

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования

**«Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ)  
Волго-Вятский филиал**

УТВЕРЖДЕНА  
на заседании кафедры  
Естественнонаучных  
и гуманитарных дисциплин

Протокол заседания № 11  
от «09» июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины

**«Анализ случайных процессов»**

Направление подготовки

**11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

Направленность (профиль) программы

**«Инфокоммуникационные системы и сети»**

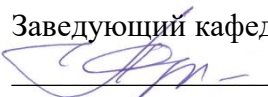
Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная, Заочная**

**Нижний Новгород 2022 г.**

Заведующий кафедрой ЕНиГД  
 В.А. Оринчук

Автор:

Доцент кафедры ЕНиГД, к.ф.-м.н.,  
доцент Тутынина О.И.

Разработано на основе Федерального  
государственного образовательного стандарта  
высшего образования по направлению  
подготовки

**11.03.02**

**Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи,**

утверждённого приказом Министерства  
образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. №  
930.

## 1. Цели освоения дисциплины

*Целями* освоения дисциплины являются изучение общих способов описания динамических случайных явлений (случайных процессов) в профессиональной деятельности и привитие навыков построения соответствующих математических моделей для их анализа.

Рассматриваются основные понятия и методы теории случайных процессов и способы их описания. Приводится классификация случайных процессов, указываются способы вычисления их основных характеристик, а также характеристик преобразованных случайных процессов. Рассматриваются стационарные случайные процессы и указываются их примеры из физики и инфокоммуникаций. Изучаются различные виды потоков событий, их свойства, показывается их связь со случайными процессами. Решаются задачи на нахождение характеристик простейших потоков и различных потоков Пальма. Проводится рассмотрение и решение задач на марковские процессы с дискретным и непрерывным временем и марковские процессы гибели и размножения. Приводятся математические основы описания и анализа работы систем массового обслуживания.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Анализ случайных процессов» включена в обязательную часть блока дисциплин учебного плана «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (Б1.О.13). Дисциплина «Анализ случайных процессов» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 11.03.02 *«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»*, (направленность (профиль) программы *Инфокоммуникационные системы и сети*).

Обеспечивающими для настоящей дисциплины являются:

- Высшая математика;
- Физика;
- Теория вероятностей и математическая статистика.

Для изучения дисциплины «Анализ случайных процессов» обучающийся должен знать основы теории вероятностей и математической статистики в объеме базового курса, принципы математического моделирования реальных явлений детерминированного и стохастического характера, уметь пользоваться всем аппаратом математического анализа, владеть навыками математических преобразований и вычислений – нахождением пределов, дифференцированием и интегрированием функций вещественного и комплексного переменного, в том числе функций нескольких переменных, решением дифференциальных уравнений, анализом рядов, уметь выполнять матричные расчеты и векторные преобразования.

Знания, умения и навыки, получаемые обучающимися в результате изучения дисциплины «Анализ случайных процессов», являются основой для

последующего изучения многих дисциплин профессионального цикла, например, таких как

- Общая теория связи;
- Инфокоммуникационные системы и сети;
- Цифровая обработка сигналов;
- Сети и системы мобильной связи;
- Теория телетрафика;
- Направляющие телекоммуникационные среды;
- Надежность инфокоммуникационных сетей;
- Проектирование инфокоммуникационных сетей.

Рабочая программа дисциплины «Анализ случайных процессов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа). Процесс изучения дисциплины реализуется при очной форме обучения в 4-ом семестре, при заочной форме обучения в 6-м семестре. Промежуточная аттестация предусматривает экзамен в 4-ом и 6-м семестре соответственно.

### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 з.е. (144 часа), их распределение по видам работ по семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индекс индикатора достижения компетенции	Содержание индикатора достижения компетенции
1.	ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1	Знает фундаментальные законы природы и основные физические математические законы и методы накопления, передачи и обработки информации
	ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.2	Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.
	ОПК-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.3	Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач.
	ОПК-3	Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности	ОПК-3.4	Умеет строить вероятностные модели для конкретных процессов, проводить необходимые расчеты в рамках построенной модели.

**Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам  
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 2а

Вид учебной работы	Трудоёмкость			
	час.	В т.ч. по семестрам		Из них практическая подготовка
		4		
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>144</b>	<b>144</b>		
<b>1. Контактная работа:</b>				
<b>Аудиторная работа</b>	<b>54</b>	<b>54</b>		
лекции (Л)	24	24		
практические занятия (ПЗ)	30	30		
лабораторные работы (ЛР)	-	-		
<b>2. Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>90</b>	<b>90</b>		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	54	54		
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>36</b>	<b>36</b>		
Вид промежуточного контроля:	Экзамен			

**ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 2б

Вид учебной работы	Трудоёмкость			
	час.	В т.ч. по семестрам		Из них практическая подготовка
		6		
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>144</b>	<b>144</b>		
<b>1. Контактная работа:</b>				
<b>Аудиторная работа</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		
лекции (Л)	6	6		
практические занятия (ПЗ)	6	6		
лабораторные работы (ЛР)	-	-		
<b>2. Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>132</b>	<b>132</b>		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)	-	-		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	96	96		
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>36</b>	<b>36</b>		
Вид промежуточного контроля:	Зачет с оценкой			

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тематический план дисциплины ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3а

Наименование разделов дисциплины	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ИКР	
Раздел 1. Случайные процессы и их характеристики	21	4	6	-	-	11
Раздел 2. Потоки событий	18	4	4	-	-	10
Раздел 3. Стационарные случайные процессы	23	4	8	-	-	11
Раздел 4. Марковские случайные процессы	23	6	6	-	-	11
Раздел 5. Основы теории массового обслуживания	23	6	6	-	-	11
<b>Всего за 4-й семестр</b>	<b>108</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>54</b>
Экзамен	36	-	-	-	-	36
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>90</b>

### ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3б

Наименование разделов дисциплины	Всего	Аудиторная работа				Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ	ЛР	ИКР	
Раздел 1. Случайные процессы и их характеристики	21	1	2	-	-	18
Раздел 2. Потоки событий	18	1	1	-	-	16
Раздел 3. Стационарные случайные процессы	23	1	1	-	-	21
Раздел 4. Марковские случайные процессы	23	1,5	1	-	-	20,5
Раздел 5. Основы теории массового обслуживания	23	1,5	1	-	-	20,5
<b>Всего за 6-й семестр</b>	<b>108</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>96</b>
Экзамен	36	-	-	-	-	36
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>132</b>

## 4.3 Лекции/лабораторные/практические/ занятия

### Содержание лекций/лабораторного практикума/практических занятий ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4а

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1. Случайные процессы и их характеристики</b>			
	Тема 1. Основы теории случайных процессов.	Лекция № 1. Основные понятия и характеристики теории случайных процессов. Классификация случайных процессов.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 1. Примеры случайных процессов в технике. Их	ОПК-1.3 ОПК-3.4	3

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		описание и характеристики.		
	Тема 2. Преобразования случайных процессов	Лекция № 2. Преобразования случайных процессов.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 2. Элементарные случайные процессы. Производная и интеграл от случайного процесса	ОПК-1.2 ОПК-1.3	
		Практическое занятие № 3. Линейные преобразования случайных процессов. Каноническое разложение случайных процессов	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	3
2.	<b>Раздел 2. Потоки событий</b>			
	Тема 3. Простейший поток событий	Лекция № 3. Простейший поток событий и его свойства. Основные характеристики стационарных и нестационарных потоков событий.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 4. Задачи на простейший поток. Суммирование стационарных и простейших потоков.	ОПК-1.2 ОПК-1.3	2
	Тема 4. Другие виды потоков событий.	Лекция № 4. Регулярный поток. Нестационарный пуассоновский поток. Теоремы о потоках. Поток Пальма и поток Эрланга. Нормированный поток Эрланга. Гамма-поток.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 5. Задачи на законы распределения интервалов времени между событиями в потоках. Задачи на потоки Пальма и Эрланга.	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	2
3.	<b>Раздел 3. Стационарные случайные процессы</b>			
	Тема 5. Характеристики стационарных случайных процессов.	Лекция № 5. Описание и характеристики стационарного случайного процесса.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 6. Примеры на стационарные случайные процессы. Их связь с потоками. Производная от стационарного случайного процесса.	ОПК-1.2 ОПК-1.3	2
	Тема 6. Спектральная теория стационарных случайных процессов	Лекция № 6. Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Спектральная плотность. Формулы Винера – Хинчина.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 7. Задачи на спектральное разложение стационарного случайного процесса и формулы Винера – Хинчина.	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	2
		Практическое занятие № 8. Линейные преобразования стационарных случайных процессов. Вычисление их характеристик.	ОПК-1.3	2
		Практическое занятие № 9. Преобразование стационарного случайного процесса стационарной	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	2



