

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

О.Ю. Долматов

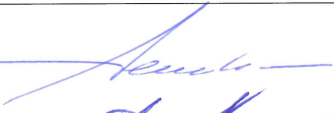
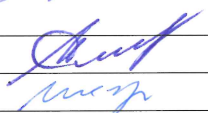
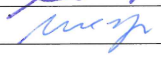
« 1 » 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ТЕОРИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление подготовки/ специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Математическое моделирование и компьютерные вычисления		
Специализация			
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	-	
	Лабораторные занятия	32	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЭФ ИЯТШ
------------------------------	----------------	------------------------------	-----------------

Заведующий кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры		А.М. Лидер
Руководитель ООП		М.Е. Семенов
Преподаватель		А.Н. Мягкий

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п.5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	И.ОПК(У)-3.1	Использование фундаментальных результатов математики при разработке моделей	ОПК(У)-3.У3	Умеет использовать основные математические модели, умеет строить вычислительные алгоритмы для обработки данных в области профессиональных деятельности
				ОПК(У)-3.34	Знает методы анализа математических моделей в области профессиональных деятельности
ОПК(У)-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	И.ОПК(У)-2.1	Применение методов исследования математических моделей	ОПК(У)-2.У2	Умеет выявлять общие закономерности исследуемых объектов
				ОПК(У)-2.33	Знает основные принципы математического моделирования
				ОПК(У)-2.В4	Владеет навыками построения и реализации основных математических алгоритмов, методологией математического моделирования

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	<i>В результате освоения дисциплины студент должен знать:</i> – основные типы случайных процессов (гауссовский случайный процесс, винеровский процесс, марковский процесс, пуассоновский процесс); – основные характеристики случайных процессов (функция распределения, плотность вероятности, моментные функции); – свойства марковских случайных процессов; – способы спектрального представления случайного процесса, понятие белого шума; – методы решения стохастических дифференциальных уравнений.	ОПК(У)-2.33 ОПК(У)-3.34
РД 2	Уметь применять основные методы теории случайных процессов к	ОПК(У)-3.У3

	решению практических задач финансовой математики.	ОПК(У)-2.У2
РД 3	Владеть навыками использования математических пакетов при моделировании случайных процессов.	ОПК(У)-2.В4

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Основные понятия теории случайных процессов	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	12
Раздел 2. Элементы стохастического анализа	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел 3. Марковские случайные процессы и цепи Маркова	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	12
Раздел 4. Стационарные случайные процессы	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел 5. Применение случайных процессов	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	-
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные понятия теории случайных процессов

Понятие случайной функции/процесса. Сечение и реализация случайного процесса. Одномерные и конечномерные распределения вероятности, плотности распределений вероятности случайного процесса, их свойства. Характеристические функции случайного процесса, их свойства. Начальные и центральные моментные функции. Математическое ожидание, дисперсия и ковариационная функция. Взаимная ковариационная функция. Классификация случайных процессов. Стационарный случайный процесс. Гауссовский (нормальный) случайный процесс. Марковский процесс. Случайный процесс с независимыми приращениями. Винеровский процесс (процесс броуновского движения), его свойства. Пуассоновский процесс.

Темы лекций:

1. Понятие случайного процесса и его характеристики.

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование случайного процесса и расчет его характеристик.
2. Численное моделирование траекторий винеровского процесса.

Раздел 2. Элементы стохастического анализа

Понятие сходимости в теории случайных процессов. Непрерывность в среднем квадратичном случайного процесса в точке/на множестве. Критерий непрерывности. Дифференцируемость случайного процесса в среднем квадратичном в точке/на множестве. Критерий дифференцируемости. Интегрируемость случайного процесса в среднем квадратичном. Критерий интегрируемости. Вычисление математического ожидания и корреляционной функции производной и интеграла от случайного процесса. Стохастические интегралы и дифференциалы. Стохастический интеграл в форме Ито. Свойства интеграла Ито. Понятие о стохастическом дифференциальном уравнении. Формула дифференцирования Ито. Методы решения стохастических дифференциальных уравнений. Действие линейного оператора на случайный процесс. Разложение случайных процессов по ортогональным функциям.

Темы лекций:

1. Сходимость, дифференцирование и интегрирование случайных процессов.
2. Решение стохастических дифференциальных уравнений.

Названия лабораторных работ:

1. Численное интегрирование стохастических дифференциальных уравнений (уравнение Блэка-Шоулса, Васичека, Коха, Росса-Рубинштейна, Орнштейна-Уленбека).

