценка тестов текущего контроля – 0,1;
- оценка выполнения домашней контрольной работы – 0,15;
- оценка выполнения лабораторных работ – 0,15;
- оценка ответа на экзаменационный билет – 0,6.

В экзаменационный билет включаются два теоретических вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.

По итогам ответа на экзаменационный билет выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Оценивание ответа на вопросы экзаменационного билета проводится по следующим критериям:

Критерий оценивания	Оценка удовлетворительно	Оценка хорошо	Оценка отлично
Полнота ответа на вопросы билета	– один из вопросов раскрыт полностью, второй вопрос не раскрыт – по обоим вопросам раскрыта основная суть без изложения деталей	– один из вопросов раскрыт полностью, по второму вопросу раскрыта основная суть без деталей. – по обоим вопросам раскрыта основная суть, упущены незначительные детали	Оба вопроса раскрыты полностью,
Правильность ответов на вопросы билета	Ответы на вопросы не содержат существенных ошибок, есть ошибки в деталях, которые остаются непонятны студенту по результатам уточняющих вопросов	ответы на вопросы не содержат ошибок или ошибки исправлены по результатам уточняющих вопросов только частично	ответы на вопросы не содержат ошибок или небольшое количество ошибок исправлены по результатам уточняющих вопросов

Критерий оценивания	Оценка удовлетворительно	Оценка хорошо	Оценка отлично
Ответы на дополнительные вопросы (является альтернативой исправлению ошибок в ответе на основные вопросы)	Вопрос понят правильно, дан ответ, раскрывающий суть вопроса, не содержащий существенных ошибок.	Вопрос понят правильно, дан ответ, правильно раскрывающий суть заданного вопроса, но упущены некоторые существенные детали	Вопрос понят правильно, дан полный верный ответ, соответствующий вопросу

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» являются лекции. На лекциях излагаются ключевые аспекты изучаемых вопросов дисциплины, однако объем лекций не позволяет в полной мере изложить в полном объеме. Поэтому обучающимся необходимо в рамках самостоятельной работы повторно разобрать материал лекций с использованием учебной литературы. Самостоятельное повторение материала, рассмотренного на лекции, является необходимым условием для успешного выполнения тестов текущего контроля. Выполнение тестов производится в УЭК «Метрология, стандартизация и сертификация» в LMS «Moodle». Доступ к тестам открывается преподавателем после изучения соответствующих тем дисциплины.

Домашняя контрольная работа ориентирована на освоение обучающимися методики обработки результатов прямых многократных измерений. При выполнении контрольной работы следует строго следовать методике по ГОСТ Р 8.736-2011, остальные учебные материалы следует рассматривать как вспомогательные. Выполнение домашней контрольной работы предполагает выполнение большого объема математических вычислений, поэтому рекомендуется использовать средства вычислительной техники и программное обеспечение для обработки массивов данных (Microsoft Office Excel, Libre Office Calc, Mathworks Matlab, GNU Octave, Wolfram Matematika или другое). Решение контрольной работы должно отражать все этапы обработки (оцениваемые промежуточные этапы решения перечислены в соответствующем разделе фонда оценочных средств, приложение 1 к РПД по дисциплине).

Лабораторные работы проводятся в очном формате, для их успешного выполнения следует регулярно посещать занятия. При обработке результатов измерений по лабораторным работам следует руководствоваться типовыми методиками согласно РМГ 50.2.038-2004 и МИ 2083-90. Отчёт о лабораторной работе должен содержать описание всех промежуточных вычислений, чтобы имелась возможность оценить правильность обработки измерений. Форма представления результатов должна соответствовать указанным типовым методикам. Оформление элементов отчёта по лабораторной работе должно соответствовать требованиям ГОС 7.32-2001 «Отчёт о НИР. Структура и правила оформления» (в части структурного деления, оформления текста, таблиц, рисунков и формул). Из структурных элементов отчёт по лабораторной работе должен содержать введение (в котором указываются цель работы, учебные задачи измерений, используемое оборудование и принадлежности) и заключение (в котором приводится анализ выполнения учебных задач, соответствие результатов измерений с теоретическими представлениями).

В конце изучения дисциплины, обучающиеся сдают экзамен. При формировании экзаменационной оценки учитываются результаты текущего контроля (тесты, домашняя контрольная работа, лабораторные работы), поэтому необходимо регулярно работать с течение семестра. Также в экзаменационную оценку входит оценка ответа на экзаменационный билет, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, в это время предусмотрена групповая консультация.