№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		линейной системой.		
4.	<b>Раздел 4. Марковские случайные процессы</b>			
	Тема 7. Марковские цепи	Лекция № 7. Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем (цепи Маркова). Стационарный режим для цепи Маркова.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 10. Задачи на цепи Маркова.	ОПК-1.3	2
	Тема 8. Марковские процессы с непрерывным временем	Лекция № 8. Марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 11. Задачи на марковские процессы с непрерывным временем.	ОПК-1.2 ОПК-1.3	2
		Лекция № 9. Марковские процессы гибели и размножения.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 12. Задачи на марковские процессы гибели и размножения.	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	2
5.	<b>Раздел 5. Основы теории массового обслуживания</b>			
	Тема 9. Простейшие системы массового обслуживания с отказами	Лекция № 10. Классификация систем массового обслуживания (СМО). Марковские модели СМО. Простейшая СМО с отказами.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 13. Задачи на СМО с отказами.	ОПК-1.2	2
	Тема 10. СМО с ожиданием	Лекция № 11. СМО с ожиданием (с бесконечной и конечной очередями)	ОПК-1.1 ОПК-3.4	2
		Практическое занятие № 14. Задачи на СМО с бесконечной и конечной очередями.	ОПК-1.1 ОПК-3.4	2
		Лекция № 12. СМО с конечным временем ожидания в очереди. Сети массового обслуживания с бесконечной очередью.	ОПК-1.1	2
		Практическое занятие № 15. Задачи на СМО с конечным временем ожидания в очереди и на сети массового обслуживания с бесконечной очередью.	ОПК-1.1 ОПК-3.4	2

### ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 46

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
1.	<b>Раздел 1. Случайные процессы и их характеристики</b>			
	Тема 1. Основы теории случайных	Лекция № 1. Основные понятия и характеристики теории случайных процессов. Классификация случайных	ОПК-1.1	0,5

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
	процессов.	процессов.		
		Практическое занятие № 1. Примеры случайных процессов в технике. Их описание и характеристики.	ОПК-1.3 ОПК-3.4	1
	Тема 2. Преобразования случайных процессов	Лекция № 2. Преобразования случайных процессов.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 2. Элементарные случайные процессы. Производная и интеграл от случайного процесса	ОПК-1.2 ОПК-1.3	0,5
		Практическое занятие № 3. Линейные преобразования случайных процессов. Каноническое разложение случайных процессов	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	0,5
2.	<b>Раздел 2. Потоки событий</b>			
	Тема 3. Простейший поток событий	Лекция № 3. Простейший поток событий и его свойства. Основные характеристики стационарных и нестационарных потоков событий.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 4. Задачи на простейший поток. Суммирование стационарных и простейших потоков.	ОПК-1.2 ОПК-1.3	0,5
	Тема 4. Другие виды потоков событий.	Лекция № 4. Регулярный поток. Нестационарный пуассоновский поток. Теоремы о потоках. Поток Пальма и поток Эрланга. Нормированный поток Эрланга. Гамма-поток.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 5. Задачи на законы распределения интервалов времени между событиями в потоках. Задачи на потоки Пальма и Эрланга.	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	0,5
3.	<b>Раздел 3. Стационарные случайные процессы</b>			
	Тема 5. Характеристики стационарных случайных процессов.	Лекция № 5. Описание и характеристики стационарного случайного процесса.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 6. Примеры на стационарные случайные процессы. Их связь с потоками. Производная от стационарного случайного процесса.	ОПК-1.2 ОПК-1.3	0,25
	Тема 6. Спектральная теория стационарных случайных процессов	Лекция № 6. Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Спектральная плотность. Формулы Винера – Хинчина.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 7. Задачи на спектральное разложение стационарного случайного процесса и формулы Винера – Хинчина.	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	0,25
		Практическое занятие № 8. Линейные преобразования стационарных случайных процессов. Вычисление их характеристик.	ОПК-1.3	0,25