Раздел 3. Марковские случайные процессы и цепи Маркова

Цепи Маркова с дискретным временем. Матрица вероятностей перехода и ее свойства. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Классификация состояний цепи Маркова по асимптотическим свойствам переходных вероятностей. Эргодические теоремы для цепей Маркова. Стационарные цепи Маркова. Цепи Маркова с непрерывным временем и их свойства. Системы дифференциальных уравнений Колмогорова для однородной цепи Маркова с конечным числом состояний. Процесс гибели-размножения. Непрерывные марковские процессы и их свойства. Уравнение Маркова-Смолуховского-Чепмена-Колмогорова. Диффузионные случайные процессы. Обратное уравнение Колмогорова. Прямое уравнение Колмогорова-Фоккера-Планка. Допредельные модели диффузионных процессов.

Темы лекций:

1. Марковские процессы с дискретными состояниями и цепи Маркова.
2. Марковские процессы с непрерывными состояниями.

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование переходов в цепи Маркова с дискретным временем.
2. Моделирование переходов в цепи Маркова с непрерывным временем.

Раздел 4. Стационарные случайные процессы

Стационарные в узком и широком смысле случайные процессы. Стационарные случайные процессы с дискретным спектром. Представление стационарного процесса суммой ряда Фурье. Стационарный случайный процесс с непрерывным спектром. Спектральная плотность стационарного в широком смысле случайного процесса, ее вычисление и свойства. Интегральное представление стационарного в широком смысле

случайного процесса. Белый шум и его свойства. Преобразование стационарного случайного процесса при его прохождении через линейную динамическую систему. Эргодическое свойство случайных процессов. Мартингалы.

Темы лекций:

1. Спектральная теория стационарных случайных процессов.

Названия лабораторных работ:

1. Оценивание характеристик стационарного случайного процесса.

Раздел 5. Применение случайных процессов

Марковские системы массового обслуживания (СМО) и их анализ. Исследование марковской сети массового обслуживания в стационарном и переходном режимах. Применение винеровского процесса и стохастических дифференциальных уравнений в финансовой математике. Применение уравнения Колмогорова-Фокера-Планка. Анализ и прогнозирование доходов в марковских сетях.

Темы лекций:

1. Элементы теории массового обслуживания.
2. Применение случайных процессов к описанию экономических моделей.

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование и расчет характеристик марковских СМО.
2. Модели стохастической волатильности.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М: КноРус, 2011.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C211067>
2. *Белопольская Я.И.* Стохастические дифференциальные уравнения. Приложения к задачам математической физики и финансовой математики. — М: Лань, 2019.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU-LAN-BOOK-107272>
3. *Круглов В.М.* случайные процессы. – М.: Академия, 2013.

- <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C263417>
4. *Бородин А.Н.* Случайные процессы. – СПб.: Лань, 2013.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C256993>
5. *Лифшиц М.А.* Случайные процессы – от теории к практике. – СПб.: Лань, 2016.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C337572>

Дополнительная литература

1. *Розов А.К.* Стохастические дифференциальные уравнения и их применение. — СПб: Политехника, 2008.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C182880>
2. *Миллер Б.М., Панков А.Р.* Теория случайных процессов в примерах и задачах. – М: Физматлит, 2000.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C57563>
3. *Волков И.К., Зуев С.М., Цветкова Г.М.* Случайные процессы. – М: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C72731>
4. *Булковский А.В., Ширяев А.Н.* Теория случайных процессов. – М: Физматлит, 2005.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C118776>
5. *Зуев Н.М., Хаткевич Л.А.* Случайные процессы: Задачник. – Минск: Изд-во БГУ, 2002.
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C57365>

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. <http://www.lib.mexmat.ru> - Электронная библиотека ММФ МГУ;
2. <http://www.mathnet.ru> - Общероссийский математический портал;
3. <http://www.benran.ru> - Библиотека по естественным наукам РАН.
4. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player;
4. AkelPad;
5. Cisco Webex Meetings;
6. Document Foundation LibreOffice;
7. Google Chrome;
8. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
9. Mozilla Firefox ESR;
10. PTC Mathcad Prime 6 Academic Floating;
11. Tracker Software PDF-XChange Viewer;
12. WinDjView;
13. Zoom Zoom

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных	Доска аудиторная настенная - 2

2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 427А	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Шкаф для одежды - 1 шт.; Шкаф для документов - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест; Компьютер - 11 шт. 7-Zip; Adobe Flash Player; AkelPad; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; PTC Mathcad Prime 6 Academic Floating; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView
----	--	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль «Математическое моделирование и компьютерные вычисления» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭФ ТПУ		Мягкий А.Н.

Программа одобрена на заседании отделения экспериментальной физики ИЯТШ (протокол № 3 от 31.08.2020 г.).

Заведующий кафедрой – руководитель отделения (на правах кафедры) экспериментальной физики ИЯТШ:

д. т. н.  /Лидер А. М./
подпись