

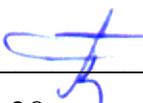
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 28 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теория случайных процессов
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Математическое моделирование (СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: Привитие навыков и умения математического описания систем, процессов и явлений в условиях стохастического описания параметров. Для этих целей предлагается использовать аппараты теории случайных процессов.

Задачи дисциплины: в результате изучения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- основные математические понятия в условиях стохастического описания параметров.
- основы и основные методы теории случайных процессов.

Уметь:

- выбирать подходы к решению задач в условиях стохастического описания информации.

Владеть:

- навыками построения моделей процессов и явлений в условиях стохастического описания параметров, владеть методологией и навыками решения научных и практических задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

случайные процессы;
стохастические дифференциальные уравнения

1.3. Входные требования

Знание аппарата теории вероятностей и математической статистики

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знает математический аппарат расчета вероятностных характеристик случайных процессов; методы теории случайных процессов;- количественные методы оценки случайных событий, величин, систем величин; математический аппарат обработки статистических данных	Знает основы фундаментальной и прикладной математики, основы вычислительной техники и программирования	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умеет применять на практике методы теории случайных процессов; выполнять расчет вероятностных характеристик при анализе и синтезе реальных случайных процессов.	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с применением естественнонаучных знаний, методов математического анализа и моделирования	Отчёт по практическому занятию
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владеет методологией и навыками решения научных и практических задач; основными понятиями и методами теории случайных процессов; обработки и анализа статистических данных с применением ЭВМ.	Владеет навыками теоретического исследования объектов профессиональной деятельности	Курсовая работа
ОПК-2	ИД-1ОПК-2	Умеет обосновывать выбор и применение современного математического аппарата в исследовательской и прикладной деятельности в условиях стохастической исходной информации	Умеет обосновывать выбор и применение современного математического аппарата и систем программирования в исследовательской и прикладной деятельности	Отчёт по практическому занятию
ОПК-2	ИД-2ОПК-2	Владеет навыками применения современного математического аппарата в исследовательской и прикладной деятельности для описания процессов и явлений в условиях стохастической исходной информации	Владеет навыками применения современного математического аппарата и систем программирования при разработке и реализации алгоритмов решения прикладных задач	Курсовая работа
ОПК-2	ИД-3ОПК-2	Знает современный математический аппарат, необходимый при моделировании систем и процессов в условиях стохастического описания параметров	Знает современный математический аппарат, особенности применения современных математических методов и систем программирования в областях знаний, связанных с профессиональной деятельностью;	Контрольная работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	27	27	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Случайные процессы	6	0	13	15
Тема 1. Определение случайного процесса. Траектория, сечение. Примеры случайных процессов. Классификация случайных процессов. Процессы с независимыми приращениями. Процессы стационарные в узком и широком смысле. Марковские процессы. Процесс Пуассона. Цепи Маркова. Вероятность перехода. Примеры. Классификация состояний марковской цепи. Необходимое и достаточное условие возвратности состояния. Сходимость к предельному состоянию (эргодические теоремы). Предельные теоремы. Тема 2. Характеристики случайного процесса. Сходимость последовательности случайных величин в среднем квадратичном. Непрерывность и дифференцируемость в среднем квадратичном случайного процесса. Дифференциал Ито. Стохастические интегралы. Интеграл Ито. Формула Ито. Тема 3. Марковские процессы. Процессы дискретные в пространстве состояний. Вероятность сохранения состояния. Построение марковского процесса. Система уравнений А.Н.Колмогорова. Примеры дискретных марковских процессов.				
Стохастические дифференциальные уравнения	10	0	14	30
Тема 4. Стохастические дифференциальные уравнения (Уравнения Ито). Коэффициенты сноса, коэффициенты диффузии. Постановка задачи Коши. Тема 5. Уравнение для характеристической функции и плотности (уравнение ФПК и Колмогорова). Тема 6. Дифференциальные уравнения со случайными шумами. Уравнение формирующего фильтра. Задача синтеза шума и задача анализа. Спектральная плотность. Теорема Дуба. Схема нахождения вероятностных характеристик неизвестного случайного процесса.				
Курсовая работа	0	0	0	18
Курсовая работа				
ИТОГО по 7-му семестру	16	0	27	63
ИТОГО по дисциплине	16	0	27	63

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
--------	--

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение случайного процесса. Траектория, сечение.
2	Цепи Маркова. Вероятность перехода. Примеры.
3	Характеристики случайного процесса.
4	Марковские процессы. Примеры.
5	Система уравнений А.Н.Колмогорова
6	Стохастические дифференциальные уравнения (Уравнения Ито). Коэффициенты сноса, коэффициенты диффузии.
7	Уравнения ФПК и А.Н.Колмогорова
8	Дифференциальные уравнения со случайными шумами. Уравнение формирующего фильтра.
9	Задача синтеза шума и задача анализа. Спектральная плотность.

