



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**



УТВЕРЖДАЮ

Ю.Ю. Михальчевский

2021 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Метрология и измерение в радиоэлектронике

Специальность

**25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация
воздушного движения**

Специализация

«Организация радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов»

Квалификация выпускника
инженер

Форма обучения
заочная

Санкт-Петербург
2021

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Метрология и измерение в радиоэлектронике» являются:

- изучение основ теории и практики радиоизмерений, применяемых при радиотехническом обеспечении полетов воздушных судов в процессе технического обслуживания и ремонта бортового и наземного радиооборудования;

- систематизация знаний студентов по методам изучения сигналов и помех, применяемых при техническом обслуживании и ремонте наземного авиационного радиоэлектронного оборудования в радиотехническом обеспечении полетов воздушных судов;

- формирование у студентов систематических знаний по основам теории и практики радиоизмерений, а также по методам диагностики авиационного радиоэлектронного оборудования;

- привитие студентам навыков инженерного мышления, основанного на знании основных понятий и определений из предметной области выбранной специализации и понимании сущности процессов, происходящих в элементах авиационного радиоэлектронного оборудования.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов знаний и представлений о методах измерений параметров радиоэлектронных средств, измерительных средствах для их измерений;

- формирование умений по применению измерительных средств для контроля параметров;

- формирование навыков наблюдения, анализа формы и измерения параметров электрических сигналов.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к решению задач профессиональной деятельности эксплуатационно-технологического типа.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Метрология и измерение в радиоэлектронике» представляет собой дисциплину, относящуюся к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 Дисциплины (модули), относится к общеинженерным дисциплинам и требует от студентов знаний, умений и навыков по дисциплинам математического и естественнонаучного характера в объеме, определяемом соответствующими программами. Вопросы применения радиоэлектронных систем для целей навигации, посадки, связи и управления воздушным движением и конкретные типы этих систем изучаются в соответствующих специальных дисциплинах на последующих курсах.

Дисциплина «Метрология и измерение в радиоэлектронике» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Высшая математика», «Информатика», «Физика», «Электротехника и электроника».

Дисциплина «Метрология и измерение в радиоэлектронике» является обеспечивающей для дисциплин: «Техническая диагностика радиоэлектронных систем» и «Организация технической эксплуатации средств РТОП и связи».

Дисциплина «Метрология и измерение в радиоэлектронике» изучается в 3, 4 семестрах.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	Способен оценивать спектральные и временные характеристики сигналов и помех
ИД ¹ _{ПК1}	Определяет спектральные и временные характеристики сигналов и помех на основе аналитических методов расчета
ИД ² _{ПК1}	Проводит численное и имитационное моделирование спектральных и временных характеристик сигналов и помех
ИД ³ _{ПК1}	Применяет методы оценки спектральных и временных характеристик сигналов и помех на основе экспериментальных данных
ПК-2	Способен оценивать частотные и временные характеристики электротехнических и радиотехнических систем
ИД ¹ _{ПК2}	Определяет требуемые частотные и временные характеристики электротехнических и радиотехнических систем на основе аналитических методов расчета
ИД ² _{ПК2}	Проводит численное и имитационное моделирование частотных и временных характеристики электротехнических и радиотехнических систем
ИД ³ _{ПК2}	Применяет методы оценки частотных и временных характеристик электротехнических и радиотехнических систем на основе экспериментальных данных

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- типы сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики;
 - математические модели различных типов сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики;
- типы радиотехнических цепей;
- математические модели радиотехнических цепей;
 - принципы обработки сигналов в радиотехнических цепях на основе аналитических и численных решений;
- методы аналитического представления сигналов и помех.

Уметь:

- анализировать основные характеристики сигналов и радиотехнических цепей в профессиональной деятельности;
- рассчитывать влияние различных факторов на функционирование основных типов радиотехнических цепей;
- рассчитывать спектральные и временные характеристики сигналов и помех;
- рассчитывать частотные и временные характеристики радиотехнических цепей.

Владеть:

- навыками оценки спектральных и временных характеристик сигналов и помех;
- навыками оценки влияния различных факторов на функционирование основных типов радиотехнических цепей;
- современными методами компьютерного моделирования радиотехнических цепей и сигналов в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единицы, 252 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестры	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144
Контактная работа:	16,8	8,3	8,5
лекции,	4	2	2
практические занятия,	10	6	4
семинары,			
лабораторные работы,			
курсовая работа			
другие виды аудиторных занятий.			
Самостоятельная работа студента	225	96	129
Промежуточная аттестация:	13	4	9
контактная работа	2,8	0,3	2,5
самостоятельная работа по подготовке к (зачёту, экзамену)	10,2	3,7 Зачет	6,5 Экзамен

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы дисциплины	Количество часов	Компетенции		Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-1	ПК-2		
Тема 1. Основные понятия о метрологии: физические величины, средства и методы их измерения	14,05	*		ВК,Л, ПЗ,СРС	У
Тема 2. Погрешности измерений и средства измерений	15,05	*		Л, ЛВ, АКС, ПЗ,СРС	У, СЗ,РЗ
Тема 3. Обработка результатов измерений	15,2	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У
Тема 4. Классификация, наименования и обозначения радиоэлектронных измерительных приборов	14,2	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У
Тема 5. Измерительные сигналы	15,1	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У
Тема 6. Генераторы измерительных сигналов	15,2	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У
Тема 7. Наблюдение и анализ формы сигналов	15,2	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У, СЗ,РЗ
Итого за 3 семестр	104				
Тема 8. Измерение частотно-временных параметров и анализ спектра сигналов	26,3	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У
Тема 9. Измерение фазового сдвига сигналов	25,3	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У
Тема 10. Измерение электрической мощности	25,3	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У
Тема 11. Измерение параметров радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными постоянными	30,4	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У, СЗ,РЗ
Тема 12. Измерительные системы параметров радиотехнических устройств и систем	30,4	*	*	Л, ЛВ, ПЗ,СРС	У

Темы дисциплины	Количество часов	Компетенции		Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-1	ПК-2		
Тема 13. Информационно-измерительные системы	29,3	*	*	Л, ЛВ, ПЗ, СРС	У
Итого за 4 семестр	135				
Промежуточная аттестация	13				
Итого по дисциплине	252				

Сокращения: Л – лекция, ЛВ – лекция визуализация, ПЗ- практические занятия, АКС – анализ конкретной ситуации, СЗ – ситуационная задача, расчетная задача, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, У – устный опрос

5.2 Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КР	Всего часов
Семестр 3						
Тема 1. Основные понятия о метрологии: физические величины, средства и методы их измерения	0,25	0,8		13		14,05
Тема 2. Погрешности измерений и средства измерений	0,25	0,8		14		15,05
Тема 3. Обработка результатов измерений	0,3	0,9		14		15,2
Тема 4. Классификация, наименования и обозначения радиоэлектронных измерительных приборов	0,3	0,9		13		14,2
Тема 5. Измерительные сигналы	0,3	0,8		14		15,1
Тема 6. Генераторы измерительных сигналов	0,3	0,9		14		15,2
Тема 7. Наблюдение и анализ формы сигналов	0,3	0,9		14		15,2
Итого за 3 семестр	2	6		96		104

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КР	Всего часов
Семестр 4						
Тема 8. Измерение частотно-временных параметров и анализ спектра сигналов	0,3	4		22		26,3
Тема 9. Измерение фазового сдвига сигналов	0,3	4		21		25,3
Тема 10. Измерение электрической мощности	0,3	4		21		25,3
Тема 11. Измерение параметров радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными постоянными	0,4	8		22		30,4
Тема 12. Измерительные системы параметров радиотехнических устройств и систем	0,4	8		22		30,4
Тема 13. Информационно-измерительные системы	0,3	8		21		29,3
Итого за семестр 4	2	4		129		135
Промежуточная аттестация						13
Итого по дисциплине	4	10		225		252

Сокращения: Л – лекции, ПЗ – практические занятия, СРС – самостоятельная работа студента, С – семинар, ЛР – лабораторные работы, КР – курсовая работа.

