

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 02 » 09 20 19г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕОРИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ»

Направление подготовки: 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Профиль/программа подготовки: «Математическое и компьютерное моделирование,
программирование и системный анализ»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
6	6 / 216	36	18	18	108	Экзамен (36)
Итого	6 / 216	36	18	18	108	Экзамен (36)

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Теория случайных процессов» – научное представление о случайных процессах, а также о методах их исследования, знакомство с основными моделями и методами моделирования стохастических систем.

Задачи:

- усвоить методы случайных процессов;
- разобраться в особенностях стохастического анализа;
- научиться содержательно интерпретировать формальные результаты.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теория случайных процессов» относится к базовой части ОПОП подготовки бакалавров по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Пререквизиты дисциплины: линейная алгебра, математический анализ, функциональный анализ, теория вероятностей и математическая статистика, дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	Частичное	Знать теорию случайных процессов. Уметь использовать математические инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования. Владеть методами теории случайных процессов и, кроме того, научиться содержательно интерпретировать формальные результаты.
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	Частичное	Знать теорию случайных процессов. Уметь применять математические методы и инструментальные средства для исследования объектов профессиональной деятельности; строить математические модели объектов профессиональной деятельности; использовать математические инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования. Владеть методами статистического анализа.
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	Частичное	Знать теорию случайных процессов. Уметь применять математические методы и инструментальные средства для исследования объектов профессиональной деятельности; строить математические модели объектов профессиональной деятельности; использовать математические инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования. Владеть методами статистического анализа.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля Успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Основные понятия теории меры и теории вероятностей.	6	1-2	4	4		6	4(50%)	
2	Обзор основных методов теории случайных процессов и важнейших классов случайных процессов.	6	3	2		2	10	2(50%)	
3	Определение стационарных процессов. Примеры.	6	4	2	2		8	2(50%)	
4	Сохраняющие меру преобразования и их свойства.	6	5-6	4	2	2	10	4(50%)	Рейтинг-контроль 1
5	Эргодические теоремы для стационарных в узком смысле последовательностей и процессов.	6	7	2	2		6	2(50%)	
6	Мартингал, субмартингал и супермартингал. Примеры.	6	8	2	2		6	2(50%)	
7	Разложение Дуба для субмартингалов.	6	9	2	2		6	2(50%)	
8	Построение стохастического интеграла Ито.	6	10	2		2	10	2(50%)	
9	Понятие стохастических дифференциальных уравнений.	6	11	2		2	10	2(50%)	Рейтинг-контроль 2
10	Определения марковских процессов.	6	12	2	2		6	2(50%)	
11	Модели испытаний, связанных в цепь Маркова.	6	13-14	4		4	10	4(50%)	
12	Однородные цепи Маркова.	6	15-16	4		4	10	4(50%)	
13	Классификация состояний марковской цепи.	6	17-18	4	2	2	10	4(50%)	Рейтинг-контроль 3
Всего за 6 семестр				36	18	18	108	36 (50%)	Экзамен (36)
Итого по дисциплине				36	18	18	108	36 (50%)	Экзамен (36)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Тема 1. Основные понятия теории меры и теории вероятностей. Определение случайного процесса, конечномерные распределения, построение процесса с заданным распределением, теорема Колмогорова.

Тема 2. Примеры случайных процессов: винеровский процесс, пуассоновский процесс и т.д.. Обзор основных методов теории случайных процессов и важнейших классов случайных процессов.

Тема 3. Определение стационарных в узком смысле и стационарных в широком смысле случайных процессов и случайных последовательностей. Примеры.

Тема 4. Сохраняющие меру преобразования и их свойства. Теорема Пуанкаре о "возвратности". Эргодичность и перемешивание. Эргодическая теорема Биркгофа-Хинчина.

Тема 5. Связь сохраняющего меру преобразования и стационарной последовательности. Понятие эргодической стационарной последовательности. Формулировки эргодических теорем для стационарных в узком смысле последовательностей и процессов.