№ п/п	Название раздела, темы	№ и название лекций/ лабораторных/ практических занятий	Формируемые компетенции	Кол-во часов
		Практическое занятие № 9. Преобразование стационарного случайного процесса стационарной линейной системой.	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	0,25
4.	<b>Раздел 4. Марковские случайные процессы</b>			
	Тема 7. Марковские цепи	Лекция № 7. Марковские процессы с дискретными состояниями и дискретным временем (цепи Маркова). Стационарный режим для цепи Маркова.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 10. Задачи на цепи Маркова.	ОПК-1.3	0,5
	Тема 8. Марковские процессы с непрерывным временем	Лекция № 8. Марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 11. Задачи на марковские процессы с непрерывным временем.	ОПК-1.2 ОПК-1.3	0,25
		Лекция № 9. Марковские процессы гибели и размножения.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 12. Задачи на марковские процессы гибели и размножения.	ОПК-1.2 ОПК-1.3 ОПК-3.4	0,25
5.	<b>Раздел 5. Основы теории массового обслуживания</b>			
	Тема 9. Простейшие системы массового обслуживания с отказами	Лекция № 10. Классификация систем массового обслуживания (СМО). Марковские модели СМО. Простейшая СМО с отказами.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 13. Задачи на СМО с отказами.	ОПК-1.2	0,5
	Тема 10. СМО с ожиданием	Лекция № 11. СМО с ожиданием (с бесконечной и конечной очередями)	ОПК-1.1 ОПК-3.4	0,5
		Практическое занятие № 14. Задачи на СМО с бесконечной и конечной очередями.	ОПК-1.1 ОПК-3.4	0,25
		Лекция № 12. СМО с конечным временем ожидания в очереди. Сети массового обслуживания с бесконечной очередью.	ОПК-1.1	0,5
		Практическое занятие № 15. Задачи на СМО с конечным временем ожидания в очереди и на сети массового обслуживания с бесконечной очередью.	ОПК-1.1 ОПК-3.4	0,25

**5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### 5.1. Контрольные вопросы и задания (для самостоятельного изучения)