5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Основные понятия о метрологии: физические величины, средства и методы их измерения

Виды, средства и методы измерений физических величин.

Тема 2. Погрешности измерений и средства измерений

Погрешности измерений и измерительных средств.

Применение компьютерных программ для инженерных расчетов и моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 3. Обработка результатов измерений

Оценка результатов и погрешностей измерений. Методы определения и исключения систематических погрешностей измерения. Пределы допускаемых погрешностей средств измерений и формы их выражения. Классы точности средств измерений.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 4. Классификация, наименования и обозначения радиоэлектронных измерительных приборов

Классификация, наименования и обозначения радиоэлектронных измерительных приборов

Тема 5. Измерительные сигналы

Общие сведения об измерениях. Требования, предъявляемые к измерениям в радиоэлектронике. Измерительные сигналы.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик случайных сигналов и помех с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 6. Генераторы измерительных сигналов

Общие сведения о генераторах гармонических колебаний. Генераторы низкой частоты. Принцип работы генераторов низкой частоты. ГНЧ на основе LC-генераторов. ГНЧ на основе RC-генераторов. Генератор, реализуемый на методе биений. Цифровые измерительные генераторы низкой частоты. Генераторы высоких частот и специальных сигналов. Генераторы высокой частоты. Генераторы сверхвысоких частот. Генераторы качающейся частоты и специальной формы. Генераторы шумовых сигналов. Генераторы шумоподобных сигналов. Применение генераторов измерительных сигналов при проведении измерений.

Тема 7. Наблюдение и анализ формы сигналов

Общие сведения об осциллографах. Принцип работы осциллографа.

Универсальный осциллограф. Стробоскопические и скоростные осциллографы. Запоминающие осциллографы. Цифровые осциллографы. Автоматизация процесса измерения. Принцип формирования изображения на экране осциллографа. Методы наблюдения, анализа, измерения и исследования формы сигналов. Измерение амплитуды, временных параметров сигнала и сдвига фаз двух сигналов. Осциллографирование импульсных сигналов. Применение осциллографа при наблюдении и анализе формы сигналов.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик линейных радиотехнических цепей сигналов с использованием современных методов

компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 8. Измерение частотно-временных параметров и анализ спектра сигналов

Методы измерения частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении частоты и интервалов времени. Резонансный метод измерения частоты. Гетеродинный метод измерения частоты. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора. Цифровой метод измерения частоты. Цифровой метод измерения интервалов времени. Автоматизация процессов измерения частоты и интервалов времени. Измерители частотно-временных параметров сигналов. Методы анализа спектра сигнала. Общие сведения о спектральном анализе сигналов. Методы выделения гармонических составляющих сигнала. Методы выделения гармонических составляющих сигнала. Параллельный анализ спектра. Последовательный анализ спектра. Цифровой способ выделения спектральной составляющей сигнала. Анализаторы спектра. Измерение нелинейных искажений. Измерители нелинейных искажений. Использование измерительных приборов при анализе частотно-временных параметров и спектра сигналов.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик нелинейных радиотехнических цепей сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 9. Измерение фазового сдвига сигналов

Методы измерения фазового сдвига сигнала. Общие сведения об измерении фазового сдвига сигналов. Осциллографические методы измерения. Компенсационный метод измерения. Метод преобразования фазового сдвига во временной интервал. Цифровые методы измерения. Методы измерения фазового сдвига с преобразованием частоты. Измерение фазового сдвига фазовыми детекторами. Измерители фазового сдвига. Использование измерительных приборов при измерении угла фазового сдвига сигналов.

Тема 10. Измерение электрической мощности

Методы измерения электрической мощности. Общие сведения об измерении электрической мощности. Измерители мощности. Измерение мощности в диапазонах низких и высоких частот. Измерение мощности СВЧ-колебаний. Измерение мощности лазерного излучения. Использование измерительных приборов при измерении мощности излучаемых сигналов.

Автоматизация расчета временных и частотных характеристик дискретных и цифровых фильтров с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 11. Измерение параметров радиотехнических цепей с сосредоточенными и распределенными постоянными

Методы измерения параметров радиотехнических цепей с сосредоточенными постоянными. Общие сведения об измерениях параметров цепей. Измерители параметров цепей. Методы измерения активных сопротивлений на постоянном токе. Измерение индуктивности, добротности, емкости и тангенса угла потерь мостами переменного тока. Резонансные методы измерения параметров элементов. Особенности измерения параметров с помощью цифровых автоматических приборов с микропроцессором.

Методы измерения параметров радиотехнических цепей с распределенными постоянными. Методы измерения параметров линейных СВЧ-устройств. Способ измерительной линии. Способ раздельного измерения падающей и отраженной волн. Автоматические микропроцессорные панорамные рефлектометры и измерители КСВ. Измерители параметров цепи. Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с распределенными постоянными.

Автоматизация параметрического спектрального оценивания расчета радиотехнических сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Тема 12. Измерительные системы параметров радиотехнических устройств и систем

Методы измерения параметров радиотехнических устройств и систем. Методы измерения совокупности параметров или обобщенных параметров радиотехнических устройств и систем. Метод измерения параметров радиотехнических устройств и систем с использованием имитации сигнала. Метод измерения параметров радиотехнических устройств и систем с использованием имитаторов сигналов. Метод измерения параметров радиотехнических устройств и систем с использованием имитаторов сигналов стендов для их регулировки и испытаний. Измерители параметров РТУ и систем. Использование измерительных приборов при измерении параметров радиотехнических устройств и систем.

Тема 13. Информационно-измерительные системы

Общие сведения об информационно-измерительных системах. Общие понятия и определения. Общие сведения об ИИС. Общая характеристика контрольно-измерительных систем. Измерительные системы. Телеизмерительные системы. Виртуальные измерительные системы. Использование информационно-измерительных систем для контроля параметров радиотехнических устройств и систем.

Направления развития методов измерения и измерительных средств. Развитие современных методов измерений. Совершенствование измерительных

средств технологических процессов. Перспективы развития универсальных измерительных приборов.

