



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

«__» _____ 2023 г.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

МОДУЛЬ

«ТЕОРИЯ ПОИСКА И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ПРОЦЕССЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ, РАБОТ И УСЛУГ»

Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством

Профиль: Управление качеством в технологических системах

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Королев
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Автор: Исаев В.Г. Рабочая программа дисциплины: Процессы принятия решений в управлении качеством продукции, работ и услуг – Королев МО: «Технологический университет», 2023

Рецензент: зав. кафедрой УКС, к.т.н., доц. Воейко О.А.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.04.02 Управление качеством и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Воейко О.А. к.т.н., доцент 	Воейко О.А. к.т.н., доцент		
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 11 от 28.03.2023			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  **О.А. Воейко к.т.н., доцент**

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Целью изучения дисциплины является

- получение базовых знаний и формирование основных навыков по теории случайных процессов, необходимых для решения задач, возникающих в математическом обеспечении качества продукции и услуг.
- развитие понятийной теоретико-вероятностной базы и формирование соответствующего технического уровня вероятностной подготовки, необходимых для понимания основ теории случайных процессов и её применения к моделированию технологических процессов.
- обучение магистрантов практическому использованию вычислительной техники для анализа случайных процессов;
- формирование у магистрантов практических навыков по построению графов состояний для Марковских цепей и составлять по ним матрицы переходных вероятностей, расчёту предельных вероятностей состояний для Марковских процессов с дискретными состояниями с дискретным и непрерывным временем, находить характеристики для различных систем массового обслуживания как случайных процессов гибели и размножения;
- развитие творческой самостоятельности магистрантов.

В процессе обучения по специальности **27.04.02 «Управление качеством»** магистрант приобретает и совершенствует следующие компетенции.

Универсальные компетенции.

УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК-1 Способен устанавливать причинно-следственные связи между явлениями проблемной ситуации и устранять проблемы

Основными задачами дисциплины являются:

-изучение и освоение основ теории случайных процессов, методов и приёмов решения практических задач;

-обучение методике построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития технических систем, определения их основных характеристик и оценки эффективности;

-обучение навыкам работы со специальной математической литературой.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению;

УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов

ПК-1.3. Владеет навыками применения системного анализа при управлении качеством продукции.

Необходимые умения:

УК-1.1. Умеет анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними.

УК-1.3. Умеет критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников.

ПК-1.2. Умеет анализировать различные факторы на всех этапах жизненного цикла продукции (услуг) в интересах повышения качества и конкурентоспособности.

Необходимые знания:

УК-1.5. Использует логико-методологический инструментарий для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области.

ПК-1.1. Знает нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Учебная дисциплина «Марковские процессы в управлении качеством» относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательной программы подготовки магистрантов по направлению 27.04.02 Управление качеством.

Изучение дисциплины «Марковские процессы в управлении качеством» базируется на дисциплине «Информационные технологии в управлении качеством и компетенциях ОПК-3; ОПК-6.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми для изучения отдельных разделов дисциплины «Формирование требований к образцам и комплексам» и выполнения выпускной квалификационной работы магистранта.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы составляет **3** зачетные единицы, **108** часов.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4
Общая трудоемкость	72		72		

ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	28		28		
Лекции (Л)	4		4		
Практические занятия (ПЗ)	16		16		
Лабораторные работы (ЛР)	8		8		
Практическая подготовка	8		8		
Самостоятельная работа	44		44		
Курсовые, расчетно-графические работы	-		-		
Контрольная работа, домашнее задание	+		+		
Текущий контроль знаний	-				
Вид итогового контроля	экзамен		экзамен		
ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ не предусмотрена учебным планом					

4. Содержание дисциплины (модуля)

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции час.	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Занятия в интерактивной форме, час	Практическая подготовка	Код компетенций
Тема 1. «Потоки событий, их свойства и классификация. Предельные теоремы теории потоков».	-	4	2	2	-	УК-1 ПК-1
Тема 2. «Понятие о Марковском случайном процессе».	-	4	2	2		УК-1 ПК-1
Тема 3. «Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Применение теории марковских процессов для моделирования технологических процессов».	2	2	-	2	2	УК-1 ПК-1
Тема 4. «Стационарный режим для цепи Маркова».	-	2	2	2	2	УК-1 ПК-1
Тема 5. «Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова».	-	2	-	2	-	УК-1 ПК-1

Тема 6. «Процессы гибели и размножения».	-	2	-	2	2	УК-1 ПК-1
Тема 7. «Марковские случайные процессы и надёжность продукции».	2	-	2	-	2	УК-1 ПК-1
Итого:	4	16	8	12	8	

4.2 Содержание тем дисциплины

Тема 1. «Потоки событий, их свойства и классификация. Предельные теоремы теории потоков».

