

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1145125	Цифровое моделирование радиоэлектронных систем и комплексов

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Радиоэлектронные системы и комплексы	Код ОП 1. 11.05.01/22.01
Направление подготовки 1. Радиоэлектронные системы и комплексы	Код направления и уровня подготовки 1. 11.05.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Дмитриев Сергей Николаевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Язовский Александр Афонасьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Цифровое моделирование радиоэлектронных систем и комплексов

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Цифровое моделирование радиоэлектронных систем и комплексов» предназначен для получения студентами теоретических знаний и практических навыков цифрового моделирования радиоэлектронных средств и систем различного назначения. В результате обучения студент должен узнать: особенности аппарата исследования и оптимизации параметров систем связи на основе цифрового моделирования; методы моделирования радиосигналов и радиопомех; экономичные методы моделирования процессов преобразования сигналов и помех в системах связи; методы оценки точности результатов, полученных цифровым моделированием систем связи; уметь: составить математическую модель исследуемой системы связи; выбрать эффективный метод моделирования как входных воздействий, так и самой системы; провести подготовительную работу для составления моделирующего алгоритма; составить подробную блок-схему программы моделирования; оценить погрешности результатов, полученных методом цифрового моделирования.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Цифровое моделирование радиоэлектронных систем и комплексов	4
ИТОГО по модулю:		4

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	
	<ol style="list-style-type: none">1. Информационные основы профессиональной деятельности радиоинженеров2. Высшая математика3. Теория вероятностей и математическая статистика4. Теоретические основы электротехники5. Метрология и радиоизмерения для радиоинженеров6. Схемотехника7. Основы формирования, распространения и приема радиосигналов для радиоинженеров8. Проектирование и моделирование радиоэлектронных средств для радиоинженеров9. Радиоавтоматика10. Радиоэлектронные системы и комплексы

Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены
---	------------------

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Цифровое моделирование радиоэлектронных систем и комплексов	ПК-1 - Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	З-1 - Определять стадии проектирования У-1 - Разрабатывать техническое задание на проектирование П-1 - Иметь практический опыт определения стадий проектирования П-2 - Иметь практический опыт разработки технического задания на проектирование
	ПК-2 - Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	З-1 - Сформулировать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов У-1 - Проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов П-1 - Иметь практический опыт разработки принципиальных схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ
	ПК-5 - Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	З-1 - Описывать методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах У-1 - Пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов П-1 - Иметь практический опыт разработки и создания имитационных моделей с

		помощью стандартных пакетов прикладных программ
--	--	---

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Цифровое моделирование
радиоэлектронных систем и комплексов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Дмитриев Сергей Николаевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи
2	Язовский Александр Афонасьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	Департамент радиоэлектроники и связи

Рекомендовано учебно-методическим советом института Радиоэлектроники и информационных технологий - РТФ

Протокол № 6 от 29.08.2019 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Дмитриев Сергей Николаевич, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи
- Язовский Александр Афонасьевич, Доцент, Департамент радиоэлектроники и связи

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение в дисциплину	Основные принципы системного подхода к проектированию радиоэлектронных систем (РЭС). Моделирование как составная часть системного подхода к проектированию. Процесс выбора оптимального варианта системы. Обзор методов анализа и синтеза РЭС. Экспериментальные и теоретические методы. Место метода моделирования среди других. Физическое, полунатурное и математическое моделирование. Особенности цифрового моделирования РЭС. Обобщенная схема процесса моделирования
P2	Моделирование сигналов и помех	Задача моделирования сигналов и помех. Общее описание входных процессов. Особенности моделирования регулярных (детерминированных) процессов. Моделирование случайных величин (СВ). Методы получения равномерно распределенных случайных чисел. Табличный, физические и программные датчики, их сравнительная характеристика. Виды программных датчиков, характеристики последовательностей псевдослучайных чисел. Моделирование непрерывных СВ с заданным законом распределения. Стандартный метод – метод обратных функций. Специальные методы. Сравнение методов. Моделирование дискретных СВ с заданным законом распределения. Стандартный метод – метод проб. Особенности моделирования дискретных СВ. Специальные методы. Моделирование случайных векторов (СВК). Особенности моделирования непрерывных СВК в рамках многомерных

