

**Правительство Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"**

Московский институт электроники и математики

Департамент прикладной математики

**Майнор «Исследование операций в инженерных и социально-  
экономических приложениях»**

**Рабочая программа дисциплины  
«Прикладные стохастические модели»**

для уровня подготовки - бакалавриат

Разработчики программы

Каштанов В.А., д.ф.-м.н., профессор, vakashtanov@hse.ru

Гришунина Ю.Б., старший преподаватель, grishunina@hse.ru

Одобрена Академическим советом ОП «Прикладная математика»

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г., № протокола \_\_\_\_\_

Утверждена «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Руководитель Департамента Прикладной математики

А.В.Белов \_\_\_\_\_ [подпись]

Москва, 2016

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета  
и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*



## 1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов, выбравших майнор «Исследование операций в инженерных и социально-экономических приложениях».

Программа разработана в соответствии с образовательным стандартом Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика для квалификации «бакалавр».

## 2. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Прикладные стохастические модели» являются овладение студентами методами построения адекватных математических моделей технических и экономических систем и процессов, функционирование которых зависит от случайных факторов; формирование способности применять теоретико-вероятностные и статистические методы для исследования этих моделей; находить оптимальные стратегии управления детерминированными и стохастическими системами, формирование у студентов профессиональных компетенций для выбора научно-обоснованных решений при построении стохастических моделей функционирования реальных систем.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать
  - основные принципы, методы и результаты современной теории вероятностей и математической статистики применительно к исследованию стохастических моделей;
  - основные понятия теории случайных процессов и управляемых случайных процессов, их особенности и методы анализа;
  - свойства случайных процессов, описывающих системы массового обслуживания и модели надежности;
- Уметь
  - вычислять вероятностные характеристики и исследовать свойства различных стохастических моделей, исследовать надежность и качество функционирования сложных технических и экономических систем;
  - строить адекватные физические и математические модели реально функционирующих систем, описывать их эволюцию в терминах случайных процессов и решать задачи оптимизации.
- Иметь навыки (приобрести опыт)
  - использования методов построения и анализа стохастических моделей;
  - математической формализации прикладных задач;
  - анализа и интерпретации решений.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:



Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
стремится к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства	ОК-9	демонстрирует стремление к саморазвитию,	Лекции-дискуссии, творческие задания, выдвижение гипотез студентами и их анализ
осознает социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности	ОК-10	представляет связи реальных случайных процессов, протекающих во времени и модельных процессов, изучаемых в теории	Лекции-дискуссии, творческие задания, выдвижение гипотез студентами и их анализ
использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОК-12	Дает определение основных понятий, воспроизводит формулировку методов решения стандартных задач, распознает область применимости методов. Владеет навыками математической формализации прикладных задач	Ознакомление с терминологией, формулировка типовых задач и методов их решения
способен оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы	ОК-14	Использует стандартные математические модели, демонстрирует знание основных методов решений, способность грамотно и четко представлять результаты выполненной работы	Решение типовых задач соответствующими математическими методами, творческие задания
владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	ПК-10	Применяет математические модели безопасности и надежности	Творческие задания, выдвижение гипотез студентами и их анализ
знает основные положения, законы и методы естественных наук; способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе	ПК-11	Владеет методами анализа, представляет связи стандартных и нестандартных постановок проблем Анализирует и интерпретирует решения соответствующих математических моделей	Решение задач в нестандартных формулировках, комбинирование математических методов



Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат			Творческие задания, выдвижение гипотез студентами и их анализ
способен самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук	ПК-14	Распознает тип поставленной задачи, обосновывает применимость метода решения, применяет необходимый метод, интерпретирует полученный результат, оценивает влияние внешних воздействий на полученное решение поставленной задачи. Демонстрирует способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук	Лекции-дискуссии, творческие задания, выдвижение гипотез студентами и их анализ  Решение задач в нестандартных формулировках, комбинирование математических методов

#### 4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина является дисциплиной в рамках майнора «Исследование операций в инженерных и социально-экономических приложениях», который предоставляет дополнительную специализацию.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- Математический анализ
- Линейная алгебра и аналитическая геометрия
- Теория вероятностей

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- Дифференциальное и интегральное исчисление;
- Решение систем линейных уравнений;
- Случайные величины, их характеристики.

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- «Компьютерное моделирование сложных систем»

#### 5. Тематический план учебной дисциплины



№	Название темы	Всего часов по дисциплине	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары, практика	
1.	Введение. Предмет и задачи курса. Методология построения стохастических моделей. Математические основания теории случайных процессов. Специальные распределения	30	6	4	20
2.	Построение функционалов качества (экономические и технические показатели). Стратегии управления и их свойства. Построение оптимальных стратегий управления	34	8	4	22
3.	Математические модели надежности. Модели резервирования, модели технического обслуживания. Оптимизация управление техническим обслуживанием	62	12	14	36
4.	Модели массового обслуживания. Структура системы массового обслуживания, ее особенности. Показатели качества функционирования. Управление в системах массового обслуживания: структурой, входным потоком, длительностью обслуживания.	64	12	16	36
<b>Итого</b>		<b>190</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>114</b>

## 6. Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год				Параметры **
		1	2	3	4	
Текущий (неделя)	Контрольная работа		1			письменная работа 80 минут
	Домашнее задание	1	1			
Итоговый	Экзамен		1			устный экзамен

### 6.1. Критерии оценки знаний, навыков

При выполнении контрольной работы студент должен решить сформулированные задачи.

