

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
качеству образования – первый  
проректор  
Хагуров .А.  
подпись  
«25» мая 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.В.01 МЕТРОЛОГИЯ И РАДИОИЗМЕРЕНИЯ**

Направление подготовки 11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль) Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

Краснодар 2022

Рабочая программа дисциплины «Метрология и радиоизмерения» составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника.

Программу составил:

Теуцкая Е.Е., доцент кафедры  
радиофизики и нанотехнологий ФТФ КубГУ,  
канд. хим. наук



подпись

Рабочая программа дисциплины «Физика полупроводников и электроника» утверждена на заседании кафедры (разработчика) радиофизики и нанотехнологий

протокол № 8 27 июня 2022 г.

И.о. зав. кафедрой (разработчика) Галуцкий В.В. \_\_\_\_\_

подпись

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) радиофизики и нанотехнологий

протокол № 8 27 июня 2022 г.

И.о. зав. кафедрой (выпускающей) Галуцкий В.В. \_\_\_\_\_

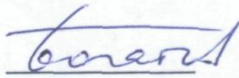
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 13

15 апреля 2022 г.

Председатель УМК факультета Н.М. Богатов



подпись

Рецензенты:

Куликов О.Н., ведущий инженер по патентной и изобретательской работе в ООО «НК "Роснефть" – НТЦ», канд. физ.-мат. наук

Коротков К.С., профессор кафедры оптоэлектроники ФТФ КубГУ, д-р техн. наук

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель дисциплины**

**Целью** изучения дисциплины является достижение следующих результатов образования:

- формирование у студента комплекса устойчивых знаний, умений и навыков, необходимых и достаточных для достижения эффективности профессиональной деятельности бакалавра при решении задач в области метрологии радиоизмерений;
- комплексное формирование профессиональных компетенций обучающихся, необходимых при выполнении курсовых, практических работ или дипломных работ, касающихся выполнения измерений и определения их погрешностей а также в последующей производственной деятельности в областях науки и техники, в которых используются измерения и средства измерений.

### **1.2 Задачи дисциплины**

Задачами освоения дисциплины «Метрология и радиоизмерения» являются:

- овладение учащимися методами получения, обработки и представления измерительной информации, оценивания точности и достоверности контрольно-измерительных процедур;
- овладение способностью использовать нормативную и правовую документацию, регламентирующую метрологические правила и нормы в сфере радиоизмерений (законы Российской Федерации, технические регламенты, международные и национальные стандарты и т.п.);
- овладение знаниями, умениями и навыками, обеспечивающими готовность организовывать метрологическое обеспечение производства;
- овладение навыками работы с базовой измерительной аппаратурой, используемой в радиоизмерениях, правилами и методами настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 «Метрология и радиоизмерения» для бакалавриата по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника» профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» является дисциплиной по выбору и относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» Б1 учебного плана.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с дисциплинами базовой части модуля Б1 «Математический анализ», «Физика», «Теория вероятности и математическая статистика», «Основы теории цепей». Для освоения данной дисциплины необходимо владеть методами математического анализа, физики, теории вероятностей, теории цепей; знать основные физические законы; уметь применять математические методы и физические принципы для решения практических задач.

В результате изучения дисциплины студенты должны получить знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и обеспечивающие базовую подготовку для усвоения дисциплин базовой и вариативной частей модуля Б1 «Радиотехнические цепи и сигналы», «Радиотехнические системы», «Радиоавтоматика» и других, обеспечивая согласованность и преемственность с этими дисциплинами.

Программа дисциплины «Метрология и радиоизмерения» согласуется со всеми учебными программами дисциплин базовой Б1.Б и вариативной Б1.В частей модуля (дисциплин) Б1 учебного плана.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение учебной дисциплины «Метрология и радиоизмерения» направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций ПК-11; ПК-18.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-11	готовность организовывать метрологическое обеспечение производства	основные положения государственной системы обеспечения единства измерений; правовые основы, законодательную и нормативную базу в области технического регулирования, работ по метрологии; организацию метрологического обеспечения производства	определять совокупность требований к измерениям и средствам измерений при организации метрологического обеспечения производства	методами получения, обработки и представления измерительной информации; готовностью организовывать метрологическое обеспечение производства.
2.	ПК-18	способность владеть правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем	показатели точности, правильности, прецизионности методов и результатов измерений; правила и методы настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем	проводить обработку результатов измерений, определять основные показатели точности: правильности, прецизионности, достоверности полученного результата; проводить настройку и регулировку узлов радиотехнических устройств и систем	методами оценивания точности, правильности, прецизионности и достоверности контрольно-измерительных процедур; правилами и методами монтажа, настройки и регулировки узлов радиотехнических устройств и систем.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач. ед. (216 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице для студентов ОФО.

