

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ФИТКБ  
Бредихин А.В./  
28.08.2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Моделирование систем и сетей телекоммуникаций»**

**Специальность** 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем

**Специализация** специализация № 9 "Управление безопасностью телекоммуникационных систем и сетей"

**Квалификация выпускника** специалист по защите информации

**Нормативный период обучения** 5 лет и 6 м.

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2025

Автор программы

Л.В. Паринава

Заведующий кафедрой  
Систем информационной  
безопасности

А.Г. Остапенко

Руководитель ОПОП

С.С. Куликов

Воронеж 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

является изучение математических основ формирования систем и сетей телекоммуникаций на основе аналитических и имитационных моделей, а также формирование компетенций в области методов построения и исследования моделей случайных величин и процессов, теоретико-множественных, графоаналитических и автоматных моделей, систем массового обслуживания как математического аппарата выбора оптимальных защитных мероприятий.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

изучение основных понятий и методов моделирования систем и сетей телекоммуникаций

ознакомление с классификацией видов моделирования систем: детерминированное и стохастическое; статическое и динамическое; дискретное, дискретно-непрерывное и непрерывное моделирование.

знакомство с существующими инструментальными средствами и системами компьютерного моделирования и пакетов расширения, ориентированных на инфокоммуникационные процессы и системы.

изучение моделей случайных процессов на основе марковских процессов и систем массового обслуживания

получение навыков моделирования сигналов и помех в системах связи освоение теоретических теории телетрафика, а также овладение навыками, позволяющими формулировать и решать задачи создания и анализа систем связи, в том числе и беспроводной, как систем массового обслуживания.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Моделирование систем и сетей телекоммуникаций» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Моделирование систем и сетей телекоммуникаций» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-12 - Способен формулировать задачи, планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое моделирование объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем, включая обработку и оценку достоверности их результатов;

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-12	знать методы математического моделирования, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем.
	уметь планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое

	моделирование, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем,
	владеть инструментальными средствами математического моделирования, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование систем и сетей телекоммуникаций» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	126	126
В том числе:		
Лекции	54	54
Лабораторные работы (ЛР)	72	72
<b>Самостоятельная работа</b>	18	18
<b>Курсовой проект</b>	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий  
**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основы моделирования систем. Классификация схем моделирования. Основные понятия теории передачи сигналов, кодирование источника сигнала и канальное кодирование	Модель и моделирование. Классификация моделей. Классификация модели по степени абстрагирования. Классификация по степени устойчивости. Классификация по отношению к внешним факторам. Классификация по отношению ко времени. Спектры периодических и непериодических сигналов. Аналоговая и цифровая модуляция. Принципы многоканальной передачи: одновременная передача сообщений, частотное и временное разделение каналов.	10	12	2	24

		Обзор алгоритмов кодирования источника сигнала. Техники блочного и сверхточного кодирования/декодирования. Обзор алгоритмов.				
2	Основные понятия теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов	Основные теоремы теории вероятностей. Моделирование случайных величин и их законы распределения. Статистические оценки и их точность. Аппроксимация результатов статистического моделирования. Основные понятия теории случайных процессов, их классификация и основные характеристики. Марковские процессы с дискретными состояниями. Марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Марковские процессы гибели и размножения с непрерывным временем. Стационарные случайные процессы.	10	12	2	24
3	Аналитическое моделирование систем и сетей телекоммуникаций. Системы массового обслуживания	Потоки вызовов. Потоки Пальма и Эрланга. Нагрузка. Характеристика качества обслуживания. Система с потерями и система с ожиданиями. Система с повторными вызовами. Метод статистического моделирования в задачах теории телетрафика. Неполнодоступное включение. Системы с потерями. Звеньевые коммутационные системы. Распределение нагрузки и потерь на сетях связи. Управляемые элементы сети связи и методы определения ее характеристик	10	12	2	24
4	Имитационное моделирование систем и сетей телекоммуникаций	Модели дискреционного управления доступом. Модели изолированной программной среды. Модели с мандатным управлением доступом. Модели безопасности информационных потоков. Модели с ролевым управлением доступом.	8	12	4	24
5	Моделирование систем связи в программных	Проектирование систем связи в Matlab: моделирование	8	12	4	24