Потоки событий. Понятие простейшего потока. Свойства простейшего потока. Потоки Эрланга и их свойства. Потоки Пальма и их свойства. Предельные теоремы теории вероятностей. Неравенство Чебышева и его значение. Теорема Чебышева. Теорема Бернулли. Центральная предельная теорема теории вероятностей (теорема Ляпунова). Предельная теорема для суммарного потока. Предельная теорема для редящихся потоков.

Тема 2. «Понятие о Марковском случайном процессе».

Определение марковского случайного процесса. Классификация Марковских случайных процессов. Граф состояний, правила построения. Классификация состояний. Вероятности состояний.

Тема 3. «Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Применение теории марковских процессов для моделирования технологических процессов».

Описание Марковского процесса с дискретными состояниями и дискретным временем. Граф состояний. Вероятности состояний. Моделирование технологических процессов. Примеры решения задач.

Тема 4. «Стационарный режим для цепи Маркова».

Стационарный режим, основные понятия и определения. Описание стационарного режима для цепи Маркова. Примеры решения задач.

Тема 5. «Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова».

Предельные вероятности. Граф состояний. Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний Марковских систем с непрерывным временем и дискретными состояниями. Предельный стационарный режим. Понятие регулярности Марковской цепи.

Тема 6. «Процессы гибели и размножения».

Определение Марковского процесса гибели и размножения. Граф состояний и переходов, условия существования стационарного режима, предельные вероятности состояний. Закон распределения и числовые характеристики времени нахождения процесса гибели и размножения в произвольном подмножестве состояний.

Тема 7. Марковские случайные процессы и надёжность продукции.

Основные понятия теории надёжности. Системы с восстановлением. Расчёт вероятности безотказной работы. Расчёт средней наработки и коэффициента готовности. Схема «гибели и размножения» в теории надёжности. Расчет показателей надёжности восстанавливаемых не резервируемых и резервируемых систем.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) «Марковские процессы в управлении качеством».

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) приведена в Приложении 1 к настоящей программе.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

- 1.Иванов, Б. Н. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Иванов Б. Н. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 224 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3636-1.
URL: <https://e.lanbook.com/book/113901>
- 2.Статистика. Сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сокольникова А. М., Беленкова Ж. Т., Болотюк Л. А., Болотюк В. А. - 1-е изд. -: Лань, 2019. - 148 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3425-1.
URL: <https://e.lanbook.com/book/111890>
- 3.Теория вероятностей / А. В. Ганичева; Ганичева А.В. - Москва: Лань, 2017. - ISBN 978-5-8114-2380-4.
URL: <https://e.lanbook.com/book/91078>
- 4.Статистика / А. М. Годин; А.М. Годин. - 11-е изд., перераб. и испр. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 412 с. - ISBN 978-5-394-02183-1.
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=452543>

Дополнительная литература:

- 1.Теория массового обслуживания [электронный ресурс]: метод. указания к лаб. работе / А. Д. Стрекаловская, А. В. Рачинских, Т. А. Санеева; Стрекаловская, Рачинских, Санеева. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. - 29с.; нет.
URL: <http://rucont.ru/efd/176623>

2. Тарасова, Н.В. Системы массового обслуживания: Методич. Указания / Тарасова. - Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2012. - 32: нет.

URL: <https://lib.rucont.ru/efd/216044>

Электронные книги:

1. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Учебное пособие с использованием пакета MathCad: Учебное пособие / Ойстрековский В. А. - Москва: ООО "КУРС": ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2015. - 208 с. - ISBN 978-5-905554-96-4.

URL: <http://znanium.com/go.php?id=508241>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.biblioclub.ru>
2. <http://znanium.com>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) приведены в Приложении 2 к настоящей программе.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения:

MS Office, PowerPoint, Excel.

Информационные справочные системы:

1. www.biblioclub.ru
2. www.znanium.com
3. www.e.lanbook.com

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия:

-аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
-комплект электронных презентаций/слайдов.

Лабораторные работы:

-лаборатория при кафедре Управление качеством и стандартизации, оснащенная ПЭВМ, на которых установлено программное обеспечение MS Office, Excel.

Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;

- рабочие места магистрантов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

«МАРКОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ»

(Приложение 1 к рабочей программе)

Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством

Профиль: Управление качеством в технологических системах

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части) *	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции, обучающийся приобретает:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Темы 1-7	УК-1.5. Использует логико-методологический инструмент для критической оценки современных концепций философского и социального характера в своей предметной области.	УК-1.1. Анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними. УК-1.3. Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников.	УК-1.2. Определяет пробелы в информации, необходимой для решения проблемной ситуации, и проектирует процессы по их устранению; УК-1.4. Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарных подходов
2	ПК-1	Способен устанавливать причинно-следственные связи между явлениями проблемной ситуации и устранять проблемы	Темы 1-7	ПК-1.1. Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.	ПК-1.2. Анализировать различные факторы на всех этапах жизненного цикла продукции (услуг) в интересах повышения качества и конкурентоспособности. Уметь	ПК-1.3. Навыками применения системного анализа при управлении качеством продукции.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
-----------------	---	-----------------------------------	-----------------

УК-1 ПК-1	Реферат	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция <u>не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Соответствие содержания реферата заявленной тематике (1 балл). 2. Качество источников и их количество при подготовке работы (1 балл). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4. Качество самой представленной работы (1 балл). 5. Оригинальность подхода и всестороннее раскрытие выбранной тематике (1 балл). <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
УК-1 ПК-1	Решение задач	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция <u>не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выбор оптимального метода решения задачи (1 балл). 2. Умение применить выбранный метод (1балл). 3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчётах (1 балл). 4. Решение задачи и получение правильного результата (2 балла). 5. Задача не решена совсем (0 баллов). <p>Максимальная оценка 5 баллов.</p>
УК-1 ПК-1	Лабораторная работа	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция <u>не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оформление в соответствии с требованиями – (1 балл) 2. Выбор методов измерений и вычислений – (1 балл) 3. Умение применять выбранные методы – (1 балл) 4. Анализ и выводы, отражающие суть изучаемого явления с указанием конкретных результатов – (2 балла) <p>Максимальная оценка – 5 баллов.</p>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерная тематика реферата:

1. Марковские процессы и возможные области их применения (с примерами).
2. Поток Пальма и области его применения (с примерами).
3. Потоки Эрланга и области их применения (с примерами).
4. Уравнения Колмогорова история создания.
5. Потоки гибели и размножения история возникновения и возможные области применения.
6. Элементы теории марковских процессов и систем массового обслуживания.
7. Применение Марковских цепей для описания технологических процессов.
8. Марковская модель массового обслуживания.
9. Применение теории марковских процессов в исследовании рынка.
10. Применение теории марковских процессов при оценке надёжности систем.
11. Применение теории марковских процессов при оценке качества систем.
12. Потоки гибели и размножения история возникновения и возможные области применения.
13. Применение теории марковских процессов для экономических расчетов.
14. Цепи Маркова в теории вероятностей и их приложения.
15. Марковские модели в экономических системах.
16. Марковские процессы: теория, примеры, моделирование.

Контрольная работа

Контрольная работа является формой промежуточной аттестации студентов при изучении дисциплины и позволяет закрепить теоретический материал курса.

Контрольная работа должна выполняться студентом самостоятельно и раскрывать тему работы и содержать ответы на вопросы, предложенные студенту преподавателем.

Содержание контрольной работы определяется преподавателем, ведущим занятия в группе и содержит две задачи повышенной сложности.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4 и в электронном виде.

Контрольная работа должна содержать титульный лист с указанием порядкового номера работы, названия, данных студента и даты выполнения. Работа должна оформляться в следующем порядке:

1. условие задачи;
2. решение задачи, содержащее все необходимые пояснения, схемы, расчеты, выводы;
3. ответ.

Пример контрольной работы.

№1.

Рассматривается система с дискретными состояниями и дискретным временем (цепь Маркова). Задана матрица вероятностей перехода за один шаг.

Требуется:

придумать задание по инноватике для указанного примера и

- а) построить размеченный граф состояний;*
- б) найти распределение вероятностей для первых 2-х шагов, если известно, что в начальный момент времени ($t_0 = 0$) система находилась в j -ом состоянии с вероятностью p_j*

а)

$$P_{ij} = \left\{ \begin{array}{cccc} 0,7 & 0,1 & 0,1 & 0,1 \\ 0,2 & 0,6 & 0 & 0,2 \\ 0,2 & 0 & 0,5 & 0,3 \\ 0 & 0,3 & 0 & 0,7 \end{array} \right\} P_1(0)=0,8; \quad P_2(0)=0,2$$

б)

$$P_{ij} = \left\{ \begin{array}{ccc} 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0,2 & 0,1 & 0,7 \\ 0,3 & 0,5 & 0,2 \end{array} \right\} P_1(0) = 0,4; \quad P_2(0) = 0,3, \quad P_3(0) = 0,3$$

№2.

В транспортном отделе фирмы постоянно используется четыре автомобиля. Задание на перевозку отдел получает один раз в день. Если к концу дня число работоспособных автомобилей уменьшается до нуля, одного или двух, то отдел получает один автомобиль из резерва. Этот автомобиль доставляется ночью. Если число исправных автомобилей равно трем или четырем, то отдел не получает дополнительной автомашины. На следующий день, если в наличии имеется три или четыре машины, то задание отделу выдается; в противном случае задание отменяется. Во время выполнения задания каждый автомобиль может выйти из строя с вероятностью P .

