

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-
Российского университета

Ю.В. Машин

«22» 12 2023 г.

Регистрационный № УД-040304/5.1.В5/р

СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ

(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

Направленность (профиль) Разработка программного обеспечения

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	5
Лекции, часы	16
Практические занятия, часы	16
Зачёт, семестр	5
Контактная работа по учебным занятиям, часы	32
Самостоятельная работа, часы	76
Всего часов / зачетных единиц	108/3

Кафедра-разработчик программы: «Высшая математика»

Составитель: Т.С. Старовойтова, кандидат педагогических наук, доцент.

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика № 11 от 10.01.2018 г., учебным планом рег. № 010304-2.1 от 28.04.2023 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Высшая математика» 28.09.23 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  В.Г. Замураев

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом Белорусско-Российского университета

20.12.23 г., протокол № 3.

Зам. председателя
Научно-методического совета

 С.А. Сухоцкий

Рецензент:

Ирина Васильевна Марченко, зав. кафедрой математики факультета математики и естествознания МГУ им. А. А. Кулешова, кандидат физико-математических наук

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического
отдела

 О.Е. Печковская

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач методы и модели теории случайных процессов.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия, методы и модели теории случайных процессов, используемые при изучении других учебных дисциплин и при решении задач, возникающих в профессиональной деятельности;

уметь:

- применять свои знания к решению практических задач;
- пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов;

владеть:

- математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа для задач, возникающих в профессиональной деятельности и решаемых методами теории случайных процессов.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 "Дисциплины (модули)" Часть Блока 1, формируемая участниками

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- дискретная математика;
- линейная алгебра;
- математический анализ;
- аналитическая геометрия;
- обыкновенные дифференциальные уравнения;
- теория вероятностей и случайные процессы;
- дифференциальные уравнения в частных производных;
- математическая статистика;
- теория функций комплексной переменной.

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- методы анализа больших данных;
- искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети.

Кроме того, знания, полученные при изучении дисциплины на лекционных и практических занятиях, будут применены при прохождении учебной и производственной практик, а также при подготовке выпускной квалификационной работы и в дальнейшей профессиональной деятельности.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-1	Способен проводить научно-исследовательские разработки при исследовании самостоятельных тем

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Но- мер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формиру емых компетен
1	Основные понятия теории случайных процессов	Определение случайного процесса. Классификация случайных процессов. законы распределения и основные характеристики случайных процессов.	ПК-1
2	Потоки событий. Некоторые свойства потоков Пальма. Потоки Эрланга	Потоки событий. Основные свойства потоков: ординарность, отсутствие последействия, стационарность. Интенсивность потока, пуассоновский поток. Потоки Пальма. Потоки Эрланга	ПК-1
3	Предельные теоремы теории потоков	Предельная теорема для суммарного потока. Предельная теорема для редяущих потоков. Применение предельных теорем.	ПК-1
4	Граф состояний. Классификация состояний. Вероятности состояний	Граф состояний. Ориентация графа. Классификация состояний: источник, конечное (поглощающее), соседнее, транзитивное, изолированное состояния. Схема гибели и размножения. Вероятности состояний. Марковский случайный процесс.	ПК-1
5	Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Стационарный режим для цепи Маркова	Цепь Маркова. Стохастическая матрица перехода. Однородная цепь. Стационарный режим для цепи Маркова	ПК-1
6	Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем.	Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Плотность вероятности перехода из состояния в состояние. Метод анализа и уравнения Колмогорова. Размеченный граф состояний.	ПК-1
7	Однородные марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем	Понятие однородного марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем. Решение системы уравнений Колмогорова. Э르고дический процесс.	ПК-1
8	Марковский процесс гибели и размножения с непрерывным временем	Определение марковского процесса гибели и размножения с непрерывным временем. Потоки размножения и гибели. Процессы чистого размножения и гибели. Процессы Пуассона. Предельные вероятности состояний. Формулы Эрланга.	ПК-1
9	Закон распределения и числовые характеристики времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний.	Система дифференциальных уравнений для нахождения закона распределения времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний. Алгоритм отыскания закона распределения. Числовые характеристики.	ПК-1
10	Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения	Алгоритм отыскания математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции марковского процесса гибели и размножения без ограничения на число состояний и при ограниченном числе состояний. Уравнения Колмогорова процесса.	ПК-1
11	Канонические разложения и интегральные канонические представления случайных процессов	Элементарный случайный процесс и его характеристики. Каноническое разложение случайного процесса. Координатные функции. Каноническое разложение корреляционной функции и дисперсии. Интегральное каноническое представление, его построение. Нестационарный «белый шум».	ПК-1
12	Линейные и нелинейные преобразования случайных процессов. Линейная форма век-	Прямая и обратная задачи преобразования. Задача идентификации оператора. Линейное неоднородное преобразование случайного процесса, заданного каноническим разложением. Корреляционная функция и дисперсия. Схема решения задачи	ПК-1

