

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учебно-методическое объединение по образованию  
в области информатики и радиоэлектроники

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ А.Г. Баханович

\_\_\_\_\_

Регистрационный № \_\_\_\_\_

**«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ»**

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине  
для специальности**

**7-06-0713-03 Радиосистемы и радиотехнологии**

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель Учебно-методического  
объединения по образованию в  
области информатики и  
радиоэлектроники

\_\_\_\_\_ В.А. Богуш

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник Главного управления  
профессионального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ С.Н. Пищов

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по научно-методической  
работе Государственного учреждения  
образования «Республиканский  
институт высшей школы»

\_\_\_\_\_ И.В. Титович

\_\_\_\_\_

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Минск 2026 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

А.Л.Матюшков, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук;

Н.А.Титович, доцент кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;

З.Н.Мурашкина, старший преподаватель кафедры информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра инфокоммуникационных технологий учреждения образования «Белорусская государственная академия связи» (протокол № 2 от 17.09.2025);

В.И.Дравица, директор научно-инженерного республиканского унитарного предприятия «Межотраслевой научно-практический центр систем идентификации и электронных деловых операций», кандидат физико-математических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:**

Кафедрой информационных радиотехнологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 14 от 26.05.2025);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_);

Научно-методическим советом по радиосистемам и радиотехнологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № 9 от 26.05.2025)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Моделирование процессов и систем» разработана для магистрантов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 7-06-0713-03 «Радиосистемы и радиотехнологии» в соответствии с требованиями образовательного стандарта углубленного высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Значение учебной дисциплины «Моделирование процессов и систем» при подготовке высококвалифицированных специалистов углубленного высшего образования по специальности 7-06-0713-03 «Радиосистемы и радиотехнологии» определяется широким использованием математического и имитационного моделирования при проектировании радиотехнических систем и устройств, в том числе систем радионавигации, радиолокации, телевидения, беспилотных летательных аппаратов и систем радиоэлектронной защиты информации.

Учебная дисциплина предназначена для формирования у обучающихся фундаментальных знаний о месте математического моделирования в проектировании систем и устройств, о видах математического моделирования, принципах и методах математического моделирования радиоэлектронных систем, о планировании и обработке результатов математического моделирования, об особенностях использования различного программного обеспечения при математическом моделировании. Изучение данной учебной дисциплины создает предпосылки для активизации учебной и исследовательской деятельности, привлечения обучающихся к общественной жизни университета.

Обучающиеся, успешно освоившие учебную дисциплину «Моделирование процессов и систем», будут подготовлены к инженерной деятельности по проектированию современных радиоэлектронных систем, а также к научно-исследовательской деятельности по определению путей построения и функционально-технического облика перспективных радиоэлектронных систем.

Воспитательное значение данной учебной дисциплины заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

## ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели учебной дисциплины: изучение методов и принципов моделирования радиоэлектронных систем, а также овладение навыками компьютерного моделирования радиоэлектронных систем с использованием современных пакетов прикладного программного обеспечения.

Задачи изучения учебной дисциплины:

изучение места математического моделирования в проектировании радиоэлектронных систем;

приобретение навыков использования математического моделирования при проектировании радиоэлектронных систем;

получение навыков применения современных пакетов прикладного программного обеспечения при математическом моделировании радиоэлектронных систем.

Базовыми учебными дисциплинами для учебной дисциплины «Моделирование процессов и систем» являются такие учебные дисциплины общего высшего образования как «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Радиоприемные устройства». В свою очередь учебная дисциплина «Моделирование процессов и систем» содержательно связана с такими учебными дисциплинами, как «Алгоритмы и методы цифровой обработки сигналов в радиосистемах», «Прикладные аспекты радиосистем и радиотехнологий».

## ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Моделирование процессов и систем» формируется следующая углубленная профессиональная компетенция: оценивать эффективность методов и применять алгоритмы на их основе для моделирования и разработки современных радиотехнических систем.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

место математического моделирования в проектировании радиоэлектронных систем;

этапы компьютерного моделирования и их содержание;

принципы и методы математического моделирования сигналов и их прохождения в радиоэлектронных системах;

методы планирования, отладки и анализа модельного эксперимента;

*уметь:*

планировать и отлаживать модельный эксперимент;

проводить анализ результатов модельного эксперимента;

*иметь навык:*

моделирования сигналов и их прохождения в радиоэлектронных системах;  
использования современных пакетов прикладного программного обеспечения при математическом моделировании радиоэлектронных систем.

Примерная учебная программа рассчитана на 90 учебных часов, из них – 40 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 24 часа, практические занятия – 16 часов.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Название темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Практические занятия
Тема 1. Общие понятия моделирования радиоэлектронных систем (РЭС). Математическое моделирование РЭС	2	2	
Тема 2. Алгоритмы аналогово-цифрового преобразования сигналов при моделировании РЭС	4	2	2
Тема 3. Модели радиолиний систем связи	6	4	2
Тема 4. Функциональные модели РЭС	8	4	4
Тема 5. Использование дискретного преобразования Фурье и корреляционного анализа при моделировании РЭС и цифровой обработке сигналов	2	2	
Тема 6. Цифровая фильтрация радиосигналов	8	4	4
Тема 7. Стратегическое и тактическое планирование модельного эксперимента	6	4	2
Тема 8. Обработка, анализ и интерпретация результатов моделирования	4	2	2
<b>Итого:</b>	<b>40</b>	<b>24</b>	<b>16</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Тема 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ (РЭС). МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЭС

Понятие о моделировании радиоэлектронных систем. Место моделирования в проектировании РЭС. Разработка алгоритмов реализации моделей РЭС. Цели математического моделирования. Построение математической модели РЭС. Исследование системы с помощью модели.