Ввести понятие состояния транспортного отдела так, чтобы его функционирование можно было описать с помощью цепи Маркова, построить матрицу ***P*** и исследовать ее на регулярность.

№ 3.

Джамиля после успешной сдачи весенней сессии в ФТА вернулась в родной город к родителям. Она решила позвонить по телефону всем друзьям и сообщить о своем приезде. Однако Джамиля обнаружила, что её мобильник исчез самым таинственным образом, а записную книжку она где-то забыла. Под руками у неё оказались только две устаревшие телефонные книги, причем в одной из них неверно уже около трети всех номеров, а в другой – около четверти, но, в какой именно, неизвестно. Можно избрать две такие тактики поведения:

1) книга выбирается наугад и, если указанный в ней номер нужного телефона оказался правильным, Джамиля продолжает ею пользоваться, если нет – берет другую книгу;

2) метод двух проб: в случаях «правильный – правильный», «правильный – неправильный» и «неправильный – правильный» книга не меняется, в случае «неправильный – неправильный» надо перейти к другой книге.

Определить, используя теорию марковских случайных процессов, при какой тактике поведения вероятность правильных телефонных показателей выше?

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине «Марковские процессы в управлении качеством и инновациями» являются аттестация в виде тестов и в виде экзамена в устной форме в конце обучения.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Согласно графика учебного процесса	тестирование	УК-1 ПК-1	25 вопросов	Компьютерное тестирование; время, отведенное на процедуру - 30 минут	Результаты тестирования предоставляются через неделю после проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%.

						Отлично – от 85%. Максимальная оценка – 5 баллов.
Согласно графика учебного процесса	Экзамен	УК-1 ПК-1	2 вопроса и задача	Экзамен проводится в устной форме, путем ответа на вопросы. Время отведенное на процедуру – 20 минут.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: «Отлично»: -знание основных понятий предмета; -умение использовать и применять полученные знания на практике; -работа на практических занятиях; -знание основных научных теорий, изучаемых предметов; -ответ на вопросы билета. «Хорошо»: -знание основных понятий предмета; -умение использовать и применять полученные знания на практике; -работа на практических занятиях; -знание основных научных теорий, изучаемых предметов; -ответы на вопросы билета -неправильно решено практическое задание «Удовлетворительно»: -демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; -незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике; -не работал на практических занятиях; «Неудовлетворительно»: -демонстрирует частичные знания по темам

						дисциплин; -незнание основных понятий предмета; -неумение использовать и применять полученные знания на практике; -не работал на практических занятиях; -не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--	--

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся, согласно приказу «О внедрении новой балльно-рейтинговой системы контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся».

Тесты используются в режиме промежуточного контроля. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом). Каждому вопросу соответствует один вариант ответа.

Примеры типовых тестов

1. Марковский случайный процесс — это

процесс, мгновенные значения которого являются случайными величинами,

процесс, для которого характерно свойство: на вероятность любого состояния системы в будущем для каждого момента времени влияние оказывает только ее состояние в настоящем.

2. Цепь Маркова – это

марковский случайный процесс с дискретными состояниями и дискретным временем;

марковский случайный процесс с непрерывными состояниями и дискретным временем;

марковский случайный процесс с непрерывным состоянием и непрерывным временем.

3. Марковские последовательности – это

марковский случайный процесс с дискретными состояниями и дискретным временем;

марковский случайный процесс с непрерывными состояниями и дискретным временем;

марковский случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем;

марковский случайный процесс с непрерывным состоянием и непрерывным временем.

4. Однородная цепь Маркова – это цепь Маркова, для которой переходные вероятности не зависят

от номера шага (от времени),

от того, из какого состояния в какое осуществляется переход.

5. Условия существования стационарного режима для цепи Маркова

цепь Маркова должна быть однородной

цепь Маркова должна быть циклической.

6. Балансовое условие для стационарного режима цепи Маркова записывается в виде

$$P_i(k) = \sum_{j=1}^n P_j(k-1) * P_{ij},$$

$$\sum_{i=1}^n P_i P_{ij} = P_j \sum_{i=1, j \neq i}^n P_{ji}$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1$$

7. Нормировочное условие для стационарного режима цепи Маркова записывается в виде

$$\sum_{i=1}^n P_i P_{ij} = P_j \sum_{i=1, j \neq i}^n P_{ji}$$

$$\sum_{j=1}^n P_j = 1$$

$$P_i(k) = \sum_{j=1}^n P_j(k-1) * P_{ij},$$

8. Марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем называется ...