		<p>распределений. Моделирование непрерывных СВК в рамках корреляционной теории. Характеристики методов моделирования СВК. Метод линейного преобразования совокупности независимых СВ. Моделирование случайных процессов (СП). Моделирование нестационарного СП в неравноотстоящих точках методом канонических разложений. Методы моделирования стационарных нормальных СП (скользящее суммирование, рекуррентный метод). Дискретное преобразование Лапласа. Передаточные функции и структуры формирующих фильтров. Моделирование стационарных нормальных СП методом скользящего суммирования. Способы нахождения весовых коэффициентов. Метод факторизации спектральной плотности СП. Моделирование стационарных нормальных СП рекуррентным методом. Способы нахождения весовых коэффициентов. Особенности использования рекуррентных алгоритмов, способы устранения переходного процесса. Сравнительная характеристика методов моделирования стационарных нормальных СП. Обобщение на моделирование нормальных СП со специальным видом корреляционной функции. Моделирование негауссовых стационарных СП в рамках корреляционной теории. Использование нелинейного преобразователя и формирующего фильтра. Этапы подготовительной работы. Моделирование негауссовых стационарных СП с распространенными одномерными законами распределения</p>
<p>РЗ</p>	<p>Моделирование процессов преобразования сигналов и помех</p>	<p>Задача моделирования процессов преобразования. Классификация преобразующих частей. Методы описания преобразующей части: на основе функциональной, структурной, принципиальной схем. Математические модели стационарных непрерывных линейных динамических систем (СНЛДС). Краткая характеристика методов моделирования во временной и частотной областях, а также на основе символического дифференциального уравнения. Моделирование СНЛДС во временной области на основе дискретной свертки. Дискретизация с использованием формул численного интегрирования. Дискретизация по методу замены СНЛДС эквивалентной импульсной системой. Структуры дискретных фильтров. Обобщение на случай моделирования нестационарных линейных динамических систем. Моделирование СНЛДС во временной области на основе рекуррентных разностных уравнений. Структура рекурсивного дискретного фильтра. Методы дискретной аппроксимации непрерывных систем эквивалентными импульсами: метод Z – преобразования (\square - интерполяция), метод Цыпкина – Гольденберга (ступенчатая интерполяция), метод Рагаззини – Бергена (линейная интерполяция). Дискретная аппроксимация на основе замены операторов непрерывного интегрирования операторами дискретного интегрирования. Метод Тастина. Сравнительная характеристика методов дискретной аппроксимации. Особенности моделирования узкополосных линейных систем (УЛС). Метод комплексных огибающих. Комплексный линейный фильтр. Двумерный вещественный фильтр. Моделирование УЛС на основе комплексной дискретной свертки. Моделирование УЛС на основе рекуррентных разностных уравнений. Укороченная</p>

		<p>передаточная функция УЛС. Комплексный рекуррентный алгоритм. Рекуррентные уравнения для квадратурных составляющих. Структура рекурсивного двумерного дискретного фильтра. Моделирование СЧЛДС в частотной области. Общая схема моделирования на основе дискретного преобразования Фурье. Алгоритмы быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени и по частоте.</p> <p>Сравнительная характеристика моделирующих алгоритмов по экономичности. Моделирование СЧЛДС на основе дифференциальных уравнений. Классификация и краткая характеристика нелинейных систем. Моделирование безынерционных нелинейных систем. Моделирование нелинейных инерционных нефункциональных систем. Методы Эйлера, Адамса, Рунге-Кутты. Сравнение методов.</p> <p>Моделирование типовых нелинейных преобразований сигналов и помех в РЭС</p>
Р4	Обработка результатов моделирования	<p>Задача этапа обработки результатов моделирования. Критерии эффективности РЭС. Показатели эффективности детерминированных и стохастических систем. Функция потерь, требования к ней. Оценка точности детерминированных систем. Интегральный показатель для непрерывных и дискретных систем. Оценка точности в точке. Выбор шага решения. Оценка точности стохастических систем. Средние потери. Гистограмма распределений, математическое ожидание, дисперсия. Оценка ковариации. Оценка точности результатов, полученных методом статистического моделирования. Доверительная вероятность, доверительный интервал. Определение требуемого числа испытаний для оценки числовых характеристик. Оценка изменений показателя качества моделируемых систем. Оценка разности вероятностей, средних значений, дисперсий. Повышение точности статистических оценок. Использование опорной модели. Форсирование случайных воздействий</p>