	средах визуального имитационного моделирования	идеализированной системы связи. Знакомство с системными объектами; моделирование канала аддитивного белого шума. Использование BERTool для расчёта числа битовых ошибок; моделирование каналов с задержками и замиранием. Моделирование систем связи в Simulink: амплитудная модуляция в Simulink, Моделирование QPSK передатчика и визуализация сигналов, исследование искажений в канале связи и построение приёмников.				
6	Моделирование систем связи в программных средах визуального имитационного моделирования	Проектирование систем связи в Matlab: моделирование идеализированной системы связи. Знакомство с системными объектами; моделирование канала аддитивного белого шума. Использование BERTool для расчёта числа битовых ошибок; моделирование каналов с задержками и замиранием. Моделирование систем связи в Simulink: амплитудная модуляция в Simulink, Моделирование QPSK передатчика и визуализация сигналов, исследование искажений в канале связи и построение приёмников	8	12	4	24
<b>Итого</b>			<b>54</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Основные правила и операторы языка GPSS.
2. Моделирование одноканальных беспriorитетных систем (GPSS)
- Моделирование приоритетных систем с пуассоновскими потоками
3. заявок (GPSS)
4. Модель обработки запросов сервером (AnyLogic PLE)
5. Модель функционирования сети связи (AnyLogic PLE)
6. Моделирование передающей части цифровой системы связи в Simulink.
7. Моделирование канала связи в Simulink
8. Моделирование приемной части цифровой системы связи в Simulink.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 9 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Имитационное моделирование функционирования телекоммуникационной системы управления заявками».

**Задание 1.** На сборочный участок цеха предприятия через интервалы времени, распределенные экспоненциально со средним значением 10 мин, поступают партии, каждая из которых состоит из трех деталей. Половина всехпоступающих деталей перед сборкой должна пройти предварительную обработку в течение 7 мин. На сборку подаются обработанная и необработанная детали. Процесс сборки занимает всего 6 мин. Затем изделие поступает на регулировку, продолжающуюся в среднем 8 мин (время выполнения ее распределено экспоненциально). В результате сборки возможно появление 4 % бракованных изделий, которые не поступают на регулировку, а направляются снова на предварительную обработку.

Смоделировать работу участка в течение 24 ч. Определить возможные места появления очередей и их вероятностно-временные характеристики. Выявить причины их возникновения, предложить меры по их устранению и смоделировать скорректированную систему.

**Задание 2.** На регулировочный участок цеха через случайные интервалы времени поступают по два агрегата в среднем через каждые 30 мин. Первичная регулировка осуществляется для двух агрегатов одновременно и занимает около 30 мин. Если в момент прихода агрегатов предыдущая партия не была обработана, поступившие агрегаты на регулировку не принимаются. Агрегаты после первичной регулировки, получившие отказ, поступают в промежуточный накопитель. Из накопителя агрегаты, прошедшие первичную регулировку, поступают попарно на вторичную регулировку, которая выполняется в среднем за 30 мин, а не прошедшие первичную регулировку поступают на полную, которая занимает 100 мин для одного агрегата. Все величины, заданные средними значениями, распределены экспоненциально.

Смоделировать работу участка в течение 100 ч. Определить вероятность отказа в первичной регулировке и загрузку накопителя агрегатами, нуждающимися в полной регулировке. Определить параметры и ввести в систему накопитель, обеспечивающий безотказное обслуживание поступающих агрегатов.

**Задание 3.** Система передачи данных обеспечивает передачу пакетов данных из пункта *A* в пункт *C* через транзитный пункт *B*. В пункт *A* пакеты поступают через  $10 \pm 5$  мс. Здесь они буферизируются в накопителе емкостью 20 пакетов и передаются по любой из двух линий *AB1* — за время 20 мс или *AB2*

— за время  $20 \pm 5$  мс. В пункте *B* они снова буферизируются в накопителе емкостью 25 пакетов и далее передаются по линиям *BC1* (за  $25 \pm 3$  мс) и *BC2* (за 25 мс). Причем пакеты из *AB1* поступают в *BC1*, а из *AB2* — в *BC2*. Чтобы не было переполнения накопителя, в пункте *B* вводится пороговое значение его емкости — 20 пакетов. При достижении очередью порогового значения

происходит подключение резервной аппаратуры и время передачи снижается для линий  $BC1$  и  $BC2$  до 15 мс.