цепью Маркова

непрерывной цепью Маркова

однородной цепью Маркова.

9. Марковским процессом гибели и размножения с непрерывным временем называется такой случайный процесс, исследуемый параметр которого может принимать только...

дробные значения

целые неотрицательные значения

любые значения.

10. Сечением случайного процесса называют

конкретный вид случайного процесса, который наблюдался на каком-то отрезке времени от 0 до τ ;

случайную величину, соответствующую фиксированному значению в момент времени $t = t_0$.

Примеры типовых вопросов к экзамену.

1. Общее понятие случайного процесса. Примеры случайных процессов.
2. Классификация случайных процессов.
3. Случайные процессы, основные понятия.
4. Случайные процессы и их числовые характеристики.
5. Поглощающие марковские цепи.
6. Основные понятия Марковских случайных процессов.
7. Управляемые марковские цепи.
8. Марковские случайные процессы.
9. Дискретная марковская цепь. Переходные вероятности.
10. Граф состояний и переходов. Принципы построения.
11. Финальные (предельные) вероятности. Стационарный режим цепи Маркова.
12. Потоки событий.
13. Простейший поток и его свойства.
14. Поток Пальма и его свойства.
15. Потоки Эрланга и их свойства.
16. Поток событий. Суперпозиция простейшего потока.
17. Потоки гибели и размножения.
18. Числовые характеристики дискретных случайных величин.
19. Числовые характеристики непрерывных случайных величин.
20. Уравнения Колмогорова.

Примеры задач к экзамену.

№1

Форма по прокату автомобилей выдаёт автомобили в трёх городах: Королёв, Юбилейный и Фрязино. Клиенты могут возвращать автомобили в любой из трёх пунктов по своему усмотрению. Анализ процесса возвращения автомобилей из проката в течение года показал, что клиенты возвращают автомобили в соответствии со следующими вероятностями

Пункты выдачи	Пункты приёма автомобилей		
	Королёв	Юбилейный	Фрязино
Королёв	0,8	0,2	0
Юбилейный	0,2	0	0,8
Фрязино	0,2	0,2	0,6

Определить

1. процентное распределение клиентов, возвращающих автомобили по станциям проката к концу года, если в начале года оно было равномерным, а число клиентов не изменяется в течение года;
2. вероятности состояний в установившемся режиме;
3. пункт проката, у которого более целесообразно строить станцию по обслуживанию автомобилей.

№2

Водитель такси заметил, что если он находится в городе Королёв, то в среднем в 8-ми случаях из 10-ти он везёт следующего пассажира в город Лосино-Петровский, в остальных случаях будет поездка по городу Королёв. Если он находится в городе Лосино-Петровский, то в среднем в 4-х случаях из десяти он везёт следующего пассажира в город Королёв, в остальных случаях будет поездка по городу Лосино-Петровский.

Необходимо

1. определить возможные состояния процесса и построить граф состояний и переходов,
2. записать матрицу переходных вероятностей,
3. найти вероятности состояний в установившемся режиме,
4. найти вероятности состояний после двух шагов процесса, если:
 - в начальном состоянии водитель находился в городе Королёв,
 - в начальном состоянии водитель находился в городе Лосино-Петровский.

№ 3

Фирма издаёт три журнала: “GLAMOUR”, “VOGUE” и “Эноб”. Читатели выписывают только один из трёх журналов. Читатели в среднем подписаться на другой журнал не более одного раза в год, а вероятности таких изменений постоянны. Результаты маркетинговых исследований спроса читателей на журналы позволили вывести следующее процентное соотношение:

80% читателей журнала “GLAMOUR”, подписываются на журнал “VOGUE”,

15% читателей журнала “VOGUE” подписываются на журнал “Эноб”,

80% читателей журнала “Эноб” подписываются на журнал “GLAMOUR”.

Требуется

1. записать матрицу переходных вероятностей для средних годовых изменений,
2. предположить, что общее число подписчиков в городе постоянно, и определить, какая доля из их числа будет подписываться на указанные журналы через два года, если по состоянию на 1 января текущего года журнал имел одинаковое число подписчиков,
3. найти вероятности состояний в установившемся режиме и определить журнал, который будет пользоваться наибольшим спросом у читателей.

№4

Прибор состоит из двух узлов и может находиться в одном из следующих состояний:

- оба узла исправны и работают,
- неисправен только первый узел,

- неисправен только второй узел,
- неисправны оба узла.

Вероятность отказа после месячной эксплуатации для первого узла – $P_1=0,4$; для второго узла – $P_2=0,3$, а вероятность совместного выхода их из строя – $P_{1,2}=0,1$. В исходном состоянии оба узла исправны и работают.

Необходимо

1. построить граф состояний и переходов,
2. записать матрицу вероятностей состояний,
3. записать вероятности состояний после двухмесячной эксплуатации прибора.