5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (часы)
3 семестр		
1	Практическое занятие №1. Основы теории измерений. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности	0,8
2	Практическое занятие №2. Погрешности измерений и средства измерений,	0,8
3	Практическое занятие №3. Оценка результатов и погрешности измерений. Определение и исключение систематических погрешностей измерений. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.	0,9
4	Практическое занятие №4 Определение наименования и обозначения радиоэлектронных измерительных приборов по классификатору. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.	0,9
5	Практическое занятие № 5. Применение генераторов измерительных сигналов при проведении измерений	0,8
6	Практическое занятие № 6. Применение осциллографа при наблюдении и анализе формы сигналов. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.	0,9
7	Практическое занятие № 7. Использование	0,9

Номер темы дисципли- ны	Тематика практических занятий	Трудо- емкость (часы)
	измерительных приборов при анализе частотно-временных параметров сигналов. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности	
Итого за 3 семестр		6
4 семестр		
8	Практическое занятие № 8. Измерение угла фазового сдвига	0,6
9	Практическое занятие №9. Использование измерительных приборов при измерении мощности излучаемых сигналов. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.	0,7
10	Практическое занятие № 10. Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.	0,7
11	Практическое занятие № 11. Использование измерительных приборов при измерении параметров цепей с распределенными постоянными. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности	0,7
12	Практическое занятие № 12. Использование измерительных систем при измерении параметров радиотехнических устройств и систем. Автоматизация расчета временных и частотных характеристик	0,7

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
	сигналов с использованием современных методов компьютерного моделирования в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.	
13	Практическое занятие № 13. Использование информационно-измерительных систем при измерении параметров РТА.	0,6
Итого за 4 семестр		4
Итого по дисциплине		10

5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
	3 семестр	
1-7	Подготовка к лекциям [1-8]: - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6); - подготовка дополнительных вопросов для использования в устном опросе по изучаемой теме.	32
1-7	Подготовка к практическим занятиям [1,5,6]: - практическое повторение примеров, содержащихся в пособии [1]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработка усложненных примеров по изучаемой теме.	64
Итого за 3 семестр		96
	4 семестр	

8-13	Подготовка к лекциям [1-8]: - самостоятельный поиск, анализ информации и проработка дополнительного учебного материала по изучаемой теме; - подготовка к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6); - подготовка дополнительных вопросов для использования в устном опросе по изучаемой теме.	43
8-13	Подготовка к практическим занятиям [1,5,6]: - практическое повторение примеров, содержащихся в пособии [1]; - самостоятельный поиск, анализ информации и разработка усложненных примеров по изучаемой теме.	86
Итого за 4 семестр		129
ИТОГО		225

5.7 Курсовые работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Батоврин В.К., Бессонов А.С. **LabVIEW: практикум по основам измерительных технологий**. [Текст]: учебное пособие/В.К. Батоврин, А.С. Бессонов, В.В. Мошкин, В.Ф. Папуловский. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 232 с. – ISBN 978-5-94074-498-6. Количество экземпляров – 30.

2. Данилин А.А., Лавренко Н.С. **Измерения в радиоэлектронике: Учебное пособие**/Под ред. А.А. Данилина. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 408 с. Количество экземпляров – 40.

3. Клаасен К. **Основы измерений. Датчики и электронные приборы**. [Текст]: учебное пособие/К. Клаасен. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. – 352 с. – ISBN 978-5-91559-125-6. Количество экземпляров – 30.

4. Пономарев В.В. **Измерение в радиоэлектронике: Методические указания по изучению дисциплины**/Университет ГА. С.-Петербург, 2016. Количество экземпляров – 30.

б) дополнительная литература:

5. Кузнецов В.А., Долгов В.А. **Измерения в электронике.** [Текст]: справочник/В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских; под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоиздат, 1987. – 512 с. Количество экземпляров – 20.

6. Нефедов В.И. **Метрология и радиоизмерения.** [Текст]: учебник/В.И. Нефедов. – М.: «Высшая школа», 2006. – 526 с. Количество экземпляров – 20.

7. Шишмарев В.Ю. **Технические измерения и приборы.** [Текст]: учебное пособие/В.Ю. Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. -384 с.- ISBN 978-5-7695-8764-1. Количество экземпляров - 20.

8. Хрусталева З.А. **Электротехнические измерения.** [Текст]: учебное пособие/З.А. Хрусталева. – М.: КНОРУС, 2012. – 208 с. – ISBN 978-5-406-02168-2. Количество экземпляров – 20.

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

9. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения: 27.04.2021).

г) программное обеспечение (лицензионное и свободно распространяемое), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

10. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 27.04.2021).

11. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения: 27.04.2021).

12. Консультант Плюс [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Консультант Плюс. – режим доступа: <http://www.cjnsultant.ru/>, свободный.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения образовательного используются аудитории №250 и №242, характеристика материально-технического обеспечения которых приведена в ниже следующей таблице.

№ п\п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с УП	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Метрология и измерение в радиоэлектронике	Ауд. 250 Аудитория для проведения занятий	Комплект учебной мебели – 22 шт. Стационарный проектор CASIO Ноутбук Acer F80C	Microsoft Windows 7 Professional (лицензия № 46231032 от 4 декабря 2009 года) Microsoft Windows Office

№ п\п	Наименование дисциплины (модуля), практик в соответствии с УП	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
		лекционного типа Аудитория занятий семинарского типа	Доска меловая Экран библиотека примеров компьютерного моделирования радиотехнических систем Комплект тематических плакатов по дисциплине «Теория радиотехнических цепей и сигналов» фонд специальной литературы, фонд учебных пособий	Professional Plus 2007 (лицензия № 43471843 от 07 февраля 2008 года)
2	Метрология и измерение в радиоэлектронике	Ауд. 242 Аудитория для проведения занятий лекционного типа Аудитория занятий семинарского типа	Доска меловая 15 персональных компьютеров Проектор Acer X1261P Экран Библиотека примеров компьютерного моделирования радиотехнических систем Комплект тематических плакатов по дисциплине «Электроника и электротехника», фонд специальной литературы, фонд учебных пособий	Scilab [Программное обеспечение] – Режим доступа http://www.scilab.org/ <u>свободный</u> (дата обращения: 11.01.2020). Программный пакет MULTISIM 10.1 для моделирования электронных схем [Программное обеспечение] (Госконтракт № SBR1010080401-00001346-01 от 13 ноября 2010 года, ООО «Динамика») MATHCAD-14 [Программное обеспечение] (лицензия № 2566427 от 27 декабря 2010 года)

8 Образовательные и информационные технологии

Входной контроль проводится в форме устных опросов с целью оценивания остаточных знаний по ранее изученным дисциплинам или темам изучаемой дисциплины.

Лекция как образовательная технология представляет собой устное, систематическое и последовательное изложение преподавателем учебного материала с целью организации целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению знаниями, умениями и навыками читаемой дисциплины. В лекции делается акцент на реализацию главных идей и направлений в изучении дисциплины, дается установка на последующую самостоятельную работу. Лекции-визуализации сопровождаются демонстрацией работы реальных радиотехнических устройств или действующих имитационных моделей с использованием образовательной технологии – анализ конкретной ситуации на основе решения профессиональных ситуационных задач.

Практические занятия проводятся с использованием специальных компьютерных программ и предназначены для закрепления полученных знаний, а также выработки необходимых умений и навыков в ходе решения расчетных и ситуационных задач профессиональной деятельности..

Таким образом, лекции-визуализации, практические занятия по дисциплине «Метрология и измерение в радиоэлектронике» являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа студента реализуется в систематизации, планировании, контроле и регулировании его учебно-профессиональной деятельности, а также в активизации собственных познавательно-мыслительных действий без непосредственной помощи и руководства со стороны преподавателя. Основной целью самостоятельной работы студента является формирование навыка самостоятельного приобретения, закрепления и углубления полученных знаний по некоторым несложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков во время лекций и практических занятий.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Фонд оценочных средств по дисциплине «Метрология и измерение в радиоэлектронике» предназначен для выявления и оценки уровня и качества знаний студентов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде экзамена в шестом семестре.