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	<p>проектная деятельность</p> <p>учебно-исследовательская, научно-исследовательская</p>	<p>Технология проектного образования</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	ПК-5 - Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных	З-1 - Описывать методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах

			пакетов прикладных программ	
--	--	--	-----------------------------------	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровое моделирование радиоэлектронных систем и комплексов

Электронные ресурсы (издания)

1. , Лучинин, А. С., Трухин, М. П.; Обработка сигналов в типовых радиотехнических звеньях : Метод. указания к курсовой работе по дисциплине "Радиотехн. сигналы и цепи" для студентов оч.-заоч. формы обучения специальностей: 200700-Радиотехника; 200800-Проектирование радиоэлектрон. средств.; ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2002; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/1340> (Электронное издание)
2. , Бурнев, В. Б., Дмитриев, С. Н., Елагин, В. А., Нифонтов, Ю. А.; Радиотехнические системы : Метод. указ. и задания по контролируемой самостоятельной работе для студентов всех форм обучения спец. 23-01 - Радиотехника.; УПИ, Свердловск; 1989; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/774> (Электронное издание)
3. , Бочарова, Е. А., Калмыков, А. А., Серегин, Н. И.; Цифровое моделирование сигналов и помех : Метод. указ. к лаб. работам по курсу "Моделирование радиотехнических устройств, систем и сигналов" для студентов всех форм обучения спец. 23-01 - Радиотехника.; УГТУ, Екатеринбург; 1994; <http://library.ustu.ru/dspace/handle/123456789/773> (Электронное издание)
4. Кропотов, Ю. А.; Моделирование и методы исследований акустических сигналов, шумов и помех в системах телекоммуникаций : монография.; Директ-Медиа, Москва, Берлин; 2016; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436773> (Электронное издание)
5. Дятлов, А. П.; Анализ и моделирование формирователей и обнаружителей сигналов : учебное пособие.; Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=461881> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Трухин, М. П., Поршнева, С. В.; Моделирование сигналов и систем : учебное пособие. Ч. 1. ; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (41 экз.)
2. Гадзиковский, В. И.; Цифровое моделирование радиотехнических устройств и систем : Учеб. пособие.; УПИ, Свердловск; 1984 (274 экз.)
3. Бакалов, В. П., Бакулев, П. А.; Цифровое моделирование случайных процессов : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 654200 "Радиотехника".; САЙНС-ПРЕСС, Москва; 2002 (18 экз.)
4. Трухин, М. П.; Математическое моделирование сигналов в радиотехнических устройствах и системах : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам магистратуры по направлению подготовки "Радиотехника" .; УрФУ, Екатеринбург; 2013 (25 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. <http://e.lanbook.com/> - Издательство "Лань"
2. <http://elibrary.ru> - ООО Научная электронная библиотека

3. <http://www.biblioclub.ru/> - ЭБС Университетская библиотека онлайн «Директ-Медиа»

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://www.intuit.ru/> - Национальный открытый университет «ИНТУИТ»
2. <http://www.edu.ru/> - Федеральный портал. Российское образование.
3. <http://study.urfu.ru> – портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ
4. <http://lib.urfu.ru> - зональная научная библиотека УрФУ
5. Образовательный математический сайт Exponenta.ru. Раздел Mathcad. <http://www.exponenta.ru/soft/mathcad/mathcad.asp>
6. Интерактивные вычисления в Mathcad. Сайт Р.И. Ивановского <http://mas.exponenta.ru/about>
7. Интерактивные вычисления в Mathcad. Сайт В.Ф. Очкова. http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html
8. Практическая работа в MathCad 14 (Русская версия). Обучающий видеокурс. <http://www.teachvideo.ru/course/120>
9. Поддержка по Office// <http://office.microsoft.com/ru-ru/word-help/?CTT=205>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровое моделирование радиоэлектронных систем и комплексов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad Education - University Edition (50 pack), Prime 3.0</p> <p>Mathcad 14</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad Education - University Edition (50 pack), Prime 3.0</p> <p>Mathcad 14</p>
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad Education - University Edition (50 pack), Prime 3.0</p> <p>Mathcad 14</p>

		<p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	
--	--	---	--