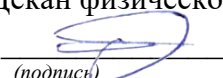


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра радиотехнических систем

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан физического факультета  
  
(подпись) И.С. Огнев

«21» мая 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Имитационное и полунатурное моделирование»**

Направление подготовки  
03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль)  
Информационные процессы и системы

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
от «18» апреля 2024 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «30» апреля 2024 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Имитационное и полунатурное моделирование» являются приобретение знаний и умений в области математического, имитационного и полунатурного моделирования инфокоммуникационных систем, формирование научного мировоззрения.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Имитационное и полунатурное моделирование» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина «Имитационное и полунатурное моделирование» направлена на развитие знаний, умений и навыков по исследованию и проектированию систем методом моделирования, использует знания, полученные при изучении дисциплин «Математическое моделирование в радиофизике», «Радиотехнические и телекоммуникационные системы», «Радиоканалы» и др.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Имитационное и полунатурное моделирование», востребованы при выполнении научно-исследовательской работы, преддипломной практики и выпускной квалификационной работы.

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

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

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<b>ПК-2.</b> Способен к организации и самостоятельному выполнению фундаментальных и (или) прикладных исследований теоретического и (или) экспериментального характера	<b>ИД_ПК-2.2</b> Самостоятельно выполняет исследования теоретического и (или) экспериментального характера в соответствии с планом	<b>знает:</b> – общую методику моделирования сложных систем; – модели сигналов, линейных и нелинейных стационарных систем, каналов распространения сигналов; – архитектуру и характеристики аппаратных средств полунатурного моделирования; <b>умеет:</b> – формировать идеализированное представление об объекте и отбрасывать несущественные его свойства; – исследовать модели объектов численными или аналитическими средствами – делать содержательные технические или физические выводы о свойствах исследуемого объекта (или процесса); <b>владеет навыками:</b> – моделирования сигналов на выходе каналов передачи различной сложности; – отладки функционирования систем методом моделирования.

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации  Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					Самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение в дисциплину.	3		2		0,2		8	
2	Методика моделирования.	3		2		0,4		10	Практическое задание № 3
3	Модели сигналов радиотехнических систем.	3		2		0,4		10	Практическое задание №1
4	Модели радиотехнических систем.	3		2		0,4		13	Практическое задание №2
5	Модели радиоканалов.	3		3		0,4		11	Практическое задание №3
6	Программное обеспечение моделирования	3		2		0,4		10	Практическое задание №3
7	Специализированные аппаратные средства моделирования.	3		2		0,4		10	
8	Практические задачи имитационного и полунатурного моделирования радиолокации, радионавигации, радиосвязи	3		4		0,4		13	Практическое задание №3
	Промежуточная аттестация	3					0,3	1,7	Зачет
	ИТОГО			18		3	0,3	86,7	

#### Содержание разделов дисциплины:

##### 1 Введение в дисциплину

- 1.1 Место моделирования в исследованиях и разработке сложных систем.
- 1.2 Понятие модели. Классификация моделей.

##### 2 Методика моделирования

- 2.1 Иерархический подход к моделированию сложных систем.
- 2.2 Адекватность моделей. Проверка и верификация моделей.

### **3 Модели сигналов радиотехнических систем**

- 3.1 Непрерывные, дискретные и цифровые сигналы. Теорема дискретизации.
- 3.2 Детерминированные и случайные сигналы.
- 3.3 Временное и частотное представление сигналов

### **4 Модели радиотехнических систем**

- 4.1 Временное и частотное представление систем.
- 4.2 Линейные системы с постоянными и переменными параметрами.
- 4.3 Нелинейные системы.

### **5 Модели радиоканалов**

- 5.1 Классификация каналов и их характеристики. Виды моделей каналов.
- 5.2 Статистический метод моделирования каналов.
- 5.3 Детерминированный метод моделирования каналов, электродинамические основы.
- 5.4 Аппаратная реализация моделей каналов.

### **6 Программное обеспечение моделирования**

- 6.1 Обзор программных средств имитационного моделирования.
- 6.2 Принципы построения средств имитационного моделирования.

### **7 Специализированные аппаратные средства моделирования**

- 7.1 Виды аппаратных средств полунатурного моделирования.
- 7.2 Обзор архитектуры и характеристик.

### **8 Практические задачи имитационного и полунатурного моделирования в радиолокации, радионавигации, радиосвязи**

- 8.1 Исследование и отработка систем радиосвязи.
- 8.2 Исследование и отработка систем радиолокации.

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

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

**Семинар** – форма занятия, на котором происходит обсуждение студентами под руководством преподавателя заранее подготовленных докладов, рефератов, проектов. Семинар выполняет следующие функции: систематизация и обобщение знаний по изученному вопросу, теме, разделу (в том числе в нескольких учебных курсах); совершенствование умений работать с дополнительными источниками, сопоставлять изложение одних и тех же вопросов в различных источниках информации; умений высказывать свою точку зрения, обосновывать ее; писать рефераты, тезисы и планы докладов и сообщений.

