МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДАЮ

Директор _____ В.П. Гергель

" ____ " _____ 20__ г.

Рабочая программа дисциплины

Теория случайных процессов

Уровень высшего образования

бакалавриат

Направление подготовки

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность образовательной программы

Общий профиль

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

Форма обучения

очная

Нижегород

2017

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теория случайных процессов» (Б1.Б.11) предназначена для студентов 3 курса (6 семестр), обучающихся по направлению подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», относится к дисциплинам базовой части ОПОП. Дисциплина опирается на материал курсов «Функциональный анализ», «Теория вероятностей», «Математическая статистика».

Цель освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются: знакомство с основными математическими моделями случайных процессов и способами их моделирования и анализа, в частности, терминология и основные понятия случайных процессов, вероятностные распределения и моментные функции, процессы с независимыми приращениями, стационарные в широком смысле процессы и их корреляционные и спектральные характеристики, марковские цепи с дискретным и непрерывным временем, стохастические дифференциальные уравнения.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК -1</i> готовность использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероят-	ЗНАТЬ <i>З1(ОПК-1) знать основные факты и принципы математической статистики</i> УМЕТЬ <i>У1(ОПК-1) использовать базовые знания и фундаментальные концепции математической статистики;</i> <i>У2(ОПК-1) логически верно и ясно формулировать основные утверждения в области математической статистики</i> ВЛАДЕТЬ <i>В1(ОПК-1) основными методами, позволяющими применять фундаментальные знания математической статистики</i>

ностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в будущей профессиональной деятельности	
<i>ПК-2</i> способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	<p>ЗНАТЬ <i>З1(ПК-2) знать основные понятия и методы математического описания количественных показаний различных измерителей результатов статистически устойчивого эксперимента, основы аппроксимации случайных величин и их законов распределения</i></p> <p>УМЕТЬ <i>У1(ПК-2) профессионально строить адекватные вероятностные модели случайных экспериментов и их количественных измерителей,</i> <i>У2(ПК-2) проводить анализ вероятностных свойств количественных характеристик элементарных исходов статистически устойчивых экспериментов</i></p> <p>ВЛАДЕТЬ <i>В1(ПК-2) методами теории случайных процессов, которые позволяют изучить свойства реальных процессов и явлений, функционирующих в условиях случайных факторов, неопределенностей и получения дополнительной информации</i> <i>В2(ПК-2) способами научного анализа экспериментальных данных, относящихся к массовым явлениям, с целью определения некоторых обобщающих эти данные характеристик, и выявления статистических закономерностей наблюдаемого процесса</i></p>
<i>ПК-4</i> способность публично представлять собственные и известные научные результаты	<p>ЗНАТЬ <i>З1(ПК-4) знать основные принципы публичного представления научных результатов</i></p> <p>УМЕТЬ <i>У1(ПК-4) представлять собственные и известные научные результаты</i></p> <p>ВЛАДЕТЬ <i>В1(ПК-4) методами публичного представления научных результатов</i></p>

3. Структура и содержание дисциплины «Теория случайных процессов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы 108 часов, из которых 64 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 32 часа практических занятий), 44 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе	
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа студента

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Лабораторные работы	Консультации индивидуальные	Всего контактных часов	часы
Случайные процессы. Распределения случайных процессов.	11	3	3			6	5
Процессы с независимыми приращениями. Пуассоновские и Гауссовские процессы.	11	3	3			6	5
Броуновское движение. Свойства траекторий.	13	4	4			8	5
Мартингалы. Субмартингалы. Супермартингалы.	21	6	6			12	9
Слабая сходимость мер. Принцип инвариантности.	13	4	4			8	5
Марковские процессы.	13	4	4			8	5
Стационарные процессы.	13	4	4			8	5
Стохастические дифференциальные уравнения. Интеграл Ито.	13	4	4			8	5
В т.ч. текущий контроль	2						
Промежуточная аттестация: зачет.							

4. Образовательные технологии дисциплины «Теория случайных процессов»

В процессе изучения дисциплины «Теория случайных процессов» используются учебно-методический комплекс и дистанционный учебный материал по дисциплине, разработанные на кафедре прикладной теории вероятностей. Основные методические инновации и образовательные технологии при изучении этой дисциплины связаны с применением интерактивных методов обучения, которые предполагают такую организацию учебного процесса, при которой практически все студенты оказываются вовлеченными в процесс познания, имеют возможность понимать и рассуждать по поводу того, что они знают и думают. Такой процесс обучения занимает 20% лекций. При этом идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Самостоятельная работа студентов происходит в форме выполнения домашних заданий по дисциплине, реализующих процедуры построения вероятностных моделей статистически устойчивых случайных экспериментов. Самостоятельная работа контролируется преподавателем, как во время аудиторных занятий, так и во время внеаудиторной работы, в том числе с использованием консультаций по электронной почте.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Предусмотрены консультации по лекционному курсу и по практике, проводимые преподавателями. Самостоятельная работа заключается в ознакомлении с теоретическим материалом по учебникам и монографиям, указанным в списке литературы. Самостоятельная работа также заключается в решении практических задач и ответов на вопросы само-