1. Дайте два определения случайного процесса.
2. Приведите примеры случайных процессов из физики и из теории связи.
3. Математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратическое отклонение случайного процесса и их свойства. Примеры.
4. Автоковариационная функция, нормированная автоковариационная функция случайного процесса и их свойства. Взаимная ковариационная и нормированная взаимная ковариационная функции и их свойства. Примеры.
5. Рассматривается случайный процесс  $\xi(t) = \xi \cdot t^3 + t^2$ , где  $\xi$  – случайная величина, распределенная по равномерному закону  $\xi \sim R(-3, 5)$ . Найти плотность распределения сечения этого процесса и характеристики:  $m_\xi(t)$ ,  $D_\xi(t)$ ,  $\sigma_\xi(t)$ ,  $K_\xi(t_1, t_2)$ .
6. Каноническое разложение случайного процесса. Примеры.
7. Дифференцирование случайного процесса. Примеры.
8. Интегрирование случайного процесса. Примеры.
9. Линейные преобразования случайных процессов, заданных своим каноническим разложением. Примеры.
10. Случайная функция  $Z(t)$  задана своим каноническим разложением  $X(t) = t^3 + 3t + Ut^3 + Vt^2 + Wt$ , где  $U, V, W$  – некоррелированные случайные величины с м.о., равными нулю, и дисперсиями  $D(U) = 2$ ,  $D(V) = 3$ ,  $D(W) = 1$ . Найти характеристики случайной функции  $Y(t) = t \cdot \frac{dX(t)}{dt} - 3t^3$ :  $m_Y(t)$ ,  $K_Y(t_1, t_2)$ ,  $D_Y(t)$ .
11. Стационарные в широком и узком смысле случайные процессы. Примеры.
12. Эргодические случайные процессы. Примеры.
13. Случайная телеграфная волна и ее характеристики.
14. Обобщенная случайная телеграфная волна и ее характеристики.
15. Телеграфная волна и ее характеристики.
16. Обобщенная телеграфная волна и ее характеристики.
17. Модель электронного потока в кинескопе.
18. Стационарный и нестационарный белый шум.
19. Спектральное разложение стационарного случайного процесса. Интегральное спектральное представление случайного процесса. Спектр дисперсии. Примеры.
20. Спектральная плотность стационарного случайного процесса. Нормированная спектральная плотность. Эффективная ширина спектра и эффективная длительность автокорреляции. Примеры.
21. Дифференцирование стационарных случайных процессов. Примеры.
22. Формулы Винера-Хинчина.

23. Преобразования стационарных случайных процессов стационарной линейной системой. Примеры.
24. Преобразование характеристик стационарного случайного процесса стационарной линейной системой. Примеры.
25. Дана корреляционная функция стационарного случайного процесса:  $k_X(\tau) = \sigma_X^2 \exp(-\lambda |\tau|)$ . Определить спектральную плотность  $S_Y(\omega)$  случайного процесса  $Y(t) = a \frac{dX(t)}{dt}$ .
26. Случайные процессы с независимыми приращениями, с независимыми значениями, однородные с независимыми приращениями. Примеры.
27. Процесс Пуассона. Примеры.
28. Примеры цепей Маркова в инфокоммуникациях.
29. Стационарное распределение цепи Маркова. Балансовые уравнения. Примеры.
30. Матрица вероятностей перехода однородной цепи Маркова, описывающая систему  $S$ , имеет вид:
- $$\pi = \begin{pmatrix} 0,8 & 0,1 & p_{02} \\ 0,4 & p_{11} & 0,6 \\ p_{20} & 0,5 & 0,3 \end{pmatrix}$$
- Распределение по состояниям в начальный момент времени  $t_0$  определяется вектором  $(0,8; 0,2; 0)$ . Нарисовать граф состояний системы  $S$ , найти распределение вероятностей после первых шагов и предельное стационарное распределение вероятностей.
31. Простейший поток событий и его свойства.
32. Прореживание и суперпозиция потоков.
33. Поток вызовов, поступающих на АТС – простейший пуассоновский поток. Математическое ожидание числа вызовов, поступающих за 3 секунды, равно 10. Найти вероятность того, что за 1 секунду поступит не менее трех вызовов. Найти наиболее вероятное число вызовов, поступающих за 4 секунды.
34. Нестационарный пуассоновский поток.
35. Задан нестационарный пуассоновский поток с интенсивностью событий  $\lambda(t) = 1 + 2t$ . Найти вероятность того, что на участке времени от 0 до  $\tau = 10$  мин. появится не менее двух событий.
36. Поток Пальма, примеры.
37. Потоки Эрланга, их характеристики, примеры.
38. Производится детерминированное прореживание простейшего потока с интенсивностью  $\lambda = 5$  на три потока: если номер события имеет вид  $5k + l$ ,  $l = 1, 2, 3$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$ , то это событие направляется соответственно в канал с номером  $l$ . Какое распределение и м.о. имеют промежутки между событиями в каждом из новых потоков?
39. Марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Уравнения Колмогорова. Примеры.
40. Простейший процесс отказов и восстановлений.
41. Стационарный режим для марковского процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем. Примеры.