Вид учебной работы		Всего часов	5 семестр
<b>Контактная работа:</b>		114,3	114,3
В том числе:			
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		108	108
Занятия лекционного типа		36	36
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		36	36
Лабораторные занятия		36	36
<b>Иная контактная работа:</b>			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		6	6
Промежуточная аттестация (ИКР) в форме экзамена		0,3	0,3
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		66	66
В том числе:			
Проработка учебного (теоретического) материала		20	20
Расчетно-графические задания		20	20
Реферат		-	-
Подготовка к текущему контролю		26	26
<b>Контроль:</b>			
Подготовка к экзамену		35,7	35,7
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b>		<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>114</b>	<b>114</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре для студентов ОФО.

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР (ИКР)	Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР		
1.	Измерение. Методы и средства измерений.	29	4	4	8	1	12
2.	Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.	62	16	8	16	2	20
3.	Единство измерений. Правовые основы обеспечения единства измерений.	21	4	4	-	1	12
4.	Измерения и средства измерений радиотехнических величин.	68	12	20	12	2	22
	<i>Итого по дисциплине:</i>	180	36	36	36	6	66
	<i>Подготовка к экзамену</i>						35,7
	<i>Промежуточная аттестация (ИКР)</i>					0,3	
	<i>Всего по дисциплине:</i>	216	36	36	36	6,3	101,7

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Измерение. Методы и средства измерений.	Измерение. Принципы измерений. Методы измерений. Методики выполнения измерений (МВИ). Основное уравнение измерений.	КВ
2.	Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.	Погрешность измерений. Классификация погрешностей измерений по характеру проявления: случайные, систематические. Случайные погрешности измерений. Вероятностное описание случайных погрешностей для дискретных и непрерывных величин.	КВ
3.	Единство измерений. Правовые основы обеспечения единства измерений.	Единство измерений. Обеспечение единства измерений. Научно-методические, правовые и технические основы обеспечения единства измерений. Закон РФ 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений». Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений в соответствии с 102-ФЗ. Функции Федерального управления по техническому регулированию и метрологии в системе обеспечения единства измерений. Основные задачи и функции Государственной метрологической службы. Формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений, сертификат об утверждении типа средств измерений. Государственный реестр средств измерений. Поверка и калибровка средств измерений. Виды поверок средств измерений. Поверочные схемы. Способы поверки средств измерений. Метрологическая экспертиза. Государственный метрологический надзор. Аттестация методик измерений. Методики поверки для средств измерений в области электротехнических и радиотехнических величин.	КВ

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
4.	Метрологические характеристики и погрешности средств измерений и измерений радиотехнических величин.	Калибраторы напряжения и силы тока. Вольтметры. Детекторы амплитудного, среднего квадратического и средневывпрямленного значения. Электронные омметры. Электронные ваттметры и счетчики электрической энергии. Измерительные генераторы, их назначение и классификация. Измерительный генератор гармонических колебаний. LC и RC генераторы. Измерительный генератор с кварцевой стабилизацией частоты. Измерительный генератор линейно-изменяющегося напряжения. Цифровые измерительные генераторы НЧ. Резонансный метод измерения частоты. Гетеродинный метод измерения частоты. Цифровой метод измерения частоты. Цифровой метод измерения периода и интервалов времени. Цифровой метод измерения фазового сдвига.	

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы.



### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Измерение. Методы и средства измерений.	<p>Классификация измерений. Прямые, косвенные, совокупные, совместные измерения. Равноточные и неравноточные измерения. Однократные и многократные, статические и динамические, абсолютные и относительные, технические и метрологические измерения. Измерения параметров радиоэлектронных систем и процессов.</p> <p>Классификация методов измерений. Методы непосредственной оценки (предварительной градуировки). Методы сравнения: дифференциальный (нулевой), метод совпадений, метод замещения, метод дополнения. Уникальные методы измерений.</p> <p>Методы измерений. Средства измерений.</p> <p>Классификация средств измерений по роли в процессе измерений и выполняемым функциям: меры, стандартные образцы, средства сравнения, измерительные преобразователи, приборы, установки, системы.</p> <p>Классификация средств измерений по отношению к измеряемой величине, по уровню стандартизации. Классы точности средств измерений. Формы представления погрешностей средств измерений в зависимости от класса точности. Определение погрешности измерений по классу точности средства измерений. Средства измерений электротехнических и радиотехнических величин. Особенности измерений электротехнических и радиотехнических величин.</p>	КВ, РГЗ
2.	Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.	<p>Классификация погрешностей по зависимости абсолютной погрешности от значения измеряемой величины. Классификация погрешностей по способу выражения: абсолютные, относительные, приведенные.</p> <p>Классификация погрешностей в зависимости от места возникновения: инструментальные, методические, субъективные.</p> <p>Функции преобразования и метрологические характеристики средства измерений.</p> <p>Погрешности измерений электротехнических и радиотехнических величин.</p>	КВ, РГЗ

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
3.	Единство измерений. Правовые основы обеспечения единства измерений.	Классификация средств измерений по роли в процессе обеспечения единства измерений. Эталоны единиц физических величин. Стандартные образцы. Свойства эталонов. Классификация эталонов. Метрологические характеристики средств измерений. Классы точности средств измерений.	КВ, РГЗ
4.	Метрологические характеристики и погрешности средств измерений и измерений радиотехнических величин.	Параметрические ряды и точность радиокомпонентов. Меры сопротивления, индуктивности, емкости. Меры напряжения на кадмиевых насыщенных и ненасыщенных нормальных элементах. Меры напряжения на полупроводниковых стабилитронах. Масштабные измерительные токовые шунты и делители напряжения. Масштабные измерительные трансформаторы переменного тока и напряжения.	КВ, РГЗ

Примечание: КВ – ответы на контрольные вопросы, РГЗ – выполнение расчетно-графических заданий.

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	<p style="text-align: center;"><b>ОЦЕНКА ЧИСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТА</b></p> <p>Дифференциальное и интегральное представление функций распределения случайных погрешностей измерений. Основные характеристики дискретных и непрерывных функций распределения случайных погрешностей измерений: математическое ожидание, медиана, мода и их точечные оценки. Начальные и центральные моменты распределений. Оценка числовых характеристик случайных погрешностей на основе эксперимента: определение значения аддитивной и мультипликативной погрешности, определение диапазона случайной погрешности. Расчет точечных оценок математического ожидания, систематической погрешности, СКО случайной погрешности.</p>	КВ / РГЗ / Т
2.	<p style="text-align: center;"><b>ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ПОГРЕШНОСТИ</b></p> <p>Изучение законов распределения случайной погрешности: закона равномерной плотности, треугольного закона (закона Симпсона), нормального закона. Практическое изучение нормального закона распределения случайных погрешностей. Определение доверительного интервала и доверительной вероятности по результатам многократных измерений при нормальном законе распределения случайных погрешностей.</p>	КВ / РГЗ / Т
3.	<p style="text-align: center;"><b>ПРАКТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО АРИФМЕТИЧЕСКОГО СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ</b></p> <p>Практическое изучение законов распределения среднего арифметического случайных погрешностей в зависимости от вида распределения погрешности и числа усредняемых погрешностей. Оценка результатов измерений при малом числе наблюдений.</p>	КВ / РГЗ / Т

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
4.	<p style="text-align: center;"><b>СПОСОБЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ</b></p> <p>Классификация систематических погрешностей, способы их устранения. Классификация погрешностей по зависимости абсолютной погрешности от размера измеряемой величины: аддитивные, мультипликативные, нелинейные. Классификация погрешностей в зависимости от условий проведения измерений: основные и дополнительные. Способы обнаружения и методы устранения систематических погрешностей. Основные погрешности АЦП: погрешность квантования, дифференциальная и интегральная нелинейность, аддитивная и мультипликативная погрешности. Практическое определение и устранение аддитивной и мультипликативной погрешностей измерения и учет погрешности квантования.</p>	КВ / РГЗ / Т
5.	<p style="text-align: center;"><b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ</b></p> <p>Практическое изучение суперпозиционного распределения, возникающего при суммировании погрешностей, распределенных по разным законам. Определение и представление результата измерений, содержащего неисключенную систематическую погрешность средства измерений. Использование значений точности в практике.</p>	КВ / РГЗ / Т
6.	<p style="text-align: center;"><b>МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОГРЕШНОСТИ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ.</b></p> <p>Измерение напряжения. Мгновенное, амплитудное, среднеквадратическое, среднее и средневыпрямленное напряжения. Коэффициенты формы и амплитуды. Погрешности аналоговых и цифровых вольтметров. Погрешности аналоговых и цифровых амперметров.</p>	КВ / РГЗ / Т
7.	<p style="text-align: center;"><b>МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОГРЕШНОСТИ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ.</b></p> <p>Электронный осциллограф. Блок-схема электронного осциллографа. Принцип построения осциллограмм. Осциллографические методы измерения частоты и фазового сдвига. Погрешности электронно-лучевых и цифровых осциллографов.</p>	КВ / РГЗ / Т