Смоделировать прохождение через систему передачи данных 500 пакетов. Определить вероятность подключения резервной аппаратуры и характеристики очереди пакетов в пункте  $B$ . В случае возможности его переполнения определить необходимое для нормальной работы пороговое значение емкости накопителя.

**Задание 4.** Система обработки информации содержит мультиплексный канал и три ЭВМ. Сигналы от датчиков поступают на вход канала через интервалы времени  $10 \pm 5$  мкс. В канале они буферизируются и предварительно обрабатываются в течение  $10 \pm 3$  мкс. Затем они поступают на обработку в ту ЭВМ, где имеется наименьшая по длине входная очередь. Емкости входных накопителей во всех ЭВМ рассчитаны на хранение величин 10 сигналов. Время обработки сигнала в любой ЭВМ равно 33 мкс.

Смоделировать процесс обработки 500 сигналов, поступающих с датчиков. Определить средние времена задержки сигналов в канале и ЭВМ и вероятности переполнения входных накопителей. Обеспечить ускорение обработки сигнала в ЭВМ до 25 мкс при достижении суммарной очереди сигналов значения 25 единиц.

**Задание 5.** Магистраль передачи данных состоит из двух каналов (основного и резервного) и общего накопителя. При нормальной работе сообщения передаются по основному каналу за  $7 \pm 3$  с. В основном канале происходят сбои через интервалы времени  $200 \pm 35$  с. Если сбой происходит во время передачи, то за 2 с запускается запасной канал, который передает прерванное сообщение с самого начала. Восстановление основного канала занимает  $23 \pm 7$  с. После восстановления резервный канал выключается и основной канал продолжает работу с очередного сообщения. Сообщения поступают через  $9 \pm 4$  с и остаются в накопителе до окончания передачи. В случае сбоя передаваемое сообщение передается повторно по запасному каналу.

Смоделировать работу магистрали передачи данных в течение 1 ч. Определить загрузку запасного канала, частоту отказов канала и число прерванных сообщений. Определить функцию распределения времени передачи сообщений по магистрали.

**Задание 6.** В системе передачи данных осуществляется обмен пакетами данных между пунктами  $A$  и  $B$  по дуплексному каналу связи. Пакеты поступают в пункты системы от абонентов с интервалами времени между ними  $10 \pm 3$  мс. Передача пакета занимает 10 мс. В пунктах имеются буферные регистры, которые могут хранить два пакета (включая передаваемый). В случае прихода пакета в момент занятости регистров пунктам системы предоставляется выход на спутниковую полудуплексную линию связи, которая осуществляет передачу пакетов данных за  $10 \pm 5$  мс. При занятости спутниковой линии пакет получает отказ.

Смоделировать обмен информацией в системе передачи данных в течение 1 мин. Определить частоту вызовов спутниковой линии и ее загрузку.

В случае возможности отказов определить необходимый для безотказной работы системы объем буферных регистров.

**Задание 7.** Специализированная вычислительная система состоит из трех процессоров и общей оперативной памяти. Задания, поступающие на обработку через интервалы времени  $5 + 2$  мин, занимают объем оперативной памяти размером в страницу. После трансляции первым процессором в течение  $5 \pm 1$  мин их объем увеличивается до двух страниц и они поступают в оперативную память. Затем после редактирования во втором процессоре, которое занимает  $2,5 \pm 0,5$  мин на страницу, объем возрастает до трех страниц. Отредактированные задания через оперативную память поступают в третий процессор на решение, требующее  $1,5 \pm 0,4$  мин на страницу, и покидают систему, минуя оперативную память.

Смоделировать работу вычислительной системы в течение 50 ч. Определить характеристики занятия оперативной памяти по всем трем видам заданий.