Фонд оценочных средств для текущего контроля включает: устные опросы, расчетные/логические задачи, ситуационные задачи. Для обеспечения более глубокого освоения дисциплины фонд оценочных средств строится по принципу нарастающего итога, интегрируя темы текущего семестра с ранее освоенным материалом.

Устный опрос проводится на практических занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся. Также устный опрос проводится для входного контроля по вопросам (п. 9.4).

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Метрология и измерение в радиоэлектронике» проводится в шестом семестре в форме экзамена. Этот вид промежуточной аттестации позволяет оценить уровень освоения студентом компетенций за весь период изучения дисциплины.

Зачет предполагает устный ответ на 1 теоретический вопрос, решение расчетной/логической задачи и решение ситуационной задачи из перечня типовых вопросов и задач п. 9.6.

Экзамен предполагает устный ответ на 1 теоретический вопрос, решение расчетной/логической задачи и решение ситуационной задачи из перечня типовых вопросов и задач п. 9.6.

Описание шкалы оценивания, используемой для проведения промежуточных аттестаций, приведено в п. 9.5.

9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов

Не применяется.

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Устный опрос оценивается следующим образом:

«зачтено»: обучающийся дает ответ на поставленный вопрос по существу и правильно отвечает на уточняющие вопросы;

«не зачтено»: обучающийся отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

Решение расчетных задач оценивается:

«зачтено»: обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, анализирует и дает обоснованную оценку полученных результатов;

«не зачтено»: обучающийся отказывается от выполнения задачи или не способен ее решить самостоятельно, а также с помощью преподавателя.

Решение ситуационных задач оценивается:

«зачтено»: обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку по итогу решения;

«не зачтено»: обучающийся отказывается от выполнения задачи или не способен ее решить самостоятельно, а также с помощью преподавателя, а также проанализировать, обосновать и оценить полученные результаты.

9.3 Темы курсовых работ по дисциплине

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам в форме устного опроса

Обеспечивающие дисциплины: «Высшая математика», «Информатика», «Физика», «Электротехника и электроника».

Примерные вопросы входного контроля:

1. Дайте определение понятию «Измерение-...».
2. Дайте определение понятию «Физическая величина - ...».
3. Дайте определение понятию «Значение физической величины - ...».
4. Дайте определение понятию «Единица физической величины - ...».
5. Дайте определение понятию «Истинное (действительное) значение - ...».
6. Дайте определение понятию «Измеренное значение - ...»
7. Прямые измерения.
8. Косвенные измерения.
9. Дайте определение понятию «Абсолютное измерение - ...».
10. Дайте определение понятию «Относительное измерение - ...».
11. Измерительные приборы.
12. Измерительная шкала.
13. Погрешности измерений.
14. Дать классификацию диапазонов радиочастот и длин волн.
15. Нарисовать электрические схемы усилительного каскада на транзисторе.
16. Привести семейство выходных характеристик транзистора.
17. Нарисовать эквивалентную электрическую схему кварцевого резонатора.
18. Резистор как источник напряжения теплового шума. Привести формулу Найквиста.
19. Диод как источник шумового тока. Привести формулу Шоттки.
20. Амплитудная характеристика прямой передачи электронного усилителя и ее аппроксимация степенным рядом.

21. Преобразование частоты как результат умножения двух гармонических колебаний.

22. Частота биений как результат сложения двух гармонических колебаний.

23. Стробоскопический эффект.

24. Результат прохождения прямоугольного импульса через дифференцирующую цепь.

25. Частотная характеристика фильтра нижних частот.

26. Результат прохождения прямоугольного импульса через интегрирующую цепь.

27. Частотная характеристика фильтра верхних частот.

28. Частотная характеристика полосового фильтра.

29. Гармонический ряд Фурье.

30. Интеграл Фурье.

31. Амплитудный детектор: схема и принцип работы.

32. Сопротивление емкости конденсатора по переменному току.

33. Сопротивление катушки индуктивности по переменному току.

34. Условие резонанса колебательного контура.

35. Указать недостающие сведения в таблице (типовой вопрос):

№ п/п	Наименование величины	Единица измерения				Соотношение величин
		Обозначение в РФ	Междунар. обозначение	Основная	Кратная или дольная	
1	Сопротивление					
2	Сила тока					
3	Напряжение					
4	Мощность					
5	Емкость					
6	Частота					
7	Период					
8	Длина волны					
9	Фаза сигналов					
10	Амплитуда сигнала					

36. Перевести заданные значения в требуемые единицы (типовой вопрос):

№ п/п	Задано	Перевести в единицы
1	$18000 \cdot 10^{-4}$ МГц	_____ кГц
2	$0,0143 \cdot 10^{-1}$ мкФ	_____ нФ
3	$3020,12 \cdot 10^{-2}$ мГн	_____ мкГн
4	$0,00910 \cdot 10^5$ Ом	_____ кОм
5	$120,1 \cdot 10^{-7}$ с	_____ мкс

9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
ПК-1	<p>ИД¹_{ПК1}</p> <p>ИД²_{ПК1}</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - математические модели различных типов сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - методы аналитического представления сигналов и помех. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценивать спектральные и временные характеристики сигналов и помех; <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета основных характеристик сигналов различных типов; - навыками компьютерного моделирования радиотехнических сигналов.
ПК-2	<p>ИД¹_{ПК2}</p> <p>ИД²_{ПК2}</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы радиотехнических цепей; - математические модели радиотехнических цепей; - принципы обработки сигналов в радиотехнических цепях на основе аналитических и численных решений; <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать основные характеристики сигналов и радиотехнических цепей в профессиональной деятельности; - оценивать влияние различных факторов на функционирование основных типов радиотехнических цепей; - рассчитывать частотные и временные характеристики радиотехнических цепей. <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета основных типов радиотехнических цепей;

		<ul style="list-style-type: none"> - навыками компьютерного моделирования радиотехнических цепей; - навыками расчета основных характеристик радиотехнических цепей.
ПК-1	ИД ³ _{ПК1}	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - математические модели различных типов сигналов, применяемых в радиотехнике, и их характеристики; - типы радиотехнических цепей; - математические модели радиотехнических цепей; - принципы обработки сигналов в радиотехнических цепях на основе аналитических и численных решений; - методы аналитического представления сигналов и помех. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать основные характеристики сигналов и радиотехнических цепей в профессиональной деятельности; - оценивать влияние различных факторов на функционирование основных типов радиотехнических цепей; - оценивать спектральные и временные характеристики сигналов и помех; - рассчитывать частотные и временные характеристики радиотехнических цепей. <p>Владет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета основных характеристик сигналов различных типов; - методами расчета основных типов радиотехнических цепей; - навыками компьютерного моделирования радиотехнических цепей и сигналов; - навыками расчета основных характеристик радиотехнических цепей, - методами оценки основных характеристик сигналов различных типов; - методами оценки основных характеристик радиотехнических цепей.
ПК-2	ИД ³ _{ПК2}	

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами.

При решении расчетной логической задачи обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

При решении ситуационной задачи обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, использует методы имитационного и численного моделирования, дает обоснованную оценку итогам решения и их связи с соответствующим теоретическим материалом.

«Хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задачи некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя.