Примечание: РГЗ – расчетно-графическое задание, КВ – ответы на контрольные вопросы, Т – тестирование

Лабораторные работы выполняется в компьютерном классе с использованием следующего программного обеспечения: Microsoft Office (Excel, Word), мультимедийное методическое пособие по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Метрология и радиоизмерения».

Мультимедийное методическое пособие по выполнению лабораторных работ по курсу «Метрология и радиоизмерения» предназначено для изучения теоретического ма-

териала курса, в том числе, в ходе самостоятельной работы, и построено на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории. Практикум содержит структурированный учебный материал в виде последовательности интерактивных кадров, содержащих не только текст, но и мультимедийные приложения.

Компьютерные модели средств и процессов измерений позволяют закрепить полученные в ходе изучения дисциплины «Метрология и радиоизмерения» знания и приобрести навыки их практического применения. Компьютерные модели используются не только для демонстрации трудно воспроизводимых в учебной обстановке явлений, но и для выяснения (в диалоговом режиме) влияния тех или иных параметров на изучаемые процессы и явления. Это позволяет использовать их в качестве имитаторов лабораторных установок, а также для отработки навыков управления моделируемыми процессами.

В результате выполнения лабораторных работ у студентов формируются и оцениваются все требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.01 «Радиотехника» (Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ПК-11; ПК-18.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов):

Согласно учебному плану курсовые работы (проекты) по данной дисциплине не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка учебного (теоретического) материала	<p>1. Сергеев, А. Г. Метрология : учебник и практикум для СПО / А. Г. Сергеев. — 3-е изд., пер. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 322 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04313-6. — Режим доступа : <a href="http://www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB">www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB</a>.</p> <p>2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Боридько [и др.] ; под ред. Тихонова Б.Н.. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 360 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/111021">https://e.lanbook.com/book/111021</a>. — Загл. с экрана.</p> <p>3. Данилин, А.А. Измерения в радиоэлектронике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Данилин, Н.С. Лавренко ; под ред. А. А. Данилина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 408 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/89927">https://e.lanbook.com/book/89927</a>. — Загл. с экрана.</p>

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
2.	Выполнение расчетно-графических заданий	<p>1. Сергеев, А. Г. Метрология : учебник и практикум для СПО / А. Г. Сергеев. — 3-е изд., пер. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 322 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04313-6. — Режим доступа : <a href="http://www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB">www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB</a>.</p> <p>2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Боридько [и др.] ; под ред. Тихонова Б.Н.. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 360 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/111021">https://e.lanbook.com/book/111021</a>. — Загл. с экрана.</p> <p>3. Данилин, А.А. Измерения в радиоэлектронике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Данилин, Н.С. Лавренко ; под ред. А. А. Данилина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 408 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/89927">https://e.lanbook.com/book/89927</a>. — Загл. с экрана.</p>
3.	Подготовка к текущему контролю	<p>1. Сергеев, А. Г. Метрология : учебник и практикум для СПО / А. Г. Сергеев. — 3-е изд., пер. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 322 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04313-6. — Режим доступа : <a href="http://www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB">www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB</a>.</p> <p>2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Боридько [и др.] ; под ред. Тихонова Б.Н.. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 360 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/111021">https://e.lanbook.com/book/111021</a>. — Загл. с экрана.</p> <p>3. Данилин, А.А. Измерения в радиоэлектронике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Данилин, Н.С. Лавренко ; под ред. А. А. Данилина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 408 с. — Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/89927">https://e.lanbook.com/book/89927</a>. — Загл. с экрана.</p>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### 3. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины используются следующие методы:

- лекции;
- проведение практических занятий;
- проведение лабораторных занятий;
- опрос;
- индивидуальные практические задания;
- расчетно-графические задания;
- тестирование;
- публичная защита лабораторных работ;
- консультации преподавателей;
- самостоятельная работа студентов (изучение теоретического материала, подготовка к лабораторным занятиям, выполнение индивидуальных заданий, подготовка к опросу, тестированию и зачету).