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Линейное прогнозирование стационарных последовательностей.
2	Нелинейная фильтрация марковских случайных последовательностей.
3	Алгоритмы субоптимальной нелинейной фильтрации
4	Дифференцирование случайных функций
5	Вероятностное описание марковских случайных функций с дискретным множеством значений
6	Приложения в экологии. Детерминированная и вероятностная модели системы "хищник-жертва"

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учебное пособие для втузов. 5-е изд., стер. Москва : КНОРУС, 2013. 480 с.	10
2	Волков И. К., Зуев С. М., Цветкова Г. М. Случайные процессы : учебник для втузов. 3-е изд., испр. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. 447 с.	6
3	Прохоров А. В., Ушаков В. Г., Ушаков Н. Г. Задачи по теории вероятностей. Основные понятия. Предельные теоремы. Случайные процессы : учебное пособие. Москва : Университет, 2009. 327 с.	5
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Миллер Б. М., Панков А. Р. Теория случайных процессов в примерах и задачах. Москва : Физматлит, 2002. 317 с.	9
2	Розанов Ю. А. Случайные поля и стохастические уравнения с частными производными. Москва : Наука, 1995. 252 с.	2
3	Розанов Ю. А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика : учебник для вузов. 2-е изд., доп. Москва : Наука, 1989. 319 с.	5
4	Случайные процессы. Примеры и задачи. Случайные величины и процессы. Москва : Радио и связь, 2003. 399 с.	9
2.2. Периодические издания		
1	Журнал вычислительной математики и математической физики. Москва : Наука, 1961 - .	
2	Известия Российской академии наук. Серия математическая : научный журнал. Москва : Наука, 1937 - .	
3	Успехи математических наук : журнал. Москва : Наука, 1936 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	

3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Введение в математическое моделирование : учебное пособие	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2392	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 11 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц.L3263-7820*)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Среды разработки, тестирования и отладки	C++ Builder 2007 Enterprise , лиц. PO-398ESD, ПНИПУ

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10
Лекция	Аудитории, оборудованные ноутбуком, видеопроектором	6
Практическое занятие	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	10

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Теория случайных процессов»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) образовательной программы: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Математическое моделирование систем и процессов

Форма обучения: Очная

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 7 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 7 семестр

Курсовая работа: 7 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий	Рубежный		Промежуточный	
	ТО	ИЗ	РКР	КР	Экзамен
Усвоенные знания					
3.1 современный математический аппарат, необходимый при моделировании систем и процессов в условиях стохастического описания параметров	ТО		РКР		ТВ, ПЗ
Освоенные умения					
У.1 обосновывать выбор и применение современного математического аппарата в исследовательской и прикладной деятельности в условиях стохастической исходной информации	ТО		РКР		ТВ, ПЗ
Приобретенные владения					
В.1 навыками применения современного математического аппарата в исследовательской и прикладной деятельности для описания процессов и явлений в условиях стохастической исходной информации			РКР	КР	ТВ, ПЗ

ТО –теоретический опрос; ИЗ –индивидуальное задание(с защитой); РКР – рубежная

контрольная работа; КР – курсовая работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание;

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена и курсовой работы, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной

дисциплины).

2.2.1. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Случайные процессы», вторая КР – по модулю 2 «Стохастические дифференциальные уравнения».

Типовые вопросы и задания первой КР:

1. Характеристики случайного процесса. Сходимость последовательности случайных величин в среднем квадратичном.
2. Непрерывность и дифференцируемость в среднем квадратичном случайного процесса. Дифференциал Ито. Стохастические интегралы.

Типовые вопросы и задания второй КР:

1. Стохастические дифференциальные уравнения (Уравнения Ито). Коэффициенты сноса, коэффициенты диффузии. Постановка задачи Коши.
2. Уравнение для характеристической функции и плотности (уравнение ФПК и Колмогорова).

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условием допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Определение случайного процесса и его характеристики.
2. Классификация случайных процессов.
3. Цепи Маркова. Классификация состояний марковской цепи. Вероятность перехода.
4. Интеграл Ито.
5. Дифференциал Ито.
6. Стохастические дифференциальные уравнения. Постановка задачи Коши.

Типовые практические задания для контроля освоенных умений:

1. Исследовать заданный случайный процесс на стационарность (в широком смысле, в узком смысле).
2. Найти стационарные режимы для заданной марковской цепи.
3. Составить схему определения вероятностных характеристик неизвестного случайного процесса.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2. Перечень типовых тем курсовых работ

Темы курсовых работ рекомендуется выбирать в соответствии с тематикой НИРС, предполагающую применение вычислительных методов для систем дифференциальных уравнений.

Тема может быть выбрана из списка типовых:

1. Линейное прогнозирование стационарных последовательностей.
2. Дифференцирование случайных функций.
3. Эргодические свойства однородных марковских случайных функций.
4. Ветвящиеся процессы с взаимодействием.
5. Ветвящиеся процессы.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент

формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.