### Тема 2. АЛГОРИТМЫ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РЭС

Идеальная модель аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Идеальная модель цифро-аналогового преобразователя.

Расчет основных параметров АЦП: частоты дискретизации, динамического диапазона, количества уровней квантования, общей скорости цифрового потока данных, ширины полосы информационного сигнала, отношения сигнал-шум.

Сверхдискретизация и субдискретизация при цифровой обработке сигналов. Зоны Найквиста. Антиалиазинговые фильтры.

### Тема 3. МОДЕЛИ РАДИОЛИНИЙ СИСТЕМ СВЯЗИ

Классификация систем связи. Ширина спектра и база радиосигнала. Простые, широкополосные и шумоподобные сигналы.

Расчет пороговой мощности шума на входе радиоприемного тракта.

Коэффициент шума радиотракта. Модель радиоприемного тракта при расчете коэффициента шума радиотракта. Расчет уровня радиосигнала на входе радиотракта при заданной мощности передатчика, несущей частоте, полосе и дальности.

Алгоритм расчета радиолинии «наземный пункт управления-беспилотный летательный аппарат» (БПЛА) для случая передачи цифровых широкополосных сигналов.

### Тема 4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ РЭС

Функциональные модели устройств и систем обработки сигналов аналоговых датчиков (микрофонные усилители, гидрофоны, магнетометры, трассоискатели, датчики вибрации, ИК-излучения, концентрации газа, температуры, давления).

Функциональные модели радиопередающих трактов радиолокационных станций (РЛС) и систем связи с цифровой обработкой сигналов.

Расчет основных параметров РЛС с использованием уравнения дальности.

Расчет и проектирование цифрового широкополосного приемника радиомониторинга.

## Тема 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ И КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ РЭС И ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ

Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье (БПФ). Разрешение по частоте при спектральном анализе спектра сигналов. Алгоритм выбора цифрового сигнального процессора при реализации БПФ. Оконные функции.

Автокорреляционная (АКФ) и взаимокорреляционная (ВКФ) функции при цифровой обработке сигналов в трактах РЭС.

Алгоритмы когерентного и некогерентного накопления сигналов.

## Тема 6. ЦИФРОВАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ РАДИОСИГНАЛОВ.

Модели фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ) и бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Моделирование фильтров по заданным характеристикам в MATLAB.

Адаптивная фильтрация радиосигналов.

## Тема 7. СТРАТЕГИЧЕСКОЕ И ТАКТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Принципы оптимизации модельного эксперимента. Стратегическое планирование эксперимента. Выбор контролируемых параметров и выходных показателей. Тактическое планирование эксперимента. Отладка, тестирование и проверка адекватности модели. Понятие адекватности. Ошибки модели. Ошибки и неточности математической модели.

## Тема 8. ОБРАБОТКА, АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Определение эмпирического закона распределения вероятностей оцениваемых параметров. Проверка совпадения эмпирического закона распределения вероятностей с модельным распределением. Оценка параметров распределения оцениваемого параметра.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### ОСНОВНАЯ

1. Сирота, А. А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем : учебное пособие / А. А. Сирота. – Москва : Техносфера, 2006. – 280 с.
2. Гладышев, А. М. Основы проектирования и эксплуатации радиосистем : учебно-методическое пособие / А. М. Гладышев, И. Н. Давыденко. – Минск : БГУИР, 2015. – 184 с.
3. Бакалов, В. П. Цифровое моделирование случайных процессов : учебное пособие / В. П. Бакалов. – Москва : САЙНС-ПРЕСС, 2002. – 88 с.
4. Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК : учебник / С. Г. Герман-Галкин. – Санкт-Петербург : Корона-Век, 2008. – 368 с.
5. Дьяконов, В. П. Matlab 7.\*/R2006/R2007 : самоучитель / В. П. Дьяконов. – Москва : ДМК Пресс, 2008. – 768 с.
6. Федосов, В. П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW : учебное пособие / В. П. Федосов, А. К. Нестеренко ; под ред. В. П. Федосова. – Москва : ДМК Пресс, 2013. – 470 с.
7. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора : практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW : учебное пособие / Ю. К. Евдокимов, В. Р. Линдваль, Г. И. Щербаков. – Москва : ДМК Пресс, 2007. – 400 с.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

8. Половко, А. М. Mathcad для студента / А. М. Половко, И. В. Ганичев. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. – 336 с.
9. Информационные технологии в радиотехнических системах : учебное пособие / под ред. И. Б. Федорова. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 672 с.
10. Тутыгин, В. С. Цифровая обработка сигналов. Конспект лекций / В. С. Тутыгин. – Санкт-Петербург : Политехнический университет, 2017. – 165 с.

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- конспектирование лекций;
- реферирование литературы;
- выполнение заданий поисково-исследовательского характера;
- выполнение моделирования и расчетов параметров систем;
- подготовка конспектов выступлений на коллоквиумах.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЩАЮЩИХСЯ

Примерным учебным планом по специальности 7-06-0713-03 «Радиосистемы и радиотехнологии» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Моделирование процессов и систем» рекомендуется зачет. Оценка учебных достижений обучающихся производится по системе «зачтено/не зачтено».

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций могут использоваться следующие формы:

- коллоквиум;
- контрольный опрос;
- контрольная работа.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, проектного метода, реализуемые на практических занятиях.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Расчет основных параметров АЦП.
2. Расчет радиолинии БПЛА-наземный командный пункт управления.
3. Модель радиотракта.
4. Моделирование цифровых фильтров.
5. Планирование эксперимента и выбор параметров.
6. Обработка и анализ результатов.

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ (необходимого оборудования, наглядных пособий и др.)

1. Пакет компьютерной математики MathCad-2015.
2. Пакет прикладного программного обеспечения MATLAB R2019b.
3. Анализатор спектра.