Для проведения всех лекционных и практических (семинарских) занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемого материала, играющие важную роль в понимании и восприятии, а также формировании профессиональных компетенций. Интерактивные аудиторные занятия с использованием мультимедийных систем позволяют активно и эффективно вовлекать учащихся в учебный процесс и осуществлять обратную связь, обсуждать сложные и дискуссионные вопросы и проблемы.

По изучаемой дисциплине студентам предоставляется возможность открыто пользоваться (в том числе копировать на личные носители информации) подготовленными ведущим данную дисциплину преподавателем материалами в виде электронного комплекса сопровождения, включающего в себя:

- электронные конспекты лекций;
- электронные планы практических (семинарских) занятий;
- электронные варианты учебно-методических пособий для выполнения лабораторных заданий;
- списки контрольных вопросов к каждой теме изучаемого курса;
- разнообразную дополнительную литературу, относящуюся к изучаемой дисциплине в электронном виде (в различных текстовых форматах \*.doc, \*.rtf, \*.htm, \*.txt, \*.pdf, \*.djvu и графических форматах \*.jpg, \*.png, \*.gif, \*.tif).

Сопровождение самостоятельной работы студентов также организовано в следующих формах:

- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средствам изучения рекомендуемой литературы и осуществляемое путем выполнения расчетно-графических заданий;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

Основные образовательные технологии, используемые в учебном процессе:

- интерактивная лекция с мультимедийной системой с активным вовлечением студентов в учебный процесс и обратной связью;
- лекции с проблемным изложением;
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем и разрешение проблем;
- компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель – студент», «студент – преподаватель», «студент – студент»;

– технологии смешанного обучения: дистанционные задания и упражнения, составление глоссариев терминов и определений, групповые методы Wiki, интернет-тестирование.

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях:

- лекции с проблемным изложением и использованием средств мультимедиа;
- изучение и закрепление нового материала (интерактивная лекция, работа с наглядными пособиями, видео- и аудиоматериалами);
- обсуждение сложных и дискуссионных вопросов и проблем, дебаты, симпозиум;
- использование средств мультимедиа (компьютерные классы) при выполнении лабораторных работ;
- компьютерные модели средств и процессов измерений, позволяющие закрепить полученные в ходе изучения по дисциплины «Метрология и радиоизмерения» знания и приобрести навыки их практического применения;
- компьютерная тестирующая система на базе Atest10, позволяющая проводить оперативный и объективный контроль знаний учащихся.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

##### **Контрольные вопросы по учебной программе**

В процессе подготовки к ответам на контрольные вопросы формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.01 Радиотехника (Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ПК-11; ПК-18.

Ниже приводятся примеры контрольных вопросов для раздела 1 рабочей программы. Полный комплект контрольных вопросов для всех разделов рабочей программы приводится в ФОС дисциплины Б1.В.ДВ.01.01 «Метрология и радиоизмерения».

##### **Раздел 1.**

1. Какие погрешности измерений различают в зависимости от характера их проявления?
2. Какие погрешности измерений различают в зависимости от возможностей их устранения?
3. Какую составляющую погрешности измерений называют систематической? Как её минимизировать или устранить?
4. Какую составляющую погрешности измерений называют случайной? Как её минимизировать или устранить?
5. Какие виды функции распределения используют в теории измерений для описания погрешности измерений? Чем они отличаются?
6. Чему соответствует максимум дифференциальной функции распределения для результата измерения?
7. Чему соответствует максимум дифференциальной функции распределения для случайной погрешности?
8. Чем отличаются функция распределения результатов измерения и функция распределения случайных погрешностей этого же измерения?
9. Какова вероятность попадания результата измерения  $A$  или случайной погрешности в интервал  $(x_1, x_2)$  для дифференциального представления функции распределения?