**Задание 8.** На вычислительном центре в обработку принимаются три класса заданий *A*, *B* и *C*. Исходя из наличия оперативной памяти ЭВМ задания классов *A* и *B* могут решаться одновременно, а задания класса *C* монополизуют ЭВМ. Задания класса *A* поступают через  $20 \pm 5$  мин, класса *B* — через  $20 \pm 10$  мин и класса *C* — через  $30 \pm 10$  мин и требуют для выполнения: классе

—  $20 \pm 5$  мин, класс *B* —  $21 \pm 3$  мин и класс *C* —  $28 \pm 5$  мин. Задачи класса *C* загружаются в ЭВМ, если она полностью свободна. Задачи классов *A* и *B* могут догружаться к решаемой задаче.

Смоделировать работу ЭВМ за 80 ч. Определить ее загрузку.

**Задание 9.** В студенческой вычислительной лаборатории расположены две рабочие станции (РС) и одна ПЭВМ для предварительной подготовки данных. Студенты приходят с интервалом в  $8 + 2$  мин и одна треть из них хочет использовать ПЭВМ и РС, а остальные — только РС. Допустимая очередь в вычислительной Лаборатории составляет 4 человека, включая работающего на ПЭВМ. Работа на ПЭВМ занимает  $18 + 1$  мин, а на РС — 27 мин. Кроме того, 20 % работающих на РС возвращаются для повторного использования ПЭВМ и РС.

Смоделировать работу вычислительной лаборатории в течение 60 ч. Определить загрузку ПЭВМ, РС и вероятность отказа в обслуживании вследствие переполнения очереди. Определить соотношение в очереди желающих работать на РС и на ПЭВМ.

**Задание 10.** КЭВМ подключено четыре терминала, с которых осуществляется решение задач. По команде с терминала выполняют операции редактирования, трансляции, планирования и решения. Причем, если хоть один терминал выполняет планирование, остальные вынуждены простаивать из-за нехватки оперативной памяти. Если два терминала выдают требование на решение, то оставшиеся два простаивают, и если работают три терминала, выдающих задания на трансляцию, то оставшийся терминал

блокируется. Интенсивности поступления задач различных типов равны. Задачи одного типа от одного терминала поступают через экспоненциально распределенные интервалы времени со средним значением 160 с. Выполнение любой операции длится 10 с.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

обучение подходам к имитационному моделированию систем массового обслуживания;

- знакомство с языком имитационного моделирования GPSS;

- получение навыков работы в среде имитационного моделирования

GPSSStudioStudent.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-12	знать методы математического моделирования, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем.	знание методов математического моделирования, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое моделирование, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем,	умение планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое моделирование, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем,	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть инструментальными средствами математического моделирования, объектов, явлений и процессов	владение инструментальными средствами математического моделирования, объектов, явлений и	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	телекоммуникационных систем.	процессов телекоммуникационных систем.		
--	------------------------------	--	--	--

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 9 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-12	знать методы математического моделирования, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем.	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь планировать и проводить исследования, в том числе эксперименты и математическое моделирование, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем,	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть инструментальными средствами математического моделирования, объектов, явлений и процессов телекоммуникационных систем.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Наименование помехи, которая перемножается с сигналом:  
\* мультипликативная; # аддитивная; # комбинированная;
2. Наименование помехи, которая суммируется с сигналом:  
\* аддитивная; # мультипликативная; # комбинированная;
3. Сигнал, непрерывно изменяющийся и по аргументу, и по значению,  
\* аналоговый; # дискретно-аналоговый; # аналого-дискретный; # цифровой
4. Структурная схема передатчика системы связи содержит блоки:  
\* Источник сообщения, кодер, модулятор, генератор переносчика,

выходное устройство.

# Источник сообщения, кодер, модулятор, генератор переносчика, демодулятор.

# Источник сообщения, декодер, модулятор, генератор переносчика, выходное устройство.

# Источник сообщения, кодер, демодулятор, генератор переносчика, выходное устройство.

# Источник сообщения, кодек, модулятор, генератор переносчика, выходное устройство.

5. Структурная схема приемника системы связи содержит блоки:

\* Входное устройство, демодулятор, декодер, получатель сообщения. # Выходное устройство, модулятор, декодер, получатель сообщения.

# Входное устройство, демодулятор, кодер, получатель сообщения. # Входное устройство, демодулятор, кодек, получатель сообщения. # Входное устройство, модем, декодер, получатель сообщения.