При решении расчетной/логической задачи обучающийся при незначительной помощи преподавателя правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

При решении ситуационной задачи обучающийся при незначительной помощи преподавателя правильно решает задачу, использует методы имитационного и численного моделирования, дает достаточно полную оценку итогам решения и их связи с соответствующим теоретическим материалом.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя.

При решении расчетной/логической задачи обучающемуся требуется неоднократная помощь преподавателя при этом задача решается не полностью.

При решении ситуационной задачи обучающемуся требуется неоднократная помощь преподавателя, методы имитационного и численного моделирования используются неуверенно и только после подсказок

преподавателя, оценка итогов решения и их связи с соответствующим теоретическим материалом является неполной.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач. Не раскрыты глубина и полнота при ответах.

Расчетная/логическая задача не решена даже при помощи преподавателя.

Ситуационная задача не решена даже при помощи преподавателя.

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине

Перечень типовых вопросов для текущего контроля в форме устного опроса и зачета в 3 семестре

К теме № 1

1. Дайте определение физической величине.
2. Поясните суть понятий «размер», «размерность», «значение» физической величины.
3. Назовите основные единицы физических величин СИ.
4. Дайте определение эталона единицы физической величины.
5. Какие вторичные эталоны вы знаете?
6. В чем отличие шкалы отношений от шкалы разностей?
7. Какие технические устройства относятся к средствам измерений?
8. Дайте классификацию измерительных приборов.
9. Измерительные преобразователи – это средства измерений?
10. По каким классификационным признакам различают преобразователи?
11. Чем отличается измерительная система от измерительной установки?
12. Назовите основные классификационные признаки видов измерений.
13. Чем отличаются совместные измерения от совокупных и что у них общего?
14. Какие методы измерений вы знаете?

К теме № 2

1. Назовите виды погрешностей измерений и виды погрешностей СИ. Сравните их.
2. Чем характеризуется неопределенность измерений?
3. Дайте определение и приведите примеры систематической погрешности.
4. Дайте определение случайной погрешности.

5. Назовите основные свойства интегральной и дифференциальной функции распределения случайной погрешности.
6. Какая погрешность называется случайной?
7. Какие характеристики СИ называют нормируемыми метрологическими?
8. Какими параметрами может оцениваться систематическая составляющая погрешности СИ?
9. Назовите частные составляющие случайной погрешности СИ. Как они называются?
10. Назовите две основные характеристики чувствительности СИ к влияющим величинам.
11. Приведите примеры общих и частных динамических характеристик СИ.
12. На что оказывают влияние полное входное и выходное сопротивление СИ?
13. Дайте определение пределу допускаемой погрешности СИ.
14. Как определить нормирующее значение аналоговых СИ?
15. Дайте определение классу точности СИ.
16. Что принято брать за меру неопределенности в теории информации?
17. Как определить количество информации при измерении, используя понятие энтропии?
18. Чем определяется знание энтропийного коэффициента погрешности?

К теме № 3

1. Как обнаружить грубую погрешность при многократных измерениях?
2. Для чего используют поправочный коэффициент и поправочный множитель?
3. Что понимается под исправленным результатом измерений?
4. Назовите способы обнаружения систематических погрешностей в процессе измерения.
5. Чем отличаются понятия: «границы неисключенной систематической погрешности» и «доверительные границы неисключенной систематической погрешности»?
6. Какой показатель используется для оценивания суммарной неисключенной систематической погрешности результата измерения?
7. Как определить доверительные границы случайной погрешности результат измерения, если известны средние квадратические отклонения случайных составляющих погрешности?
8. Поясните, в чем состоит отличие двух методов определения инструментальной составляющей погрешности измерений по нормируемым метрологическим характеристикам СИ?
9. Какую информацию содержат следующие обозначения классов точности СИ: 1,5; 0,02/0,01?
10. Что характеризует среднее квадратическое отклонение ряда измерений и СКО среднего значения при многократных измерениях?

11. По какой форме представляется результат многократного измерения?
12. В чем суть метода линеаризации при определении погрешностей косвенных измерений?

К теме № 4

1. По каким признакам классифицируются радиоизмерительные приборы?
2. Классификация радиоэлектронных приборов по характеру измеряемых величин.
3. Опишите процесс присвоения радиоизмерительному прибору подгруппы, вида, типа.
4. Опишите условное обозначение вида радиоизмерительного прибора.
5. Из каких составных частей состоит полное наименование радиоизмерительного прибора?
6. На какие классы подразделяются РИП по пределам допускаемой основной и дополнительной погрешностей?
7. На какие пять групп делятся РИП по условиям эксплуатации в зависимости от рабочих и предельных климатических условий?
8. На какие группы делятся РИП по принципу действия?
9. На какие группы делятся РИП по методу измерения?
10. На какие группы делятся РИП по способу представления измерительной информации?
11. На какие группы делятся РИП по форме регистрации измерительной информации?
12. На какие группы делятся РИП по конструктивному выполнению?

К теме № 5

1. Какие сигналы относятся к измерительным?
2. По каким основным признакам принято в метрологии классифицировать измерительные сигналы?
3. Что отражает аналоговый (непрерывный) сигнал?
4. В чем отличие аналоговых сигналов от дискретных и цифровых?
5. Какие виды импульсных и цифровых сигналов вы знаете?
6. Приведите известные примеры импульсных цифровых сигналов.
7. В чем основное отличие детерминированных сигналов отслучайных?
8. Какие помехи возникают в процессе измерений?
9. Какие элементарные измерительные сигналы вы знаете.
10. Что собой представляет δ -функция и какими свойствами она характерна?
11. Какие элементарные сигналы используются в измерительной технике?
12. Какие виды представлений электрических сигналов применяют в измерительной технике?
13. Какой математический аппарат используется для спектрального представления периодических сигналов?

14. Какой математический аппарат используется для спектрального представления непериодических (импульсных) сигналов?
15. Чем отличается спектральная плотность непериодических сигналов от спектра периодических импульсов?
16. Какой спектр имеет гармонический сигнал?
17. Какие виды аналоговой модуляции сигналов используются в измерительной технике?
18. С помощью каких видов модуляции можно преобразовать аналоговый сигнал в импульсный и цифровой?
19. В каких случаях в измерительной технике применяется импульсно-кодовая модуляция?

К теме № 6

1. Как различаются измерительные генераторы в зависимости от формы выходного сигнала?
2. Как подразделяются генераторы по частотным характеристикам?
3. Каковы условия самовозбуждения генератора гармонических колебаний? Какими методами они реализуются?
4. Каковы методы создания генераторов инфранизких частот?
5. В чем особенности конструирования генераторов СВЧ?
6. Какова упрощенная схема цифрового измерительного генератора?
7. Какие физические явления могут быть положены в основу создания шумовых генераторов?
8. Какие требования предъявляются к форме сигнала импульсного генератора?
9. Для каких целей используются стандарты частоты?
10. На каких принципах строятся синтезаторы частоты?
11. Для чего используются генераторы шумоподобных сигналов?

К теме № 7

1. Какие параметры полностью характеризуют гармоническое напряжение? Поясните на графике.
2. Требуется измерить все параметры гармонического электрического сигнала. Ориентировочно амплитуда сигнала равна 1 мВ (100 мВ, 5 В, 100 В), частота – 0,1 Гц (30 Гц, 1 кГц, 1 МГц, 1 ГГц), а разность фаз с опорным напряжением составляет 1° (10° , 60° , 175°). Как это лучше сделать, если необходимо минимизировать погрешность (минимизировать количество средств измерений, обеспечить, чтобы погрешность измерения всех параметров не превысила 1%)?
3. Почему при наблюдении гармонических сигналов и измерении их параметров удобно использовать осциллограф?
4. От чего зависит погрешность измерения амплитуды при помощи осциллографа?