10. Какова вероятность попадания результата измерения  $A$  или случайной погрешности в интервал  $(x_1, x_2)$  для интегрального представления функции распределения?
11. Отобразите графически вероятность попадания случайной погрешности в интервал  $(x_1, x_2)$  для интегрального представления функции распределения.
12. Является ли математическое ожидание результатов измерений случайной величиной? Дайте обоснование ответа.
13. Посредством каких характеристик оценивают степень рассеивания возможных значений погрешности около среднего значения?
14. Какая характеристика более удобна для оценки степени рассеивания возможных значений погрешности около среднего значения? Почему?
15. Как связаны между собой дисперсия распределения результатов измерения и дисперсия распределения случайных погрешностей измерения?
16. Какие точечные оценки результатов измерений называются несмещенными? Проиллюстрируйте ответ графически.
17. Какие точечные оценки результатов измерений называются эффективными? Проиллюстрируйте ответ графически.
18. Как определяется точечная оценка математического ожидания результата измерений? Как она связана с истинным значением измеряемой величины?
19. Является ли точечная оценка математического ожидания результата измерений случайной величиной? Почему?
20. Является ли точечная оценка дисперсии случайной величиной? Почему?

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

##### **4.2.1 Вопросы, выносимые на зачет по дисциплине Б1.В.ДВ.01.01 «Метрология и радиоизмерения» для направления подготовки: 11.03.01 «Радиотехника» (Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов)**

В процессе подготовки и сдачи зачета формируются и оцениваются требуемые ФГОС и ООП для направления 11.03.01 «Радиотехника» (Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов) компетенции: ПК-11; ПК-18.

1. Предмет метрологии. Составные части метрологии.
2. Физические величины и их единицы.
3. Система физических величин. Исторический обзор систем физических величин.
4. Международная система физических величин СИ. Основные единицы СИ.
5. Образование производных единиц. Производные единицы СИ.
6. Относительные и логарифмические единицы СИ.
7. Правила образования наименований и обозначений десятичных дольных и кратных единиц СИ.
8. Правила написания обозначений единиц физических величин.
9. Правила округления и представления результатов измерений.
10. Измерительное преобразование. Классификация физических величин по способу измерительного преобразования.
11. Шкалы физических величин.
12. Измерение. Основное уравнение измерений.
13. Классификация измерений.
14. Классификация методов измерений.
15. Классификация средств измерений по роли в процессе измерений и выполняемым функциям.
16. Классификация средств измерений по отношению к измеряемой величине, по уровню стандартизации и автоматизации.

17. Классификация средств измерений по роли в процессе обеспечения единства измерений.
18. Классификация эталонов.
19. Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений в соответствии с 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений».
20. Формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений.
21. Утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений.
22. Поверка средств измерений. Способы поверки средств измерений.
23. Погрешность измерений, правильность, прецизионность, точность измерений.
24. Классификация погрешностей измерений по характеру проявления в результатах измерений.
25. Случайные погрешности измерений. Вероятностное описание случайных погрешностей для дискретных и непрерывных величин.
26. Интегральный и дифференциальный вид функции распределения результатов измерений.
27. Основные характеристики распределений результатов измерений: мода, медиана, математическое ожидание.
28. Начальные и центральные моменты распределений результатов измерений.
29. Точечные оценки распределений результатов измерений.
30. Идентификация закона распределения случайной составляющей погрешности измерений.
31. Равномерное распределение погрешностей измерений.
32. Треугольное распределение погрешностей измерений.
33. Нормальное распределение погрешностей измерений (распределение Гаусса).
34. Оценка результатов измерений при малом числе измерений. Распределение Стьюдента.
35. Систематические погрешности измерений, их классификация.
36. Методы замещения, противопоставления и компенсации по знаку для обнаружения и устранения систематических погрешностей измерений.
37. Методы рандомизации, анализа знаков, симметричных наблюдений для обнаружения и устранения систематических погрешностей измерений.
38. Способы представления результатов измерений.
39. Определение доверительных границ результата измерений с учетом неисключенной систематической погрешности средства измерений.
40. Классификация погрешностей измерений по месту возникновения.
41. Инструментальная погрешность измерений. Функция преобразования средства измерений.
42. Классификация погрешностей по способу выражения.
43. Классификация погрешностей по зависимости абсолютной погрешности от значения измеряемой величины.
44. Классификация погрешностей в зависимости от характера изменения измеряемой величины.
45. Классификация погрешностей в зависимости от влияния внешних условий.
46. Метрологические характеристики средств измерений.
47. Классы точности средств измерений.
48. Аналого-цифровое преобразование. Разрядность АЦП, разрешение по напряжению. Идеальная передаточная характеристика АЦП.
49. Основные погрешности аналого-цифрового преобразования.
50. Измерение напряжений и токов. Мгновенное, амплитудное, среднеквадратичное, среднее и средневыпрямленное напряжение. Коэффициенты формы и амплитуды.
51. Измерение сопротивлений методом вольтметра-амперметра.
52. Электронный осциллограф. Блок-схема электронного осциллографа.