	торного случайного процесса. Сложение случайных процессов	линейного преобразования. Нелинейные преобразования. Линейная форма векторного случайного процесса. Сложение случайных процессов	
13	Стационарные случайные процессы. Эргодическое свойство	Определение стационарного случайного процесса. Примеры стационарных процессов. Числовые характеристики стационарных процессов. Процессы, стационарные в узком и в широком смысле. Эргодическое свойство. Эргодические стационарные процессы.	ПК-1
14	Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Спектральная плотность	Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Спектральная плотность и её основные свойства. Нормированная спектральная плотность.	ПК-1

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Самостоятель- ная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1							
1	1. Основные понятия теории случайных процессов	2			4		
2			ПЗ 1. Основные понятия теории случайных процессов. Законы распределения и основные характеристики случайных процессов	2	4		
3	2. Потoki событий. Некоторые свойства потоков Пальма. Потoki Эрланга 3 Предельные теоремы теории потоков	2			4		
4			ПЗ. 2. Потoki событий, их свойства и классификация	2	4		
5	4. Граф состояний. Классификация состояний. Вероятности состояний 5. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Стационарный режим для цепи Маркова	2			4		
6			ПЗ 3. Марковские процессы с дискретными состояниями. Марковские цепи Стационарный режим для цепи Маркова	2	4		
7	6. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова 7. Однородные марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем	2			5		
8			ПЗ 4. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем.	2	5	КР ПКУ	30 30
Модуль 2							

Принятые обозначения:
Текущий контроль –

9	8. Марковский процесс гибели и размножения с непрерывным временем 9. Закон распределения и числовые характеристики времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний.	2			4		
10			ПЗ 5. Марковские процессы гибели и размножения с непрерывным временем	2	4		
11	10. Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения	2			5		
12			ПЗ 6. Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения	2	5		
13	11. Канонические разложения и интегральные канонические представления случайных процессов 12. Линейные и нелинейные преобразования случайных процессов. Линейная форма векторного случайного процесса. Сложение случайных процессов	2			5		
14			ПЗ 7. Преобразования случайных процессов	2	5		
15	13. Стационарные случайные процессы. Эргодическое свойство 14. Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Спектральная плотность	2			4		
16			ПЗ 8. Стационарные случайные процессы	2	4	КР ПКУ	30 30
17-					6	ПА (зачёт)	40
	Итого	16		16	76		100

КР – контрольная работа;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости;

ПА - промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Зачет

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий		Всего часов
		Лекции	Практические занятия	
1	Традиционные	1-3	1-3	10
2	Мультимедиа	4-14	4-8	22
	ИТОГО	16	16	32