Тема 6. Определения случайных процессов и последовательностей, образующих мартингал, субмартингал и супермартингал. Примеры. Напоминание свойств условных математических ожиданий.

Тема 7. Свойства мартингалов и полумартингалов с дискретным временем. Пример из теории игр. Разложение Дуба для субмартингалов.

Тема 8. Мартингалы с непрерывным временем на примере винеровского процесса. Построение стохастического интеграла по винеровскому процессу от случайных функций

Тема 9. Понятие стохастических дифференциальных уравнений. Диффузионные процессы, задаваемые стохастическими уравнениями. Их связь с уравнениями в частных производных.

Тема 10. Определения марковских процессов, марковских последовательностей и марковских цепей. Разные формы марковского свойства. Примеры.

Тема 11. Модель испытаний, связанных в цепь Маркова. Примеры из теории массового обслуживания и теории ветвящихся процессов ("очередь", "бесперебойное обеспечение", задача "рождения и гибели" и т.д.)

Тема 12. Однородные цепи Маркова, уравнение Колмогорова - Чэпмена. Эргодическая теорема.

Тема 13. Классификация состояний марковской цепи по свойствам переходных вероятностей и по асимптотическим свойствам переходных вероятностей. Существование предельных и стационарных распределений. Примеры, иллюстрирующие введенные понятия и полученные результаты.

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Основные понятия теории меры и теории вероятностей. Определение случайного процесса, конечномерные распределения, построение процесса с заданным распределением, теорема Колмогорова. Решение задач.

Тема 3. Определение стационарных в узком смысле и стационарных в широком смысле случайных процессов и случайных последовательностей. Примеры. Решение задач.

Тема 5. Связь сохраняющего меру преобразования и стационарной последовательности. Понятие эргодической стационарной последовательности. Формулировки эргодических теорем для стационарных в узком смысле последовательностей и процессов. Решение задач.

Тема 6. Определения случайных процессов и последовательностей, образующих мартингал, субмартингал и супермартингал. Примеры. Напоминание свойств условных математических ожиданий. Решение задач.

Тема 7. Свойства мартингалов и полумартингалов с дискретным временем. Пример из теории игр. Разложение Дуба для субмартингалов. Решение задач.

Тема 10. Определения марковских процессов, марковских последовательностей и марковских цепей. Разные формы марковского свойства. Примеры. Решение задач.

Содержание лабораторных работ по дисциплине

Тема 2. Примеры случайных процессов: винеровский процесс, пуассоновский процесс и т.д.. Обзор основных методов теории случайных процессов и важнейших классов случайных процессов. Численное решение задач. Моделирование процесса с заданными конечномерными распределениями.

Тема 4. Сохраняющие меру преобразования и их свойства. Теорема Пуанкаре о "возвратности". Эргодичность и перемешивание. Эргодическая теорема Биркгофа-Хинчина. Численное решение задач. Построение образа преобразования, являющегося перемешиванием.

Тема 8. Мартингалы с непрерывным временем на примере винеровского процесса. Построение стохастического интеграла по винеровскому процессу от случайных функций. Численное решение задач. Компьютерная программа в системе MATLAB 7.0 для численного моделирования решений стационарных систем линейных стохастических дифференциальных уравнений. Математическая модель объекта моделирования. Задачи, решаемые программой. Работа с программой.

Тема 9. Понятие стохастических дифференциальных уравнений. Диффузионные процессы, задаваемые стохастическими уравнениями. Их связь с уравнениями в частных производных. Численное решение задач. Численные методы решения стохастических дифференциальных уравнений. Явные одношаговые сильные численные методы решения стохастических дифференциальных уравнений. Ито. Сильная сходимость и тестирование сильных численных методов. Явный метод Эйлера. Моделирование траекторий решений стохастических дифференциальных уравнений. Ито. Численное интегрирование модели Блэка-Шоулза

Тема 11. Модель испытаний, связанных в цепь Маркова. Примеры из теории массового обслуживания и теории ветвящихся процессов ("очередь", "бесперебойное обеспечение", задача "рождения и гибели" и т.д.). Численное решение задач.