№5

Автосалон продаёт автомобили марки MAZDA и HONDA. Опыт эксплуатации этих марок свидетельствует о том, что для них имеют место матрицы переходных вероятностей, соответствующие состояниям: работает хорошо (состояние 1) и требует ремонта (состояние 2):

автомобили MAZDA

$$P = \begin{pmatrix} 0,9 & 0,1 \\ 0,6 & 0,4 \end{pmatrix}$$

автомобили HONDA

$$P = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,2 \\ 0,7 & 0,3 \end{pmatrix}$$

Элементы матрицы перехода определены на годовой период эксплуатации автомобиля.

Требуется.

1. найти вероятность состояний для каждой марки автомобиля после двухлетней эксплуатации, если в начальном состоянии автомобиль «работает хорошо»,
2. определить марку автомобиля, являющуюся наиболее предпочтительной для покупки.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«МАРКОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ В УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ»
(Приложение 2 к рабочей программе)**

Направление подготовки: 27.04.02 *Управление качеством*

Профиль: *Управление качеством в технологических системах*

Уровень высшего образования: *магистратура*

Форма обучения: *очная*

Королев
2023

1. Общие положения

Цель дисциплины:

- получение базовых знаний и формирование основных навыков по теории случайных процессов, необходимых для решения задач, возникающих в математическом обеспечении качества продукции и услуг.
- развитие понятийной теоретико-вероятностной базы и формирование соответствующего технического уровня вероятностной подготовки, необходимых для понимания основ теории случайных процессов и её применения к моделированию технологических процессов.
- обучение магистрантов практическому использованию вычислительной техники для анализа случайных процессов;
- формирование у магистрантов практических навыков по построению графов состояний для Марковских цепей и составлять по ним матрицы переходных вероятностей, расчёту предельных вероятностей состояний для Марковских процессов с дискретными состояниями с дискретным и непрерывным временем, находить характеристики для различных систем массового обслуживания как случайных процессов гибели и размножения;
- развитие творческой самостоятельности магистрантов.

Задачи дисциплины:

1. Изучение и освоение основ теории случайных процессов, методов и приёмов решения практических задач;
2. Обучение методике построения, анализа и применения математических моделей для оценки состояния и прогноза развития технических систем, определения их основных характеристик и оценки эффективности;
3. Обучение навыкам работы со специальной математической литературой.

1. Указания по проведению практических занятий

Тема 1. Потоки событий, их свойства и классификация. Предельные теоремы теории потоков

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия.*

Тема и содержание практического занятия:

Цель работы: получить знания по основным понятиям в теории потоков событий и их использованию при решении практических задач.

Основные положения темы занятия:

1. Потоки событий (дискретные и непрерывные).
2. Простейший поток и его свойства.
3. Поток Эрланга и его свойства.
4. Поток Пальма и его свойства.
5. Предельные теоремы теории вероятностей.

6. Неравенство Чебышева и его значение. Теорема Чебышева. Теорема Бернулли. Центральная предельная теорема теории вероятностей (теорема Ляпунова). Предельная теорема для суммарного потока. Предельная теорема для редуцирующих потоков.

7. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия – 4 ч.

Тема 2. Понятие о Марковском случайном процессе.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, практическая работа в группах.*

Тема и содержание практического занятия:

Цель работы: получить практические знания о марковских случайных процессах и их использованию при решении практических задач.

Основные положения темы занятия:

1. Понятие Марковского случайного процесса.
2. Случайные потоки с дискретным и непрерывным временем.
3. Эргодические системы.
4. Цепи Маркова: определение, классификация, вывод равенства Маркова.
5. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Тема 3. Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Применение теории марковских процессов для моделирования технологических процессов.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, практическая работа в группах.*

Тема и содержание практического занятия:

Цель работы: получить практические знания о марковских случайных процессах с дискретными состояниями и дискретным временем и их использованию при решении практических задач.

Основные положения темы занятия:

1. Области применения марковских процессов с дискретными состояниями и дискретным временем.
2. Построение графа состояний.
3. Расчёт вероятности состояний.
4. Моделирование технологических процессов.
5. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Тема 4. «Стационарный режим для цепи Маркова».

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, практическая работа в группах.*

Тема и содержание практического занятия:

Цель работы: получить практические знания о стационарном режиме для цепи Маркова и его использовании при решении практических задач.

Основные положения темы занятия:

1. Области применения, основные понятия.
2. Расчёт вероятностей состояния стационарного режима для цепи Маркова.
3. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 2 ч.

Тема 5. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, практическая работа в группах.*

Тема и содержание практического занятия:

Цель работы: получить практические знания по оценке эффективности и качества продукции с использованием уравнений Колмогорова.