При выполнении домашней работы должен объяснить выбор метода исследования, аналитические выкладки и окончательные результаты.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.



## **7. Содержание дисциплины**

### **Тема 1. Введение. Предмет и задачи курса**

Введение. Предмет и задачи курса. Методология построения стохастических моделей. Определение особенностей стохастических моделей – наличие вероятностной неопределенности и развитие процесса во времени. Математические основания теории случайных процессов. Классификация случайных процессов. Примеры. Процессы восстановления, процесс Пуассона, Марковские цепи, Марковские и полумарковские процессы. Постановка задачи оптимизации в стохастической модели. Управляемые случайные процессы.

Постановка задачи оптимального управления. Определение объекта управления, стратегий управления и их свойств, функционалов, определяющих качество управления. Построение целевого функционала, определенного на траекториях управляемого случайного процесса.

### **Тема 2. Определение специальных случайных процессов**

Определение Марковского процесса с непрерывным временем и дискретным множеством состояний. Переходные вероятности и их свойств. Однородные Марковские процессы, интенсивности перехода. Уравнения Колмогорова. Процессы гибели и размножения. Полумарковские процессы. Свойства и характеристики. Определение управляемого полумарковского процесса. Стратегии управления (однородные стратегии, Марковские стратегии, рандомизированные стратегии). Функционалы накопления и достижения. Вывод интегральных уравнений для функций распределения времени достижения заданного множества состояний. Вывод алгебраических уравнений для математических ожиданий времени достижения заданного множества состояний. Построение функционала накопления.

Теорема о структуре функционала накопления. Построение аддитивного функционала накопления, определенного на траекториях управляемого процесса.

Вывод интегральных уравнений для математического ожидания накопленного эффекта на конечном интервале времени.

Теорема об экстремуме функционала накопления.

### **Тема 3. Управление техническим обслуживанием (модели надежности)**

Постановка задачи анализа надежности технических систем. Показатели надежности, методы повышения показателей. Резервирование, техническое обслуживание. Построение управляемого процесса для модели надежности с мгновенной индикацией отказа и без индикации отказа. Исследование функционала достижения для моделей надежности. Исследование коэффициента готовности для моделей надежности. Исследование накопленного дохода для моделей надежности (экономические показатели).



#### Тема 4. Модели массового обслуживания.

Описание особенностей моделей массового обслуживания. Классификация моделей. Показатели качества функционирования систем массового обслуживания. Постановка задачи управления в системах массового обслуживания.

Управление структурой системы массового обслуживания.

Управление входным потоком системы массового обслуживания

Управление длительностью обслуживания

#### 8. Образовательные технологии

Специальных технологий не предусматривается

#### 9. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

#### 10. Порядок формирования оценок по дисциплине

Текущий контроль - работа на семинарах, презентация домашних работ

Промежуточный контроль - письменная контрольная работа.

Итоговый контроль – экзамен.

Итоговая оценка К по 10-балльной шкале формируется как взвешенная сумма:

$$K = 0,4 ПЗ + 0,6 Э$$

где ПЗ – общая 10-балльная оценка за практические занятия, домашние задания и контрольную работу, Э – оценка за ответ на экзамене. Перевод в пятибалльную оценку осуществляется в соответствии со следующей таблицей.

Таблица соответствия оценок по десятибалльной и пятибалльной системе

По десятибалльной шкале	По пятибалльной системе
1 - неудовлетворительно	неудовлетворительно - 2
2 - очень плохо	
3 - плохо	
4 - удовлетворительно	удовлетворительно - 3
5 - весьма удовлетворительно	
6 - хорошо	хорошо - 4
7 - очень хорошо	
8 - почти отлично	отлично - 5
9 - отлично	
10 - блестяще	

Преподаватель оценивает работу студентов на семинарских и практических занятиях: Оценки за работу на семинарских и практических занятиях преподаватель выставляет в рабочую ведомость.



Накопленная оценка по 10-ти балльной шкале за работу на семинарских и практических занятиях определяется перед итоговым контролем.

## **11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **11.1. Базовый учебник**

Базового учебника нет.

### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### ***8.1. Рекомендуемая литература***

а) основная литература:

1. Ивченко Г.И., Каштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания, URSS, Москва, 2012.
2. Каштанов В.А., Медведев А.И. Теория надежности сложных систем. Физматлит, Москва, 2010.

б) дополнительная литература:

1. Б.В.Гнеденко, И.Н.Коваленко. Введение в теорию массового обслуживания. УРСС, Москва, 2004.
2. Е.Ю.Барзилович, Ю.К.Беляев, В.А.Каштанов и др. Вопросы математической теории надежности (под редакцией Б.В.Гнеденко). Радио и связь, Москва, 1983.
3. Е.Ю.Барзилович, В.А.Каштанов. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем. Советское радио, Москва, 1971.
4. Е.Ю.Барзилович, В.А.Каштанов. Организация обслуживания при ограниченной информации о надежности системы, Советское радио, Москва, 1975.
5. Х.Майн, С.Осаки. Марковские процессы принятия решений. Наука, Москва, 1977.
6. Дынкин Е.Б, Юшкевич А.А. Управляемые марковские процессы и их приложения. Москва, Наука, 1975.

## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Не предусмотрено