контроля. Самостоятельная работа может происходить как в читальном зале библиотеки, так и в домашних условиях.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Оценка уровня формирования компетенции ПК-2

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	Шкала оценивания
<p>Знать З1 знать методы математического описания количественных показателей различных измерителей результатов статистически устойчивого эксперимента, основы аппроксимации случайных величин и их законов распределения</p> <p>Уметь У1 профессионально строить адекватные вероятностные модели случайных экспериментов и их количественных измерителей, У2 проводить анализ вероятностных свойств количественных характеристик элементарных исходов статистически устойчивых экспериментов</p> <p>Владеть В1 методами теории вероятностей и математической статистики, которые позволяют изучить свойства реальных процессов и явлений, функционирующих в условиях случайных факторов, неопределенностей и получения дополнительной информации В2 способами научного анализа экспериментальных данных, относящихся к массовым явлениям, с целью определения некоторых обобщающих эти данные характеристик, и выявление статистических закономерностей наблюдаемого процесса</p>	Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Плохой уровень формирования компетенции. «Плохо»
	Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией	Неудовлетворительный уровень формирования компетенции. «неудовлетворительно»
	Знать некоторые основные понятия и методы математической статистики. Уметь У1, У2 с погрешностями. Владеть некоторыми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.	Удовлетворительный уровень формирования компетенции. «Удовлетворительно»
	Знать большинство основных понятий и свойств З1. Уметь У1 и У2 с незначительными погрешностями. Владеть основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях	Хороший уровень формирования компетенции. «Хорошо»
	Знать понятия и свойства З1. Уметь У1 и У2 с незначительными погрешностями. Владеть всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях	Очень хороший уровень формирования компетенции «Очень хорошо»
	Знать основные методы и алгоритмы, предусмотренные компе-	Отличный уровень

	тенцией без ошибок и погрешностей. Уметь У1 и У2 в полном объеме. Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях.	формирования компетенции «Отлично»
	Знать основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей. Уметь У1 и У2 в полном объеме. Свободно Владеть всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях.	Превосходный уровень формирования компетенции «Превосходно»

Оценка уровня формирования компетенции ПК-4

Показатели обучения, характеризующие ПК-4 — способность публично представлять собственные и известные научные результаты	Показатели уровня формирования компетенции	Характеристика уровня формирования компетенции
<p>Уметь: У1 (ПК-4) представлять собственные и известные научные результаты</p> <p>Знать: З1 (ПК-4) знать основные принципы публичного представления научных результатов</p> <p>Владеть: В1 (ПК-4) методами публичного представления научных результатов</p>	Отсутствие знаний базовых дисциплин, умения их применять, практически полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Недостаточный.
	Отрывочные знания базовых дисциплин, наличие грубых ошибок при их применении, отсутствие основных навыков, предусмотренных данной компетенцией	Низкий
	Значительное количество ошибок не грубого характера, а также пробелы в знаниях из базовых дисциплин. Умение их применить сопровождается множественными мелкими ошибками. Обнаруживаются некоторые признаки математического мышления, но на достаточно низком уровне.	Умеренный
	Демонстрация знаний и умений категорий У1 и З1 с заметными погрешностями. Проявление навыков В1-В3 с рядом замечаний и пробелов.	Достаточный
	Знания и умения на уровне З1 и	Высокий

	У1 без ошибок и погрешностей.. Полноценное владение всеми навыками для данной компетенции..	
--	--	--

Оценка уровня формирования компетенции ОПК-1

Показатели обучения, характеризующие ОПК-1 — способность использовать базовые знания естественных наук и математики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой	Показатели уровня формирования компетенции	Характеристика уровня формирования компетенции
<p>Уметь: У1 (ОПК-1) применять базовые знания естественных наук, математики и информатики</p> <p>Знать: З1 (ОПК-1) основные факты из математического анализа, геометрии и алгебры и других дисциплин, на которые опирается изучение методов оптимизации</p> <p>Владеть: В1 (ОПК-1) математическим мышлением, математической культурой В2 (ОПК-1) способностью уточнить, переспросить, задать вопрос на тему предметной области В3 (ОПК-1) основными приемами проведения математических доказательств</p>	Отсутствие знаний базовых дисциплин, умения их применять, практически полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией.	Недостаточный.
	Отрывочные знания базовых дисциплин, наличие грубых ошибок при их применении, отсутствие основных навыков, предусмотренных данной компетенцией	Низкий
	Значительное количество ошибок не грубого характера, а также пробелы в знаниях из базовых дисциплин. Умение их применить сопровождается множественными мелкими ошибками. Обнаруживаются некоторые признаки математического мышления, но на достаточно низком уровне.	Умеренный
	Демонстрация знаний и умений категорий У1 и З1 с заметными погрешностями. Проявление навыков В1-В3 с рядом замечаний и пробелов.	Достаточный
	Знания и умения на уровне З1 и У1 без ошибок и погрешностей.. Полноценное владение всеми навыками для данной компетенции..	Высокий