6. Сигнал, изменяющийся дискретно и по аргументу, и по значению,

\* цифровой; # дискретно-аналоговый; # аналого-дискретный; # аналоговый

\* 7. Периодические сигналы

\*  $s(t+T) = s(t)$ ; \*  $s(t) = U \sin(2\pi t / T)$ ; #  $s(t) = at$ ; #  $s(t) = sh(2\pi t / T)$ ; #  $s(t) = a / t$

8. Шумы и помехи в канале связи представляют собой \_\_\_\_\_ процессы.

\* случайные; # полезные; # детерминированные; # регулярные

9. Сигналы, значения которых можно предсказать с вероятностью 1:

\* детерминированные; # квазидетерминированные; # случайные; # шумовые

10. Сигналы, значения которых нельзя предсказать точно:

\* стохастические; # детерминированные; # неслучайные; # достоверные

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

**Задача 1.** Непрерывная случайная величина принимает значения в интервалах  $(a; b)$  и  $(c; d)$ , причем вероятность появления значения из интервала  $(c; d)$  в  $k$  раза больше вероятности появления значения из интервала  $(a; b)$ . Полагая, что в пределах каждого из интервалов случайная величина имеет равномерное распределение, построить графики функции и плотности распределения. Вычислить математическое ожидание, дисперсию, второй начальный момент, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации.

Вариант	$a$	$b$	$c$	$d$	$k$
1	0	10	30	50	2
2	0	100	300	400	3
3	1	2	3	5	4
4	2	8	10	14	2
5	-10	50	50	150	3
6	100	150	160	180	4
7	-20	20	40	60	7
8	10	20	30	100	9
9	10	50	60	100	2
10	30	50	50	80	3

**Задача 2.** Случайная величина может принимать только два значения  $X_1$  и  $X_2$ . Каковы вероятности появления этих значений, если известно, что математическое ожидание случайной величины равно?

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_1$	1	-2	5	-5	10	-10	15	-15	-20	10
$x_2$	5	40	50	15	5	-15	200	150	-100	90
$M[X]$	2	30	40	-1	9	-12	150	100	-80	80

**Задача 3.** Интенсивность простейшего потока заявок равна  $\lambda$ . Определить:

- 1) средний интервал времени между соседними заявками в потоке;
- 2) среднее число заявок, поступающих в систему за время;
- 3) вероятность того, что за время в систему не поступит ни одной заявки;
- 4) вероятность того, что за время в систему поступит хотя бы одна заявка;
- 5) вероятность того, что за время в систему поступит больше одной заявки.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda, c^{-1}$	0,25	0,25	0,25	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0
$\tau, c$	2,0	4,0	8,0	2,0	2,0	5,0	2,0	1,0	1,0	2,0

**Задача 4.** Интенсивность простейшего потока заявок равна  $\lambda$ .

- 1) Определить, поступление какого числа заявок за промежуток времени  $\tau$  наиболее вероятно.
- 2) Сравнить это значение со средним числом заявок, поступающих за промежуток времени  $\tau$ .
- 3) Определить вероятность того, что промежуток времени  $\tau$  между двумя соседними заявками в потоке будет находиться в интервале.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda, c^{-1}$	0,25	0,25	0,25	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0
$\tau, c$	2,0	4,0	8,0	2,0	2,0	5,0	2,0	1,0	1,0	2,0

**Задача 5.** Длительность обслуживания заявок в СМО распределена по экспоненциальному закону. Для заданной интенсивности обслуживания заявок  $\mu$  определить, вероятность того, что длительность обслуживания заявок будет больше величины  $\tau$ .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mu, c^{-1}$	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	2,0	2,5	2,5	4,0	5,
$\tau, c$	3,0	2,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	0,5	1,

**Задача 6.** В систему поступает простейший поток заявок с интенсивностью  $\lambda$ . Рассчитать:

а) математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации интервала времени между соседними заявками в потоке;

б) математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации числа заявок, поступающих в систему за время  $\tau$ .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda, c^{-1}$	0,2	0,4	0,5	0,8	2,0	2,5	4,0	5,0	10	20
$\tau, c$	5,0	4,0	2,0	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	0,5	1,0

**Задача 7.** В систему с интенсивностью  $\lambda$  поступает поток заявок, интервалы между которыми распределены по закону Эрланга  $k$ -го порядка. Рассчитать математическое ожидание, дисперсию, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации интервалов времени между соседними заявками в потоке.