Тема 12. Однородные цепи Маркова, уравнение Колмогорова - Чэпмена. Эргодическая теорема. Численное решение задач.

Тема 13. Классификация состояний марковской цепи по свойствам переходных вероятностей и по асимптотическим свойствам переходных вероятностей. Существование предельных и стационарных распределений. Примеры, иллюстрирующие введенные понятия и полученные результаты. Численное решение задач.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Теория случайных процессов» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- интерактивные лекции (по всем темам).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости

Рейтинг-контроль №1

Вариант 1

1. Пусть случайный процесс задан на вероятностном пространстве (Ω, F, P) , где $\Omega = \{-1, 1\}$, F – σ -алгебра всех подмножеств Ω , P – мера, приписывающая множествам $\{-1\}, \{1\}$ одинаковые вероятности $1/2$. Пусть $t \in [0, 1]$ и случайный процесс $\xi_t(\omega) = t\omega$. Найти все реализации (траектории) процесса.

2. Пусть $\eta \sim N(0, 1)$, $t \in R$. Найти все конечномерные распределения процесса $\xi_t = \eta + 2t$.

3. Описать σ – алгебру подмножеств отрезка $[0, 1]$, порожденную множествами $[0, \frac{2}{3}]$, $[\frac{1}{3}, 1]$.

И функции, измеримые относительно нее.

Рейтинг-контроль №2

Вариант 1

1. Пусть w_t^0 , $0 \leq t \leq 1$, – условный винеровский процесс, т.е. $w_t^0 = w_t - tw_1$, найти его корреляционную функцию. Через w_t обозначен винеровский процесс.

2. Проверить, что если процесс ξ_t , $t \in T \subseteq R$ – процесс с независимыми приращениями, $M|\xi_t|^2 < \infty$, то он также является и процессом с некоррелированными приращениями.

3. Доказать, что Dw_t , $t \geq 0$ является функцией, не убывающей по t . w_t – винеровский процесс.

Рейтинг-контроль №3

Вариант 1

1. Нарисовать граф и указать существенные и несущественные состояния цепи Маркова с

матрицей вероятностей перехода за один шаг

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 0 \\ \frac{1}{2} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

2. Рассмотреть вопрос о стационарных, предельных, эргодических распределениях для марковской цепи с матрицей переходных вероятностей

$$\begin{pmatrix} 0,5 & 0 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \end{pmatrix}$$

3. Проверить, что винеровский процесс, выходящий из нуля, является мартингалом.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (экзамен)

Вопросы к экзамену

1. Два определения случайных процессов, эквивалентность определений.
2. Примеры (случайное блуждание, процесс восстановления, модель Крамера-Лундберга, винеровский и пуассоновский процессы).
3. Винеровский процесс (определение, конечномерные распределения, корреляционная функция).
4. Основные классы случайных процессов.
5. Стационарные в узком смысле случайные последовательности (определение, примеры).
6. Сохраняющее меру отображение. Теорема о возвратности.
7. Сохраняющее меру отображение. Эргодичность и перемешивание.
8. Эргодические теоремы для сохраняющих меру отображений и случайных процессов, стационарных в узком смысле.
9. Условное математическое ожидание (определение, корректность определения, примеры).
10. Свойства условного математического ожидания.
11. Теоремы о предельном переходе под знаком условного математического ожидания.
12. Мартингалы и полумартингалы с дискретным временем (определения, примеры).
13. Разложение Дуба для субмартингалов.
14. Стохастический интеграл по винеровскому процессу от простой функции, его свойства.
15. Стохастический интеграл по винеровскому процессу от функций, интегрируемых с квадратом и непрерывных по t .
16. Понятие стохастического дифференциального уравнения.
17. Определение марковского процесса. Разные формы марковского свойства.
18. Марковская цепь с конечным числом состояний. Модель испытаний, связанных в цепь Маркова и пример из теории игр.
19. Задачи из теории массового обслуживания и теории ветвящихся процессов.
20. Однородная цепь Маркова. Уравнение Колмогорова-Чепмена.
21. Пример эргодической марковской цепи. Формулировка теоремы об эргодичности и существовании стационарного распределения.
22. Классификация состояний однородной цепи Маркова со счетным множеством состояний по арифметическим свойствам переходных вероятностей.
23. Классификация состояний однородной цепи Маркова со счетным множеством состояний, по асимптотическим свойствам переходных вероятностей.
24. Пример простого случайного блуждания, иллюстрирующий введенные понятия классификации состояний и предельного поведения переходных вероятностей.