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к зачёту	1
2	Билеты к зачёту	1
3	Контрольные задания	2
4	Тесты	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
ПК-1. Способен проводить научно-исследовательские разработки при исследовании самостоятельных тем			
ИПК-1.11 Способен применять знание теории случайных процессов при проведении научно-исследовательских разработок к			
1	Пороговый уровень	Способен применять знание основных понятий, методов и моделей теории случайных процессов при решении типовых задач	Знает и понимает основные понятия, методы и модели теории случайных процессов, умеет применять свои знания к решению типовых учебных задач, умеет пользоваться справочной литературой, владеет базовым математическим аппаратом
2	Продвинутый уровень	Способен применять знание понятий, методов и моделей теории случайных процессов при решении стандартных исследовательских задач	Умеет применять свои знания к решению стандартных учебных задач, умеет пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов, владеет математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа
3	Высокий уровень	Способен применять знание классических и современных понятий, методов и моделей теории случайных процессов при решении сложных и нестандартных исследовательских задач	Умеет применять свои знания к решению нестандартных задач, способен оценивать результаты и развивать вероятностные методы и модели

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
<i>ПК-1. Способен проводить научно-исследовательские разработки при исследовании самостоятельных тем</i>	
Знает и понимает основные понятия, методы и модели теории случайных процессов, умеет применять свои знания к решению типовых учебных задач, умеет пользоваться справочной литературой, владеет базовым математическим аппаратом	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания
Умеет применять свои знания к решению стандартных учебных задач, умеет пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов, владеет математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания
Умеет применять свои знания к решению нестандартных задач, способен оценивать результаты и развивать вероятностные методы и модели	Вопросы к зачёту Билеты к зачёту Контрольные задания

5.3 Критерии оценки практических занятий

Каждая из двух контрольных работ оценивается от 0 до 30 баллов.

В контрольную работу входит шесть заданий. Каждое задание оценивается от 0 до 5 баллов.

За задание выставляется:

0 баллов, если решение задания не представлено либо представленное решение состоит из записей, не имеющих отношения к теме задания;

1 балл, если представленное решение состоит из математических записей, относящихся к теме задания, но не относящихся к его решению;

2 балла, если представленное решение состоит из математических записей, относящихся к решению задания, которые, однако, при их дальнейшем развитии не способны привести к правильному решению;

3 балла, если в представленном решении имеются идеи, которые при их дальнейшем развитии способны привести к правильному решению либо если на некотором промежуточном этапе решения допущена грубая математическая ошибка;

4 балла, если в представленном решении допущена негрубая арифметическая ошибка, либо пояснения решения недостаточны, либо решение оформлено небрежно;

5 баллов, если решение выполнено правильно, оформлено аккуратно, пояснения достаточны, ответ верен.

Количество баллов, полученных студентом за контрольную работу, равно сумме баллов за каждое задание работы.

5.4 Критерии оценки зачета

На зачете за ответ на теоретические вопросы и решение задач возможно максимально набрать 40 баллов.

Критерий оценки ответа на теоретический вопрос или решения задачи на зачете:

0–1 балл – полное отсутствие знаний по теоретическому вопросу; отсутствие навыков решения задачи даже под руководством преподавателя.

2–3 балла – фрагментарные знания теоретического вопроса в объеме учебной программы, незнание используемой в вопросе терминологии, грубые ошибки в рассуждениях или в решении задачи; неуверенное решение задачи под руководством преподавателя.

4–5 баллов – неуверенное знание теоретического вопроса в объеме учебной программы, используемой в вопросе терминологии; уверенное решение задачи под руководством преподавателя.

6–8 баллов – знание теоретического вопроса в объеме учебной программы при наличии незначительных ошибок в используемых формулах, формулировках и определениях,

которые сам студент исправляет в процессе ответа; уверенное самостоятельное решение задачи при наличии незначительных арифметических ошибок.

9–10 баллов – уверенное знание теоретического вопроса в объеме учебной программы и уверенное знание используемой в вопросе терминологии; уверенное самостоятельное решение задачи и уверенное знание используемой в задаче терминологии.

