

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

«26» 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 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
Руководитель ООП
Преподаватель

А.М. Лидер

М.Е. Семенов

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

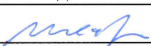
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	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 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЭФ ТПУ		Мягкий А.Н.

Программа одобрена на заседании отделения экспериментальной физики ИЯТШ (протокол № 6 от 20.06.2019).

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

д. т. н.  /Лидер А. М./
подпись