6.2. Описание шкал оценивания

Карта компетенций для оценивания умений и навыков

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
<p>Умения</p> <p>У1(ОПК-1) У1(ПК-2) У1(ПК-4) У2(ОПК-1) У2(ПК-2)</p>	отсутствует способность решения стандартных задач	наличие грубых ошибок при решении стандартных задач	способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками	способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями	способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей	Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач	способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач
<p>Навыки</p> <p>В1(ОПК-1) В1(ПК-2) В2(ПК-2) В1(ПК-4)</p>	полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией	отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	наличие минимально необходимого множества навыков	наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях	наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях	Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях
<p>Личностные качества</p> <p>ОПК-1</p>	соответствующие личностные качества не сформированы	сформированность личностных качеств недостаточная для достижения основных целей	сформированность личностных качеств минимально необходимая для достижения основных целей обучения	личностные качества в целом сформированы	сформированные личностные качества достаточны для достижения целей обучения	Личностные качества сформированы на высоком уровне	Сформированность личностных качеств выше обязательных требований

	ваны	обучения					
--	------	----------	--	--	--	--	--

По результатам промежуточной аттестации в 6-ом семестре студентам проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- решение практических задач;
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются занятия семинарского типа, включающие постановку одной сложной учебной задачи в виде краткой формулировки действий, которые следует выполнить, и описания результата, который нужно получить.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:

1. Найти $mX(t), KX(t_1, t_2), DX(t)$, если $X(t) = U \cdot e^{-t}$, где U - случайная величина с характеристиками $mU=5, DU=0,001$. (ОПК-1, ПК-2, ПК-4).

2. На вход интегрирующего устройства поступает случайный процесс $X(t)$ с характеристиками:

$$mX(t) = t^2 - 5, KX(t_1, t_2) = 2 \sin 3t_1 \sin 3t_2$$

Найти $mY(t), KY(t_1, t_2), DY(t)$, если $Y(t) = t^2 \int_0^t X(\tau) d\tau + 3t$.

(ОПК-1, ПК-2, ПК-4)

3. Пусть система обслуживания устроена так:

- 1) на вход поступает простейший поток заявок интенсивности λ ;
- 2) в системе одновременно пребывает не более N заявок;
- 3) обслуживание заявок ведут s независимых каналов, причем время обслуживания в каждом канале случайно и распределено по экспоненциальному закону с параметром μ ;
- 4) если все s каналов заняты, то заявка может занять одно из $N - s$ мест в очереди и ожидать обслуживания неограниченно долго (если есть хотя бы одно свободное место в очереди). (ОПК-1, ПК-2, ПК-4).

Требуется:

- а) показать, что процесс $\{\xi(t), t > 0\}$, где $\xi(t)$ — число заявок в системе в момент t , является процессом рождения и гибели;
- б) построить стохастический граф процесса;
- в) найти стационарные распределения вероятностей состояний;
- г) вычислить среднее число заявок, находящихся в системе, и среднюю длину очереди (рассмотреть случай N). (ОПК-1, ПК-2, ПК-4).

Критерии оценок выполнения задач

(каждая задача оценивается в 2 балла)

Решена полностью	2
Решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами	1,5
Решена задача наполовину	1
Сделан первый этап в решении задачи	0,5
Нет решения	0

Суммарная оценка выполнения задач

Количество баллов	Оценка
4	зачтено
3,5	зачтено
3	зачтено
2-2,5	зачтено
0,5-1,5	не зачтено
0	не зачтено

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД, http://www.unn.ru/pages/general/norm-acts/attest_stud%202014.pdf

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Теория случайных процессов»

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 2002. – 576 с.(8)
2. Миллер Б.М. Теория случайных процессов в примерах и задачах. – М.: Наука: Физматлит, 2007. – 317 с.(10)
3. Розанов Ю.А. Введению в теорию случайных процессов. – М.: Наука, 1982. – 128 с.(10)
4. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций. — Гл.ред. физ.-мат.лит., 1968. –326 с.(12)
5. Яглом А.М. Корреляционная теория стационарных случайных функций. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. –282 с.(7)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Теория случайных процессов»

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет». Наличие рекомендованной литературы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Автор (ы) _____ к.ф.-м.н, доцент, М.В. Ярощук

Рецензент _____

Программа одобрена на заседании кафедры программной инженерии Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Заведующий кафедрой _____ д.т.н, проф, В.П. Гергель

Программа одобрена методической комиссией Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от _____ года, протокол № _____.