Тестовые задания (количество – 30) оцениваются следующим образом: выполненное задание оценивается 1 баллом, невыполненное – 0 баллов. Общее количество баллов за тест определяется количеством выполненных заданий.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- чтение текста (учебника, дополнительной литературы);
- конспектирование;
- решение задач и упражнений по образцу;
- работа со справочной литературой;
- ответы на контрольные вопросы;
- подготовка к аудиторным занятиям;
- подготовка к зачету.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Сигал, А. В. Теория вероятностей с элементами математической статистики, теории случайных процессов и эконометрики: учебное пособие / А.В. Сигал. – Москва : ИНФРА-М, 2023.– 385 с. – ISBN 978-5-16-017314-6. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/1842523 Режим доступа: по подписке		ЭБС http://znanium.com
2	Каштанов, В. А. Случайные процессы: учебник и практикум для вузов / В. А. Каштанов, Н.Ю. Энатская. – Москва : Издательство Юрайт, 2022. – 156 с.– (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-04482-9. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://urait.ru/bcode/491656	Рекомендовано Учебно-методическим отделом высшего образования в качестве учебника и практикума для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям	https://urait.ru/bcode/491656

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
-------	----------------------------	------	------------------------

1	Кацман, Ю. Я. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы: Учебник / Ю. Я. Кацман. – Томск : Изд-во Томского политех. университета, 2013. – 131 с. – ISBN 978-5-4387-0173-6. – Текст : электронный. – URL: https://znanium.com/catalog/product/673043 . – Режим доступа: по подписке.		ЭБС http://znanium.com
2	Маталыцкий, М. А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы : учебное пособие/ М. А. Маталыцкий, Г. А. Хацкевич. - Минск : Вышэйшая школа, 2012. - 720 с. - ISBN 978-985-06-2105-4. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/508401 . – Режим доступа: по подписке.	Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего образования по физико-математическим специальностям	ЭБС http://znanium.com

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

<http://biblio.bru.by/>, <http://znanium.com>

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Методические рекомендации

1. Случайные процессы. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» очной формы обучения / составитель В. Г. Замураев. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2022. – 29 с. – 56 экз.

7.4.2 Информационные технологии

Тема 5. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Стационарный режим для цепи Маркова

Тема 6. Описание марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова

Тема 7. Однородные марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем

Тема 8. Марковский процесс гибели и размножения с непрерывным временем

Тема 9. Закон распределения и числовые характеристики времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний.

Тема 10. Дифференциальные уравнения для характеристик марковского процесса гибели и размножения

Тема 11. Канонические разложения и интегральные канонические представления случайных процессов

Тема 12. Линейные и нелинейные преобразования случайных процессов. Линейная форма векторного случайного процесса. Сложение случайных процессов

Тема 13. Стационарные случайные процессы. Эргодическое свойство

Тема 14. Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Спектральная плотность

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

Acrobat Reader DC, Apache OpenOffice (свободное программное обеспечение)

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории ауд. 405, рег. номер ПУЛ-4.535-405/1-23 и в паспорте лаборатории ауд. 233, рег. номер ПУЛ-4.535-233/1-23.

СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ

(наименование дисциплины)

АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

Направленность (профиль) Разработка программного обеспечения

	Форма обучения
	Очная
Курс	3
Семестр	5
Лекции, часы	16
Практические занятия, часы	16
Зачёт, семестр	5
Контактная работа по учебным занятиям, часы	32
Самостоятельная работа, часы	76
Всего часов / зачетных единиц	108/3

1 Цель учебной дисциплины.

Целью учебной дисциплины является формирование специалистов, умеющих обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач методы и модели теории случайных процессов.

2. Планируемые результаты изучения дисциплины.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен знать основные понятия, методы и модели теории случайных процессов, используемые при изучении других учебных дисциплин и при решении задач, возникающих в профессиональной деятельности, уметь применять свои знания к решению практических задач, уметь пользоваться математической литературой для самостоятельного изучения прикладных вопросов, владеть математическим аппаратом и навыками моделирования и анализа для задач, возникающих в профессиональной деятельности и решаемых методами теории случайных процессов.

3. Требования к освоению учебной дисциплины.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций: ПК-1 (Способен проводить научно-исследовательские разработки при исследовании самостоятельных тем).

4. Образовательные технологии.

При изучении дисциплины используются следующие формы и методы проведения занятий: традиционная, мультимедиа.