Основные положения темы занятия:

1. Марковские процессы с непрерывным временем.
2. Граф состояний системы, Правила построения.
3. Определение вероятностей состояния.
4. Предельное распределение вероятностей состояний.
4. Вывод дифференциальных уравнений Колмогорова – Чепмена.
5. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 2 ч.

Тема 6. Процессы гибели и размножения.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, практическая работа в группах.*

Тема и содержание практического занятия:

Цель работы: получить практические знания по основным понятиям, и использования процессов гибели и размножения.

Основные положения темы занятия:

1. Постулаты процесса размножения и гибели.
2. Дифференциальные уравнения Колмогорова – Чепмена для вероятностей состояний.
3. Предельное распределение вероятностей состояний для процесса гибели и размножения.
4. Примеры решения задач.

Продолжительность занятия– 2 ч.

Тема 7. Процессы гибели и размножения.

Вид практического занятия: *смешанная форма практического занятия, практическая работа в группах.*

Тема и содержание практического занятия:

Цель работы: получить практические знания по основным понятиям, и использования теории марковских процессов для оценки надежности продукции.

Основные положения темы занятия:

1. Расчет показателей надежности восстанавливаемых не резервируемых систем.
 2. Расчет показателей надежности восстанавливаемых резервируемых систем.
 3. Примеры решения задач.
- Продолжительность занятия – 2 ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Лабораторная работа № 1. Потоки событий, их свойства и классификация. Предельные теоремы теории потоков.

Цель работы.

Приобрести навыки расчёта по основным формулам числовых характеристик и законов распределения случайных величин с использованием встроенных функций EXCEL.

Задачи работы.

1. изучить формулы расчета числовых характеристик случайных величин;
2. изучить правила расчёта по основным формулам числовых характеристик и законов распределения случайных величин с использованием встроенных функций EXCEL.

3. Этапы выполнения лабораторных работ.

Получить у преподавателя задание. Изучить теоретический материал по лабораторной работе. Ознакомиться с содержанием и объемом лабораторной работы. Выполнить задание по предложенному алгоритму. Оформить отчет по лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы. Сдать отчет преподавателю.

Продолжительность занятия – 1 ч.

Лабораторная работа № 2. Понятие о Марковском случайном процессе. Цепи Маркова.

Цель работы.

Приобрести навыки расчёта условных и безусловных вероятностей однородной цепи Маркова и исследовать процесс установления стационарного распределения в зависимости от свойств цепи и начальных условий.

Задача работы.

Изучить основные принципы расчёта условных и безусловных вероятностей однородной цепи Маркова при решении задач по оценке качества работы технических устройств.

Этапы выполнения лабораторных работ.

Получить у преподавателя задание. Изучить теоретический материал по лабораторной работе. Ознакомиться с содержанием и объемом лабораторной работы. Выполнить задание по предложенному алгоритму. Оформить отчет по лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы. Сдать отчет преподавателю.

Продолжительность занятия – 1 ч.

Лабораторная работа № 3. Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем. Применение теории марковских процессов для моделирования технологических процессов.

Цель работы.

Приобрести навыки описания и расчета вероятностей состояний для технологических процессов с помощью марковских цепей.

Задачи работы.

1. изучить правила анализа оценки состояний систем и построения ГСП.
2. Приобрести навыки описания и расчета вероятностей состояний для технологических процессов с помощью марковских цепей при оценке их эффективности и качества.

Этапы выполнения лабораторных работ.

Получить у преподавателя задание. Изучить теоретический материал по лабораторной работе. Ознакомиться с содержанием и объемом лабораторной работы. Выполнить задание по предложенному алгоритму. Оформить отчет по лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы. Сдать отчет преподавателю.

Продолжительность занятия – 1 ч.

Лабораторная работа № 4. Стационарный режим для цепи Маркова.

Цель работы.

Приобрести навыки в решении уравнений для финальных вероятностей состояний с использованием встроенных функций EXCEL.

Задача работы.

Изучить порядок решения уравнений для финальных вероятностей состояний с использованием встроенных функций EXCEL.

Этапы выполнения лабораторных работ.

Получить у преподавателя задание. Изучить теоретический материал по лабораторной работе. Ознакомиться с содержанием и объемом лабораторной работы. Выполнить задание по предложенному алгоритму. Оформить отчет по лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы. Сдать отчет преподавателю.

Продолжительность занятия – 1 ч.

Лабораторная работа № 5. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова.

Цель работы.

Приобрести навыки в решении систем дифференциальных уравнений Колмогорова и определении момента установления стационарного режима. Исследовать влияние параметров и начальных вероятностей на процесс установления и характеристики стационарного распределения вероятностей.

Задачи работы.

1. изучить правила анализа оценки состояний систем и построения ГСП.