53. Принцип построения осциллограмм.
54. Осциллографические методы измерения напряжения, частоты и фазового сдвига.
55. Параметрические ряды и точность радиокомпонентов.
56. Меры сопротивления, индуктивности, емкости.
57. Меры напряжения на кадмиевых насыщенных и ненасыщенных нормальных элементах.
58. Меры напряжения на полупроводниковых стабилитронах.
59. Калибраторы напряжения и силы тока.
60. Масштабные измерительные токовые шунты.
61. Электромеханические и аналоговые вольтметры.
62. Цифровые вольтметры.
63. Масштабные измерительные делители напряжения.
64. Масштабные измерительные трансформаторы переменного тока и напряжения.
65. Электронные омметры.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература:**

1. Сергеев, А. Г. Метрология : учебник и практикум для СПО / А. Г. Сергеев. — 3-е изд., пер. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 322 с. — (Серия : Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-04313-6. — Режим доступа : [www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB](http://www.biblio-online.ru/book/CF1CBCEB-256E-41D5-869D-5154C6E2EFAB).

2. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Боридько [и др.] ; под ред. Тихонова Б.Н.. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111021>. — Загл. с экрана.

3. Данилин, А.А. Измерения в радиоэлектронике [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Данилин, Н.С. Лавренко ; под ред. А. А. Данилина. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/89927>. — Загл. с экрана.

### **5.2 Дополнительная литература:**

1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Текст] : учебник для студентов вузов / [В. И. Нефедов и др.] ; под ред. В. И. Нефедова. - М. : Высшая школа, 2001. - 383 с.

2. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учебник для студентов вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. - М. : Юрайт : [ИД Юрайт], 2011. - 820 с.

3. Радкевич Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учебник для бакалавров / Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе . - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2013. - 813 с.

4. Боридько, С.И. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.И. Боридько, Н.В. Дементьев, Б.Н. Тихонов, И.А. Ходжаев ; под ред. Тихонова Б.Н.. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111021>. — Загл. с экрана.

5. Дворяшин Б.В. Метрология и радиоизмерения [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / Б. В. Дворяшин. - М. : Академия, 2005. - 297 с.

### **5.3. Периодические издания:**

1. Журнал «Законодательная и прикладная метрология».

2. Журнал «Стандарты и качество».

3. Реферативный журнал ВИНТИ.

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://www.gost.ru> – официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии;

2. <http://www.ria-stk.ru> – сайт издательства «Стандарты и качество»

3. <http://www.ni.com/labview> - Сайт компании National Instruments «LabView»

4. <http://window.edu.ru/window> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

На самостоятельную работу студентов, согласно требованиям ФГОС ВО по направлению 11.03.01 Радиотехника (Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов), отводится около 30,5 % времени (66 час. СРС) от общей трудоемкости дисциплины (216 час.). Самостоятельная работа студентов при освоении дисциплины «Метрология и радиоизмерения» является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний.

Самостоятельная работа осуществляется в формах:

– проработка учебного (теоретического) материала - 20 часов;

– выполнение индивидуальных расчетно-графических заданий - 20 часов;

– подготовка к текущему контролю - 26 часов.

Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя протекает в форме делового взаимодействия: студент получает непосредственные указания, рекомендации преподавателя об организации самостоятельной деятельности, а преподаватель вы-

полняет функцию управления через учет, контроль и коррекцию ошибочных действий в процессах проведения коллоквиума по лекционному курсу или проверки расчетно-графического на практических занятиях. В процессе выполнения расчетно-графических заданий к лабораторным работам студент должен выбирать способы решения поставленных задач, выполнять операции контроля правильности решения поставленной задачи, совершенствовать навыки реализации теоретических знаний. Оперативный контроль качества самостоятельной работы и успеваемости студента осуществляется с помощью автоматизированных тестов к лабораторным работам.