42. Марковский процесс размножения и гибели. Примеры.
43. Система  $S$  – техническое устройство, состоящее из  $m = 2$  узлов, подвергающаяся время от времени осмотру и ремонту в моменты  $t_1, t_2, t_3, \dots$ . Система  $S$  после каждого шага может оказаться в следующих состояниях:  $s_0$  – все узлы исправны,  $s_1$  – один узел в ремонте, другой исправен,  $s_2$  – все узлы в ремонте. Вероятность того, что в момент профилактики узел окажется неисправным, равна  $p = 0.1$ . После обнаружения неисправности узла, он начинает ремонтироваться и полностью восстанавливается. Установить, существует ли в этой системе стационарный режим, и если да, то найти финальные (предельные) вероятности состояний системы  $S$ .
44. Характеристики эффективности системы массового обслуживания. Модифицированная символика Кендалла.
45. Простейшая одноканальная СМО с отказами (задача Эрланга).
46. Простейшие одноканальные СМО с ограниченной и неограниченной очередью.
47. Простейшие многоканальные СМО с отказами
48. Простейшие многоканальные СМО с неограниченной (бесконечной) очередью.
49. Простейшие многоканальные СМО с конечной очередью.
50. Простейшие многоканальные СМО с ограничением по времени ожидания в очереди.
51. Простейшие сети массового обслуживания с бесконечными очередями.
52. СМО представляет собой сеть связи, имеющей один канал и неограниченный по объёму накопитель очереди ожидающих сообщений. На нее поступает простейший поток сообщений с интенсивностью  $\lambda = 0,04$  сообщений в секунду. Время передачи сообщений распределено по показательному закону со средним временем передачи одного сообщения  $\bar{t} = 14$  секунд. Сообщения, поступающие в моменты времени, когда обслуживающий канал занят передачей ранее поступившего сообщения, принимаются в очередь и не покидают её до момента до начала передачи по каналу связи. Определить показатели эффективности СМО:  $P_{отк}$ ,  $Q$ ,  $A$ ,  $\bar{r}$ ,  $\bar{k}$ ,  $\bar{z}$ ,  $\bar{t}_{оч}$ ,  $\bar{t}_{сист}$ .

## 5.2. Темы письменных работ

1. Характеристики элементарных случайных процессов, стационарных случайных процессов и их линейных преобразований.
2. Потоки событий. Марковские процессы.
3. Системы массового обслуживания.

## 5.3. Оценочные средства

Оценочные материалы (оценочные средства) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Анализ случайных процессов» прилагаются.

## **5.4. Перечень видов оценочных средств**

Оценочные средства по дисциплине «Анализ случайных процессов» содержит:

1. типовые задания для проведения практических занятий;
2. типовые задания для проведения контрольных (проверочных) работ по основным разделам дисциплины;
3. задания для проведения текущего контроля (экзамена).

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

### **6.1 Основная литература**

1. Кирьянова Л.В., Лемин А.Ю., Мацеевич Т.А. Теория случайных процессов: курс лекций. — М.: Московский государственный строительный университет, 2016. — 96 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62635> — ЭБС «IPRbooks».

2. Маталыцкий М.А., Хацкевич Г. А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы: учебное пособие. — Минск: Вышэйшая школа, 2012. — 720 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20289.html> — ЭБС «IPRbooks».

3. Кацман Ю. Я. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы: учебник. — Томск: Томский политехнический университет, 2013. — 131 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34722.html> — ЭБС «IPRbooks».

### **6.2 Дополнительная литература**

4. Вентцель Е.С., Овчаров А.Л. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учебное пособие. — М.: Высшая школа, 2007. — 448с.

5. Хрущева, И. В. Основы математической статистики и теории случайных процессов: учебное пособие/ И. В. Хрущева, В. И. Щербаков, Д. С. Леванова. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 336 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/167790> — ЭБС Лань.

6. Тарасов В. Н., Бахарева Н.Ф. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы: учебное пособие. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 283 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71890.html> — ЭБС «IPRbooks».