Самостоятельная работа студентов

1. Корреляционной функцией винеровского процесса является

$$K_1(t, s) = \min[t, s], \quad t, s \geq 0;$$

$$K_2(t, s) = \min[t, s] - ts, \quad t, s \in [0, 1];$$

$$K_3(t, s) = e^{-|t-s|}, \quad t, s \in \mathbb{R}?$$

2. Пусть случайный процесс задан на вероятностном пространстве (Ω, F, P) , где $\Omega = \{-1, 1\}$, F – σ -алгебра всех подмножеств Ω , P – мера, приписывающая множествам $\{-1\}, \{1\}$ одинаковые вероятности $1/2$. Пусть $t \in [0, 1]$ и случайный процесс $\xi_t(\omega) = t\omega$. Найти все реализации (траектории) процесса.

3. Винеровский процесс является ли гауссовским процессом, т.е. процессом, конечномерные распределения которого нормальны?

4. Пусть w_t^0 , $0 \leq t \leq 1$, – условный винеровский процесс, т.е. $w_t^0 = w_t - tw_1$, найти его корреляционную функцию. Через w_t обозначен винеровский процесс.

5. Дать определение винеровского процесса.

6. Пусть $\eta \sim N(0, 1)$, $t \in \mathbb{R}$. Найти все конечномерные распределения процесса $\xi_t = \eta + 2t$.

7. Пусть случайный процесс задан на вероятностном пространстве (Ω, F, P) , где $\Omega = \{1, 2, 3\}$, F – σ -алгебра всех подмножеств Ω , P – мера, приписывающая множествам $\{2\}, \{1\}, \{3\}$ одинаковые вероятности $1/3$. Пусть $t \in [0, 1]$ и случайный процесс $\xi_t(\omega) = t\omega$. Найти все трехмерные распределения процесса.

8. Пусть $\eta \sim U[0, 1]$, $t \in \mathbb{R}$. Найти все одномерные распределения процесса $\xi_t = \eta + 2t$ и $D\xi_t$.

9. Доказать: $\xi^{-1}(D_1 \cup D_2) = \xi^{-1}(D_1) \cup \xi^{-1}(D_2)$; (Взятие полного прообраза сохраняет теоретико-множественные операции.)

10. Как называются процессы $\xi_t(\omega)$ и $\xi'_t(\omega)$, если они определены на одном вероятностном пространстве (Ω, F, P) и при любом $t \in T$ верно, что $P\{\xi_t(\omega) \neq \xi'_t(\omega)\} = 0$.

11. Описать σ -алгебру подмножеств отрезка $[0, 1]$, порожденную множествами $[0, \frac{2}{3}]$, $[\frac{1}{3}, 1]$. И функции, измеримые относительно нее.

12. Что называют конечномерными распределениями случайного процесса.

13. Сформулировать условия симметрии и согласованности для конечномерных распределений случайного процесса.

14. Проверить, что если процесс ξ_t , $t \in T \subseteq \mathbb{R}$ – процесс с независимыми приращениями, $M|\xi_t|^2 < \infty$, то он также является и процессом с некоррелированными приращениями.

15. Как называется процесс ξ_t , $t \in T \subseteq \mathbb{R}$, если его конечномерные распределения не меняются при сдвиге, т.е., если $t_1, \dots, t_n \in T$, ($t_i \neq t_j$), и для любого действительного h такого, что $t_1 + h, \dots, t_n + h \in T$, верно $F_{t_1, \dots, t_n}(x_1, \dots, x_n) = F_{t_1 + h, \dots, t_n + h}(x_1, \dots, x_n)$.