Сопровождение самостоятельной работы студентов может быть организовано в следующих формах:

- составлением индивидуальных планов самостоятельной работы каждого из студентов с указанием темы и видов занятий, форм и сроков представления результатов;
- проведением консультаций (индивидуальных или групповых), в том числе с применением дистанционной среды обучения.

Критерий оценки эффективности самостоятельной работы студентов формируется в ходе промежуточного контроля процесса выполнения заданий и осуществляется на основе различных способов взаимодействия в открытой информационной среде. Контроль осуществляется посредством тестирования студентов по окончании изучения тем учебной дисциплины и устного опроса. Оперативный контроль качества самостоятельной работы и успеваемости студента осуществляется с помощью автоматизированных тестов к лабораторным работам.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине Б1.В.ДВ.01.01 «Метрология и радиоизмерения» для бакалавриата по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника» профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» используются интегрированные технологии организации учебного процесса, т.е. различные сочетания аудиторных и дистанционных занятий. Лекторы и преподаватели, ведущие практические и семинарские занятия, до начала семестра составляют и размещают на сервере график учебного процесса, где детально описывают порядок изучения дисциплины в данном семестре. Основной фактический материал, заранее подготовленный лектором и снабженный необходимым количеством иллюстраций и интерактивных элементов, размещается на сервере вместе с методическими рекомендациями по его самостоятельному изучению.

При осуществлении образовательного процесса используются следующее программное обеспечение: Microsoft Office (Access, Excel, Word), мультимедийное методическое пособие по выполнению лабораторных работ по курсу «Метрология и радиоизмерения», компьютерные модели средств и процессов измерений, электронные ресурсы сайта КубГУ и система тестирования.

Мультимедийное методическое пособие по выполнению лабораторных работ по курсу «Метрология и радиоизмерения» предназначено для изучения теоретического материала курса, в том числе, в ходе самостоятельной работы, и построено на гипертекстовой основе, позволяющей работать по индивидуальной образовательной траектории. Практикум содержит структурированный учебный материал в виде

последовательности интерактивных кадров, содержащих не только текст, но и мультимедийные приложения.

Компьютерные модели средств и процессов измерений позволяют закрепить знания и получить навыки их практического применения. Компьютерные модели используются не только для демонстрации трудно воспроизводимых в учебной обстановке явлений, но и для выяснения (в диалоговом режиме) влияния тех или иных параметров на изучаемые процессы и явления. Это позволяет использовать их в качестве имитаторов лабораторных установок, а также для отработки навыков управления моделируемыми процессами.

Компьютерная тестирующая система на базе Atest10 представляет собой универсальную программную оболочку, наполнение которой возлагается на преподавателя.

### **8.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого и безопасного доступа в Интернет.
4. Программное обеспечение для безопасной работы на компьютере – файловый антивирус, почтовый антивирус, веб-антивирус и сетевой экран.

### **8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

1. Электронная библиотека ЮРАЙТ: [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
2. Электронно-библиотечная система ЛАНЬ: <https://e.lanbook.com>

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Успешная реализация преподавания дисциплины «Метрология и радиоизмерения» предполагает наличие минимально необходимого для реализации программы подготовки бакалавров перечня материально-технического обеспечения:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроекторным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет);
- компьютерные классы для проведения практических занятий;
- дисплейный класс с персональными компьютерами для проведения лабораторных групповых занятий;
- описания лабораторных работ по дисциплине «Метрология и радиоизмерения» с учебно-методическими указаниями к их выполнению;
- программы контроля знаний студентов;
- наличие необходимого лицензионного программного обеспечения.

При использовании электронных изданий вуз должен обеспечить каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория 206С, оборудованная видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном
2.	Семинарские занятия	Компьютерный класс ауд. 133С для проведения практических и лабораторных работ с использованием мультимедийных технологий: баз знаний, компьютерных средств моделирования, тестовых программ.
3.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс ауд. 133С для проведения лабораторных работ с использованием мультимедийных технологий: баз знаний, компьютерных средств моделирования, тестовых программ. Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: «Лаборатории цифровой и аналоговой электроники» ауд. 327С с лабораторными стендами «Электронные приборы», производства СПбГУТ им. проф.М.А.Бонч-Бруевича.
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория 133С, оборудованная видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном.
5.	Самостоятельная работа	Компьютерный класс ауд. 207С, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.