2. Приобрести навыки в решении систем дифференциальных уравнений Колмогорова при оценке эффективности и качества работы различных систем.

Этапы выполнения лабораторных работ.

Получить у преподавателя задание. Изучить теоретический материал по лабораторной работе. Ознакомиться с содержанием и объемом лабораторной работы. Выполнить задание по предложенному алгоритму. Оформить отчет по лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы. Сдать отчет преподавателю.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Лабораторная работа № 6. Марковские случайные процессы и надёжность продукции.

Цель работы.

Приобрести навыки в расчете показателей надёжности технических систем для схем с резервированием элементов.

Задача работы.

Изучить основные принципы построения аналитических и имитационных моделей надёжности с использованием МСП применительно к задачам анализа, проектирования и оценки качества технических систем.

- *Этапы выполнения лабораторных работ.*

Получить у преподавателя задание. Изучить теоретический материал по лабораторной работе. Ознакомиться с содержанием и объемом лабораторной работы. Выполнить задание по предложенному алгоритму. Оформить отчет по лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы. Сдать отчет преподавателю.

Продолжительность занятия – 2 ч.

4. Указания по проведению самостоятельной работы магистров

Цель самостоятельной работы: подготовить магистров к самостоятельному научному творчеству.

Задачи самостоятельной работы:

- 1) расширить представление о проблемах безопасности труда на производстве, средствах и методах защиты человека;
- 2) систематизировать знания в области охраны труда.

Тематическое содержание самостоятельной работы представлено в таблице 1

Таблица 1

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Области применения марковских процессов принятия	Подготовка рефератов, письменная работа, самостоятельное изучение тем. Примерная тематика рефератов (докладов, письменных работ и т.д.): 1. Марковские процессы и возможные области их

	решений	<p>применения (с примерами).</p> <p>2. Применение теории марковских процессов в исследовании рынка.</p> <p>3. Применение теории марковских процессов при оценке надёжности систем.</p> <p>4. Применение теории марковских процессов при оценке качества систем.</p> <p>5. Применение теории марковских процессов для экономических расчетов.</p>
2.	Марковские процессы и теория массового обслуживания	<p>Подготовка рефератов, письменная работа, самостоятельное изучение тем, работа с программным обеспечением, создание презентаций.</p> <p>Примерная тематика рефератов (докладов, письменных работ и т.д.):</p> <p>1. Системы массового обслуживания и их классификация.</p> <p>2. Модели, основанные на непрерывных Марковских процессах.</p> <p>3. Марковская модель массового обслуживания.</p> <p>4. Потоки гибели и размножения история возникновения и возможные области применения.</p>

5. Указания по проведению контрольных работ

5.1. Требования к структуре

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2. Требования к содержанию (основной части)

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать.

3. Основная часть работы включает 2 - 4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).

5. Необходимо давать ссылки на используемую Вами литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению

Объём контрольной работы – 10 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman).

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

- 1.Иванов, Б. Н. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Иванов Б. Н. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 224 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3636-1.
URL: <https://e.lanbook.com/book/113901>
- 2.Статистика. Сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сокольникова А. М., Беленкова Ж. Т., Болотюк Л. А., Болотюк В. А. - 1-е изд. - : Лань, 2019. - 148 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-3425-1.
URL: <https://e.lanbook.com/book/111890>
- 3.Теория вероятностей / А. В. Ганичева; Ганичева А.В. - Москва: Лань, 2017. - ISBN 978-5-8114-2380-4.
URL: <https://e.lanbook.com/book/91078>
- 4.Статистика / А. М. Годин; А.М. Годин. - 11-е изд., перераб. и испр. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 412 с. - ISBN 978-5-394-02183-1.
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=452543>

Дополнительная литература:

- 1.Теория массового обслуживания [электронный ресурс] : метод. указания к лаб. работе / А. Д. Стрекаловская, А. В. Рачинских, Т. А. Санеева; Стрекаловская, Рачинских ,Санеева . - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2011. - 29с.; нет.
URL: <http://rucont.ru/efd/176623>
2. Тарасова, Н.В. Системы массового обслуживания: Методич. Указания / Тарасова. - Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2012. - 32: нет.
URL: <https://lib.rucont.ru/efd/216044>

Электронные книги:

1. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Учебное пособие с использованием пакета MathCad: Учебное пособие / Ойстрековский В. А. - Москва: ООО "КУРС": ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2015. - 208 с. - ISBN 978-5-905554-96-4.
URL: <http://znanium.com/go.php?id=508241>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.biblioclub.ru>
2. <http://znanium.com>

8. Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения: MS Office, PowerPoint, Excel.

Информационные справочные системы:

- 1.www.biblioclub.ru
- 2.www.znanium.com