5. От чего зависит погрешность измерения частоты при помощи осциллографа?
6. Что измеряется осциллографом при измерении разности фаз?
7. Какие параметры гармонического напряжения можно измерить при помощи фигур Лиссажу? Как организовать такие измерения?
8. Как определить разность фаз между двумя гармоническими сигналами по форме и ориентации наблюдаемого на экране эллипса?
9. Чем определяется погрешность измерения угла сдвига фаз методом линейной развертки и методом эллипса?
10. Почему при осциллографических измерениях размер изображения на экране стремятся по возможности увеличить?
11. Каким образом можно повысить качество осциллографических измерений?

К теме № 8

1. Требуется измерить частоту гармонического электрического сигнала, равную ориентировочно 1 Гц (100 Гц, 1 кГц, 100 кГц, 5 МГц, 100 МГц, 30 ГГц). Как это лучше сделать, если погрешность измерений не должна превысить 0,5% (10 Гц)?
2. В каком диапазоне частот можно выполнять измерения частоты периодических электрических сигналов?
3. Каковы достоинства резонансного метода измерения частоты?
4. Какие частотомеры обладают наибольшей точностью?
5. Какова основная причина возникновения погрешностей при измерении частоты с помощью частотомера?
6. В каком диапазоне значений частот удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от значения измеряемой частоты?
7. В каком диапазоне значений длительности периодов удобно использовать для измерений цифровой частотомер? Как в этом случае погрешность измерений зависит от длительности измеряемого периода?
8. Как нормируется класс точности цифровых частотомеров?
9. Какой частотомер дает возможность производить измерения в гигагерцовом диапазоне часто?
10. Какова инструментальная погрешность резонансного частотомера? Чем она определяется?
11. Каким образом при использовании цифровых частотомеров удается достичь высокой точности измерений как в области высоких, так и в области низких частот? В каком диапазоне частот погрешность таких измерений максимальна (минимальна)?

К теме № 9

1. Требуется измерить угол фазового сдвига между двумя гармоническими электрическими сигналами, ориентировочно равный 1 (10, 30, 90, 175) градусу,

с погрешностью, не превышающей 1% (1^0). Как это лучше сделать, если частота сигналов равна 1 Гц (100 Гц, 100 кГц, 10 МГц, 1 ГГц)?

2. В каком случае гармонические напряжения называют противофазными?

3. Какой метод реализуется при измерении сдвига фаз электродинамическим или ферродинамическим логометром?

4. Какие преобразования претерпевает измеряемая величина в аналоговых электронных фазометрах?

5. В каком диапазоне частот работают аналоговые электронные фазометры?

6. Какие фазометры обеспечивают наивысшую точность в диапазоне частот от нескольких герц до десятков мегагерц?

7. За счет чего при использовании цифровых фазометров удается обеспечить высокую точность измерений как в области высоких, так и в области низких частот?

К теме № 10

1. Что собой представляет такая физическая величина, как мощность электрических колебаний?

2. Как записывается аналитическое выражение для активной мощности в случае периодического сигнала?

3. Перечислить основные методы измерения мощностей в различных частотных диапазонах.

4. Объяснить принцип действия электродинамического ваттметра.

5. Какой алгоритм математической операций лежит в основе ваттметра на перемножителях.

6. Каковы особенности измерения мощности электромагнитных колебаний в диапазоне СВЧ?

7. Как строятся ваттметры поглощающей мощности для диапазона СВЧ?

8. Приведите пример ваттметра поглощающей мощности.

9. В чем заключается терморезисторный метод измерения электрической мощности в СВЧ-диапазоне?

10. Какие типы мостов применяют для измерения мощности с помощью терморезисторов?

11. Приведите схему неуравновешенного моста.

12. Приведите схему уравновешенного моста.

13. В чем заключается метод измерения электрической мощности с помощью термопар?

14. На чем основан калориметрический метод измерения мощности?

15. Как работают ваттметры проходящий мощности? Привести примеры.

16. На каком принципе основаны измерители мощности, использующие преобразователи Холла?

17. Как осуществляется измерение мощности с преобразователями Холла?

18. Как работают ваттметры на основе эффекта «горячих» носителей тока?

19. Какие методы используются при измерениях мощности и энергии лазерного излучения?

20. Объяснить принцип действия цифрового ваттметра по его упрощенной структурной схеме.

К теме № 11

1. Какие параметры электрических цепей считаются сосредоточенными, а какие распределенными?

2. Перечислить методы измерения активных сопротивлений, дать краткую характеристику этим методам.

3. Мостовые методы измерения на переменном и постоянном токе. Чем отличаются условия равновесия четырехплечевого моста на переменном токе от условия равновесия на постоянном токе?

4. Приведите схемы мостов для измерения параметров L , C , R и $\operatorname{tg}d$.

5. Нарисовать упрощенную функциональную схему куметра и объяснить его принцип действия.

6. Какие методы измерения параметров длинных линий используются в цифровых приборах?

7. Как производится исследование АХЧ линейных цепей?

8. Какие методы измерения параметров используются в диапазоне СВЧ?

9. Какая связь существует между режимом работы и нагрузкой в передающей линии СВЧ? Привести примеры.

10. Для чего служит измерительная линия?

11. Каково устройство волноводной линии и каков принцип ее действия?

12. Как определяется фаза коэффициента отражения с помощью измерительной линии?

13. Как вычисляется модуль коэффициента отражения?

14. Для чего предназначен рефлектометр?

15. Объяснить работу панорамного измерителя КСВ и ослабления по упрощенной структурной схеме.

16. Пояснить принцип действия автоматического микропроцессорного измерителя КСВ и ослабления.

17. Какие параметры электрических цепей считаются сосредоточенными, а какие распределенными?

18. Перечислить методы измерения активных сопротивлений, дать краткую характеристику этим методом.

19. Мостовые методы измерения на переменном и постоянном токе. Чем отличаются условия равновесия четырехплечевого моста на переменном токе от условия равновесия на постоянном токе?

20. Приведите схемы мостов для измерения параметров L , C , R и $\operatorname{tg}d$.

21. Нарисовать упрощенную функциональную схему куметра и объяснить его принцип действия.

22. Какие методы измерения параметров длинных линий используются в цифровых приборах?

23. Как производится исследование АЧХ линейных цепей?
24. Какие методы измерения параметров используются в диапазоне СВЧ?
25. Какая связь существует между режимом работы и нагрузкой в передающей линии СВЧ? Привести примеры.
26. Для чего служит измерительная линия?
27. Каково устройство волноводной линии и каков принцип ее действия?
28. Как определяется фаза коэффициента отражения с помощью измерительной линии?
29. Как вычисляется модуль коэффициента отражения?
30. Для чего предназначен рефлектометр?
31. Объяснить работу панорамного измерителя КСВ и ослабления по упрощенной структурной схеме.
32. Пояснить принцип действия автоматического микропроцессорного измерителя КСВ и ослабления.