16. Пусть F_1 и F_2 – две σ -алгебры подмножеств пространства Ω . Проверить является ли σ -алгеброй класс множеств $F_1 \cap F_2$?

17. Будет ли Dw_t , $t \geq 0$ функцией, не убывающей по t . w_t – винеровский процесс.

18. Нарисовать граф и указать существенные и несущественные состояния цепи Маркова

с матрицей вероятностей перехода за один шаг

$$\begin{pmatrix} 1/4 & 1/4 & 0 & 0 & 1/2 \\ 1/3 & 0 & 1/3 & 1/3 & 0 \\ 1/2 & 0 & 0 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & 1/2 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

19. Могут ли все состояния цепи Маркова с конечным числом состояний быть несущественными?

20. Винеровский процесс, выходящий из нуля, является мартингалом, субмартингалом или супермартингалом?

21. Два соперника соревнуются в безлимитном поединке. Первый выигрывает партию с вероятностью p , второй с вероятностью q , игра заканчивается вничью с вероятностью $1-p-q$. Матч заканчивается, как только один из соперников обыгрывает другого на N партий. Найдите вероятность выигрыша первого игрока, если $N=1$, $N=2$. (<http://www.iam.khv.ru/articles/Ustinov/emath24.pdf>)

22. Три карты «тройка», «семерка», «туз» перемешивают двумя способами:

- i. верхняя карта с вероятностью p перемещается вниз колоды;
- ii. с вероятностью q меняются местами верхняя и средняя карты.

Пусть X_n – положение «туза» после n перемешиваний. Покажите, что X_n образует марковскую цепь. Найдите вероятность того, что после большого числа перемешиваний «туз» окажется сверху.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Элементарный курс теории вероятностей. Стохастические процессы и финансовая математика [Электронный ресурс] / К.Л. Чжун, Ф. АитСахлиа. - М.: БИНОМ, 2014	2014		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996313174.html
2. Модели в теории вероятностей [Электронный ресурс] / Федоткин М.А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922113847.html
3. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. 2: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. [Электронный ресурс] / Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. - М.: МЦНМО, 2010.	2010		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940575573.html
Дополнительная литература			
1. Теория случайных процессов для экономистов [Электронный ресурс] / Соколов Г.А. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.	2010		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111003.html
2. Вероятность: В 2-х кн. Кн. 2. [Электронный ресурс] / Ширяев А.Н. - 4-е изд., переработ. и доп. - М.: МЦНМО, 2007.	2007		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940571063.html

7.2. Периодические издания

1. Успехи математических наук, журнал РАН (корпус 3, ауд. 414)

7.3. Интернет-ресурсы

1. <http://window.edu.ru/>
2. <http://www.exponenta.ru/>
3. <http://allmath.com/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и практического типа. Практические работы проводятся в лаборатории численных методов (405-3).

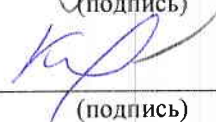
Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

1. Microsoft Excel
2. Maple

Рабочую программу составила доцент Буланкина Л. А.


(подпись)

Рецензент (представитель работодателя):
зам. директора по развитию ООО «Баланс» Кожин А. В.


(подпись)

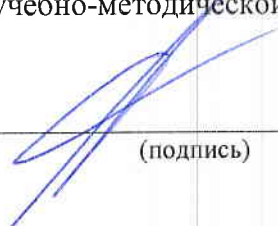
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФАиП
Протокол № 1а от 26.08.2019 года
Заведующий кафедрой Бурков В. Д.


(подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Протокол № 1 от 02.09.2019 года

Председатель комиссии: заведующий кафедрой Аракелян С. М.


(подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины
«ТЕОРИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ»

образовательной программы направления подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика», направленность: «Математическое и компьютерное моделирование, программирование и системный анализ» (бакалавриат)

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой _____ / _____
(Подпись) (ФИО)