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

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

**Электронный учебный курс «Имитационное и полунатурное моделирование» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:**

- представлены вводные теоретические сведения для выполнения практических заданий;
- размещены формулировки и варианты практических заданий;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

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

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

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

- программы Microsoft Office;
- Adobe Acrobat Reader;

для выполнения обучающимися заданий текущего контроля:

- MathWorks Matlab Simulink.

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

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

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

##### **а) основная литература**

1. Герасимов, А. Б. Полунатурное моделирование радиотехнических систем : учеб. пособие для студ-тов, обучающихся по направлениям РФ, РТ, ИТС [Электронный ресурс] / А. Б. Герасимов, А. Н. Кренёв, Е. А. Селянская ; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, ЯрГУ, 2014 – 127 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20140701.pdf>

##### **б) дополнительная литература**

1. Монаков, А. А. Математическое моделирование радиотехнических систем : учебное пособие / А. А. Монаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 148 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/76276> (26.02.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

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

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

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

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

Автор:

Доцент кафедры  
радиотехнических систем, к.т.н.

---

*должность, ученая степень*

А.Б. Герасимов

---

*И.О. Фамилия*

## Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины «Имитационное и полунатурное моделирование»

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

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

#### Практические задания

#### Примерные формулировки заданий

##### Практическое задание №1

Разработать параметры алгоритма формирования нормального случайного процесса с спектральной плотностью мощности вида  $S(\omega) = 1/(1 + \omega^2/\omega_0^2)^2$ , реализовать генератор случайного процесса и оценить его ПРВ и СПМ.

Шкала оценивания результата:

«неудовлетворительно» – правильное выражение для расчёта коэффициентов формирующего фильтра не получено

«удовлетворительно» – правильно получено выражение для расчёта коэффициентов формирующего фильтра;

«хорошо» – программно реализован генератор случайного процесса и подтверждена нормальная СПМ случайного процесса;

«отлично» – подтверждена требуемая форма СПМ случайного процесса.

##### Практическое задание №2

Выполнить расчёт низкочастотного эквивалента (baseband) согласованного фильтра для прямоугольных радиоимпульсов. Сравнить результаты фильтрации сигнала при моделировании обработки радиосигнала и низкочастотного эквивалента.

Шкала оценивания результата:

«неудовлетворительно» – правильное выражение для низкочастотного эквивалента согласованного фильтра не получено;

«удовлетворительно» – правильно получено выражение для низкочастотного эквивалента согласованного фильтра;

«хорошо» – сделана программная реализация низкочастотного эквивалента согласованного фильтра, получены адекватные осциллограммы выходного сигнала;

«отлично» – проведено моделирование обработки радиосигнала и сравнение результатов с моделью низкочастотного эквивалента.

##### Задание для самостоятельной работы № 3

Разработать имитационную модель цифровой системы передачи с DQPSK модуляцией с согласованной фильтрацией входного сигнала в среде Matlab. Исследовать энергетическую эффективность данной системы при её работе в многолучевом радиоканале с коррелированным аддитивным шумом. Вид канала задаёт преподаватель, параметры СПМ используются из задания для самостоятельной работы №1.

Шкала оценивания результата:

«неудовлетворительно» – функционирующая имитационная модель системы передачи не создана;

«удовлетворительно» – разработана функционирующая имитационная модель системы передачи;

«хорошо» – получена кривая энергетической эффективности системы, но не оценены погрешности измерения;

«отлично» – получена кривая энергетической эффективности системы с оценками погрешности измерения.

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

Зачет по дисциплине проводится по результатам выполнения практических заданий.

## **3. Правила выставления зачета**

Выставление оценки на зачете проводится по следующему критерию:

– наличие оценок не ниже «удовлетворительно» за выполнение всех практических заданий соответствует зачетной оценке «зачтено»;

– наличие хотя бы одной оценки «неудовлетворительно» за выполнение практических заданий соответствует зачетной оценке «не зачтено».



## **Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Имитационное и полунатурное моделирование»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Формой изучения дисциплины «Имитационное и полунатурное моделирование» являются практические занятия. Основная часть времени практических занятий отводится на самостоятельное выполнение практических заданий. Перед началом выполнения каждого задания преподаватель проводит консультации, на которых излагаются основные теоретические сведения, необходимые для выполнения задания. Материал, изученный на консультациях, необходимо повторно разобрать в ходе самостоятельной работы, используя учебную литературу по дисциплине.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится по результатам выполнения практических заданий. Поэтому необходимо регулярно работать с течение семестра, обязательно посещать аудиторные занятия, в ходе которых обучающимся предоставляются рабочие места за персональными компьютерами с установленным программным обеспечением.