К теме № 12

1. Что такое измерительная систем? Чем она отличается от измерительного прибора, от измерительной установки или стенда?
2. Какие компоненты входят в состав измерительной системы? Какие функции выполняет контроллер ИС?
3. Какие уровни совместимости требуется обеспечить при построении стандартной измерительной системы агрегатного типа?
4. В чем отличие функционально-модульных и приборно-модульных измерительных систем? Укажите области их использования.
5. Укажите основные структурные схемы измерительных систем и сравните их свойства.
6. Какие типы измерительных систем по назначению используют в инженерной практике? Чем отличаются измерительно-вычислительные комплексы от информационно-измерительных систем?
7. Дайте определение интерфейса измерительной системы. Какие компоненты в него входят? В чем отличие интерфейсов ИС от интерфейсов компьютерных и телекоммуникационных сетей передачи данных.
8. Приведите классификацию интерфейсов, нашедших применение в измерительных системах. Сравните их по параметрам и областям применения.
9. Сущность метода измерения совокупности параметров радиотехнических устройств.
10. Сущность метода измерения обобщенного параметра радиотехнического устройства.
11. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием имитации сигнала.
12. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием имитаторов сигнала.
13. Сущность метода измерения параметров радиотехнического устройства с использованием специальных стендов.

14. Какие радиотехнические сигналы (процессы) относят к случайным?
15. Какой случайный процесс считают стационарным и эргодическим?
16. Что называют выборкой случайных величин?
17. Приведите основные формулы параметров случайного стационарного эргодического процесса.
18. Как аналоговыми измерителями можно определить математическое ожидание?
19. Объясните работу цифрового измерителя дисперсии по структурной схеме.

К теме № 13

1. Назвать перечень наземных средств РТОП, состояние параметров аппаратуры которых контролируется с помощью программы «CONSOLE» .
2. Имеется ли возможность дистанционного контроля параметров аппаратуры наземных средств РТОП? Если да, то описать порядок контроля параметров.
3. С какой целью осуществляется хранение параметров предыдущего аварийного состояния?
4. При проверке комплекса выдано на экран сообщение «Ошибка RS-232»? Что означает это сообщение?
5. С какой целью включена процедура «Обслуживание таймера»?
6. Как различают информационно-измерительные системы по организации алгоритма функционирования?
7. Какое обеспечение входит в состав информационно-измерительной системы?
8. Какие задачи решают информационно-вычислительные комплексы?
9. На какие классы делятся информационно-вычислительные комплексы по назначению?
10. Каково назначению виртуальных приборов?
11. Перечислите области применения виртуальных измерительных систем.
12. Какие особенности и преимущества имеют виртуальные приборы?
13. Перечислите возможности программ LabVIEW?
14. Что собой представляют интеллектуальные измерительные системы?
15. Назовите основные виды стандартных интерфейсов.
16. Укажите свойства и назначение последовательного интерфейса RS-232C. Какие свойства имеют измерительные системы, построенные на основе этого интерфейса?
17. Как производится передача информации по интерфейсу RS-232C? Для чего используют служебные биты в информационной посылке?
18. Какие конструктивные особенности имеет последовательный интерфейс RS-232C? В чем отличие этого интерфейса от последовательных интерфейсов RS-422 и RS-485?
19. Укажите основные особенности приборного интерфейса GPIB. Для каких целей используют сигналы шин управления и синхронизации?

20. Какие конструктивные особенности имеет приборный интерфейс GPIB? Как собирают систему на основе этого интерфейса?
21. Опишите назначение шин и линий магистрали интерфейса GPIB. Для каких целей используют сигналы шин управления и синхронизации?
22. Как производится передача байта по интерфейсу GPIB? Укажите алгоритм синхронизации процесса передачи.
23. Что такое команда интерфейса GPIB? Как она передается по интерфейсу? Какие основные команды необходимы для реализации интерфейсных функций?
24. Что такое адресация модуля в интерфейсе GPIB? Как ее реализуют?
25. Что такое интерфейсная функция GPIB? Для какой цели используются SH, AH, T, L? Какой блок интерфейса отвечает за выполнение интерфейсных функций?
26. Как реализуют интерфейсную функцию SR (запрос на обслуживание)? Опишите алгоритм обработка запроса на обслуживание в интерфейсе GPIB.
27. Как строят измерительные системы на основе стандарта LXI? Какие преимущества имеют эти системы по сравнению с интерфейсом GPIB?
28. В чем отличие классов А, В и С приборов в системе LXI?
29. Какие функции должен обеспечивать встроенный Web-сервер приборах LXI?

Примерный перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Метрология и измерение в радиоэлектронике» в форме экзамена в 4 семестре

1. Измерительные сигналы. Понятие измерительного сигнала. Классификация. Принципы формирования сигналов.
2. Измерительные генераторы. Общие сведения о генераторах. Классификация. Принципы измерения параметров сигналов с помощью генераторов.
3. Исследование формы сигналов. Общие сведения об измерениях. Принципы измерения параметров сигналов с помощью осциллографа.
4. Измерение частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении. Принцип измерения частоты и интервалов времени резонансным способом.
5. Измерение частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении. Принцип измерения частоты и интервалов времени цифровым методом.
6. Измерение частоты и интервалов времени. Общие сведения об измерении. Принцип измерения частоты и интервалов времени осциллографическим способом.
7. Измерение фазового сдвига сигналов. Общие сведения об измерении. Принцип измерения фазового сдвига фазометром.
8. Измерение фазового сдвига сигналов. Общие сведения об измерении. Принцип измерения фазового сдвига осциллографическим способом.

9. Измерение электрической мощности. Общие сведения об измерении. Принцип измерения мощности с использованием направленных ответвителей.
10. Измерение электрической мощности. Общие сведения об измерении. Принцип измерения мощности с использованием поглощающей нагрузки.
11. Измерение электрической мощности. Общие сведения об измерении. Принцип измерения мощности с использованием измерительных линий.
12. Анализ спектра сигналов. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения спектра сигналов.
13. Измерение параметров цепей с сосредоточенными постоянными. Принцип измерения параметров R, C, L.
14. Измерение параметров цепей с распределенными постоянными. Принцип измерения параметров цепи.
15. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения параметров РТУ и систем с помощью специальных приборов.
16. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения параметров РТУ и систем с помощью имитаторов.
17. Измерение параметров радиотехнических устройств и систем. Общие сведения об измерениях. Принцип измерения параметров РТУ и систем с помощью имитирования рабочих сигналов.
18. Генератор ГЗ-36. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
19. Генератор Г5-15. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
20. Осциллограф С1-68. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
21. Осциллограф. Используя электронную модель осциллографа измерить амплитуду сигнала.
22. Осциллограф. Используя электронную модель осциллографа измерить фазовый сдвиг между сигналами.
23. Осциллограф. Используя электронную модель осциллографа измерить частоту сигнала.
24. Частотомер ЧЗ-34. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.
25. Частотомер ЧЗ-34. Подготовить к работе и измерить частоту и период сигнала.
26. Фазометр. Порядок его использования при осуществлении измерений сдвига сигналов.
27. Фазометр. Используя электронную модель фазометра измерить сдвиг фазы сигналов.
28. Измеритель ГК4-19А. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров РТУ.

29. Имитатор МИМ-70. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров маяков.

30. Комплекс программный управляемый. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров маяков.

31. Комплекс программный управляемый. Используя электронную модель оценить измеренные комплексом параметры.

32. Применение измерительных приборов. Используя электронную модель измерить частоту сигнала с помощью резонансного частотомера.