7. Рябко Б.Я. Сборник задач по теории вероятностей и основам теории массового обслуживания. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2010.— 77 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/54776>.— ЭБС «IPRbooks».

### **6.3 Периодические издания**

Не предусмотрены

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

1. [testing.mtuci.ru](http://testing.mtuci.ru)
2. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)

3. Электронная библиотека МТУСИ: <http://elib.mtuci.ru/catalogue/>.
4. Электронная библиотечная система IPRbooks лицензионный договор № 7269/20 от 04 декабря 2020 г. с ООО «Ай Пи Ар Медиа» на предоставление доступа к ЭБС IPRbooks, срок действия с 01.01.2021г. по 31.12.2021 г.);
5. Договор № 80.20 от 25 декабря 2020 г. На оказание услуг по предоставлению доступа к электронным изданиям с ООО «Издательство Лань», срок действия 365 дней с 1 января 2021 г.
6. Контракт № 7509.20 от 22 декабря 2020г. На оказание услуг по предоставлению доступа к ЭР ЦОС СПО «PROФобразование» (неисключительная лицензия) с ООО «Профобразование», срок действия с 01.01.2021 г. по 31.12.2021 г.

## **8. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

1. ОС Astra Linux Common Edition релиз «Орел» (свободно распространяемое ПО);
2. 7-Zip (свободно распространяемое ПО);
3. Mozilla Firefox (свободно распространяемое ПО);
4. Foxit Reader (свободно распространяемое ПО);
5. Yandex Browser (свободно распространяемое ПО);
6. VSCodium (свободно распространяемое ПО);
7. Pinta (свободно распространяемое ПО);
8. Adobe Reader (свободно распространяемое ПО);
9. Libre Office (свободно распространяемое ПО);

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Рабочее место преподавателя: стол, стул. Столы ученические, стулья. Классная доска. Экран. Проектор Компьютеры для преподавателя и обучающихся
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий, выполнения лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Рабочее место преподавателя: стол, стул. Столы ученические, стулья. Экран. Проектор. Классная доска Компьютеры для преподавателя и обучающихся.

## **10. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины**

Для освоения предлагаемых тем по дисциплине и для успешной сдачи экзамена обучающемуся необходимо: посещать занятия; составлять конспект лекций, посещая лекционные занятия, и дополнять его, пользуясь рекомендованной литературой; выполнять домашние задания по предлагаемым



задачам на практических занятиях и из задачников; выполнять контрольные (проверочные) работы на практических занятиях.

Дисциплина «Анализ случайных процессов» является логическим продолжением предшествующей дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика», которая читается в 3-м семестре. Поэтому успех в освоении дисциплины «Анализ случайных процессов» во многом зависит от того, какие знания, умения и навыки были получены при изучении теории вероятностей. Кроме того, эта дисциплина достаточно сложна для изучения среди всех математических дисциплин, так как в ней обучающемуся впервые приходится сталкиваться с математическими моделями реальных физических и технических процессов в динамике их развития.

В процессе изучения дисциплины предусмотрены следующие формы контроля по овладению компетенциями: текущий, промежуточный контроль (экзамен), контроль самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в виде устного опроса студентов на практических занятиях, в виде письменных проверочных (контрольных) работ по текущему материалу. Устные ответы и письменные работы студентов оцениваются. Оценки доводятся до сведения обучающихся. Результаты выполнения контрольных работ суммируются с баллами, полученными по остальным формам контроля, и в конце семестра во время проведения промежуточного контроля студенту выставляется итоговая оценка по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется в форме экзамена в конце семестра. Студенту выдаются теоретические вопросы и практические задания по всем разделам дисциплины.

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется в течение всего семестра. Результаты контроля самостоятельной работы обучающихся учитываются при осуществлении промежуточного контроля по дисциплине.

Самостоятельная работа обучающихся сводится к изучению теоретического материала как по лекциям, так и по предлагаемым литературным источникам, к решению домашних заданий и подготовке к экзамену.

Текущий (возможно, и итоговый) контроль результатов обучения можно рекомендовать проводить также в форме компьютерного тестирования.