33. Применение измерительных приборов. Используя электронную модель измерить частоту сигнала с помощью электронно-счетного частотомера.

34. Генератор ГЗ-34. Порядок его использования при осуществлении измерений параметров сигналов.

Перечень типовых расчетных и логических задач для текущего контроля в форме устного опроса, оценки сформированности компетенций и промежуточной аттестации в форме зачета и экзамена

1. Для электрической цепи, заданной принципиальной схемой, путем аналитического расчета произвести оценку амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик.

2. Для электрической цепи, заданной принципиальной схемой, путем аналитического расчета произвести оценку полосы пропускания.

3. Для сигнала, представленного дискретной выборкой значений произвести оценку амплитудного спектра одним из методов непараметрического спектрального оценивания.

4. Для сигнала представленного дискретной выборкой значений произвести оценку амплитудного спектра одним из методов параметрического спектрального оценивания.

5. Путем аналитического расчета продемонстрировать отличие амплитудных спектров амплитудно-моделированного сигнала при двухсторонней модуляции, односторонней модуляции и модуляции с подавленной несущей.

6. Путем аналитического расчета сформировать помеху в виде белого гауссовского шума, оценить ее автокорреляционную функцию и спектральную плотность мощности.

7. На основе аналитических расчетов продемонстрировать принцип переноса частоты (гетеродирования) при использовании нелинейных элементов с квадратичной вольт-амперной характеристикой.

Перечень типовых ситуационных задач для текущего контроля в форме устного опроса сформированности компетенций и промежуточной аттестации в форме зачета и экзамена

1. Для электрической цепи, заданной принципиальной схемой, путем имитационного моделирования, численного моделирования произвести оценку амплитудно-частотной и фазово-частотной характеристик.

2. Для электрической цепи, заданной принципиальной схемой, путем имитационного моделирования, численного моделирования произвести оценку полосы пропускания.

3. Для сигнала, представленного дискретной выборкой значений произвести оценку амплитудного спектра одним из методов непараметрического спектрального оценивания.

4. Для сигнала представленного дискретной выборкой значений произвести оценку амплитудного спектра одним из методов параметрического спектрального оценивания.

5. Путем имитационного моделирования, численного моделирования продемонстрировать отличие амплитудных спектров амплитудно-моделированного сигнала при двухсторонней модуляции, односторонней модуляции и модуляции с подавленной несущей.

6. Путем имитационного или численного моделирования сформировать помеху в виде белого гауссовского шума, оценить ее автокорреляционную функцию и спектральную плотность мощности.

7. На основе имитационного моделирования. Численного моделирования продемонстрировать принцип переноса частоты (гетеродирования) при использовании нелинейных элементов с квадратичной вольт-амперной характеристикой.

10. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая в 3 семестре к изучению дисциплины «Метрология и измерение в радиоэлектронике», студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий и списком рекомендованной литературы. Студенту следует уяснить, что уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от его активной и систематической работы на лекциях и практических занятиях. В этом процессе важное значение имеет самостоятельная работа, направленная на вовлечение студента в самостоятельную познавательную деятельность с целью формирования самостоятельности мышления, способностей к профессиональному саморазвитию.

В 4 семестре особое внимание уделяется развитию способностей студента в решении нестандартных задач на основе ранее изученного материала. В конце 4 семестра проводится промежуточная аттестация в форме экзамена.

При проведении всех видов занятий основное внимание уделяется рассмотрению принципов построения, работы, анализу радиоэлектронных систем и их элементов, а также места применения изучаемого материала в системе радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов.

Теоретическая подготовка студентов по дисциплине обеспечивается на лекциях. На лекциях обучаемым даются систематизированные основы научных знаний по состоянию и основным научно-техническим проблемам развития радиоэлектронных систем.

Задачами лекций являются:

- ознакомление обучающихся с целями, задачами и структурой дисциплины «Метрология и измерение в радиоэлектронике», ее местом в системе наук и связями с другими дисциплинами;
- краткое, но по существу, изложение комплекса основных научных понятий, подходов, методов, принципов данной дисциплины;
- краткое изложение наиболее существенных положений, раскрытие особенно сложных, актуальных вопросов, освещение дискуссионных проблем;
- определение перспективных направлений дальнейшего развития научного знания в области авиационных радиотехнических цепей.

Значимым фактором полноценной и плодотворной работы обучающегося на лекции является культура ведения конспекта. Для повышения эффективности лекционных занятий рекомендуется до начала занятий самостоятельно провести предварительное ознакомление с материалом предстоящей лекции по пособию [1] и оформить краткий предварительный конспект.

Теоретические положения, излагаемые в лекциях, иллюстрируются примерами их практической реализации в радиоэлектронных системах и средствах авиационной электросвязи и передачи данных. Для облегчения восприятия студентом сложного и разнообразного материала рекомендуется изучение новых разделов курса начинать с краткого введения, в котором устанавливается связь с предыдущими и смежными дисциплинами учебного плана.

Входной контроль в форме устного опроса преподаватель проводит в начале изучения каждой новой темы.

Проведение практических занятий осуществляется после прочтения на лекциях соответствующего теоретического материала, и служит средством закрепления полученных знаний и формирования навыков и умений инженерных исследований.

Практические занятия призваны обеспечить получение студентами практических навыков и умений по проведению инженерных расчетов, а также изучение методов построения и расчета характеристик радиоэлектронных систем и их элементов.

На практических занятиях отрабатываются решения расчетных/логических задач и ситуационных по материалу изучаемой дисциплины. Осваиваются методы аналитического решения расчетных/логических задач и вырабатываются навыки использования имитационного и численного моделирования ситуационных задач. Значительная часть практических занятий связана с приростом компетенций и использованием цифровых технологий в контексте цифровой трансформации профессиональной деятельности.

Все виды учебных занятий проводятся с активным использованием технических средств обучения и имеющихся в наличии образцов.

Изучение дисциплины построено таким образом, чтобы обеспечивалось наилучшее усвоение материала.

На самостоятельное изучение выносятся наиболее простые вопросы изучаемых тем. Самостоятельное изучение позволяет привить навык поиска интересующих вопросов в источниках, в том числе и дополнительных.

Самостоятельная работа обучающегося весьма многообразна и содержательна. Она включает следующие виды работы (п. 5.6):

- самостоятельный поиск, анализ информации и проработка учебного материала;
- подготовку к устному опросу (перечень типовых вопросов для текущего контроля в п. 9.6).


Итоговый контроль знаний студентов по темам дисциплины проводится в формах выполнения заданий практических занятий, а по семестрам – в виде зачета и экзамена.

Примерный перечень вопросов для зачетов по дисциплине «Метрология и измерение в радиоэлектронике» приведен в п. 9.6. Примерный перечень вопросов для экзамена по дисциплине «Метрология и измерение в радиоэлектронике», а также типовые задачи для экзамена также приведены в п. 9.6.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» специализации «Организация радиотехнического обеспечения полетов воздушных судов».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры Радиоэлектронных систем (№12) «25» мая 2021 года, протокол №8.

Разработчик:

К.т.н.  Максимов В.А.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Заведующий кафедрой радиоэлектронных систем (№12)

Д.т.н., с.н.с.  Кудряков С.А.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

Д.т.н., с.н.с.  Кудряков С.А.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « 16 » июня 2021 года, протокол № 7 .