**Задача 8.** В двухканальную СМО поступает простейший поток заявок со средним интервалом между соседними заявками,  $a$  секунд, причем каждая  $k$ -я заявка направляется ко второму прибору. Чему равна интенсивность потока заявок ко второму прибору? Чему равен коэффициент вариации интервалов между заявками потока ко второму прибору?

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a, c$	0,2	0,4	0,5	0,8	2,0	2,5	4,0	5,0	10	20
$k$	3	4	5	6	7	8	9	10	12	16

**Задача 9.**

В двухканальную СМО поступает простейший поток заявок с интенсивностью  $\lambda$ , причем заявки случайным образом с вероятностью  $p$  направляются ко второму прибору. Чему равны интенсивности потоков заявок и коэффициенты вариаций интервалов между заявками потоков к первому и второму приборам?

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\lambda, c^{-1}$	0,2	0,4	0,5	0,8	2,0	2,5	4,0	5,0	10	20
$p$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9

**Задача 10.** Проиллюстрировать на примере различие между заданными дисциплинами обслуживания одиночного (ДООР) и группового (ДОГР) режимов для заданных состояний 4-х накопителей  $N_1, N_2, N_3, N_4$ , полагая,

что:

1. номер заявки в накопителе соответствует моменту её поступления;
2. за рассматриваемый промежуток времени в систему не поступят новые заявки; в рассматриваемый момент времени на обслуживании в приборе находится заявка номером 1;
3. приоритет заявок при использовании приоритетных дисциплин обслуживания убывает с увеличением номера накопителя, т.е. заявки, находящиеся в накопителе Н1 имеют наивысший приоритет, а в накопителе Н4 – самый низкий приоритет.

Вариант	Н1	Н2	Н3	Н4	ДООР	ДОГР
1	1,5,8	2,10,11	3,7,12	4,6,9	ОПШ, ООП	ЦО-2, ЧП-
2	2,10,12	4,6,11	3,7,9	1,5,8	ЦО-1, ОП	ЦО-2, ЧП-
3	4,6,9	5,7,8	1,3,11	2,10,12	ОПШ, ЦО-1	ЦО-∞, ЧП-
4	5,7,10	1,6,11	2,8,12	3,4,9	ОП, ЦО-1	ЦО-3, ЧП-
5	3,8,11	2,6,12	1,7,9	4,5,10	ОПШ, ОП	ЦО-2, ЧП-
6	6,9,12	1,2,7	3,4,10	5,8,11	ООП, ЦО-1	ЦО-2, ЧП-
7	1,4,7	2,3,10	6,8,12	5,9,11	ОПШ, ЦО-1	ЦО-3, ЧП-
8	4,5,11	1,7,9	2,6,10	3,8,12	ОП, ОПШ	ЦО-∞, ЧП-
9	3,5,10	4,7,11	1,8,9	2,6,12	ЦО-1, ООП	ЦО-2, ЧП-
10	5,9,12	3,8,11	2,6,10	1,4,7	ОП, ООП	ЦО-∞, ЧП-

В табл. приняты следующие обозначения:

ОПШ – обслуживание в порядке поступления;

ООП – обслуживание в обратном порядке;

ЦО-1 – циклическое обслуживание в одиночном режиме;

ОП – обслуживание с относительными приоритетами;

ЦО-N – циклическое обслуживание в групповом режиме с размером группы N;

ЧП-N – чередующиеся приоритеты с размером группы N.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

### 7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Основные понятия теории моделирования (модель, моделирование).

Классификация видов моделирования систем.

2. Математические схемы моделирования систем.

3. Моделирование случайных величин. Метод нелинейного преобразования, обратной функции распределения.

4. Моделирование случайных величин. Метод Неймана.

5. Моделирование случайных процессов. Временные и частотные характеристики СП (корреляционная функция, спектральная плотность)

6. Моделирование случайных процессов. Моделирование

Марковских случайных процессов.

7. Моделирование случайных процессов. Разностные и дифференциальные стохастические уравнения.

8. Методы моделирования случайных процессов. Общие замечания. Точные и приближенные методы.

9. Методы моделирования случайных процессов. Метод формирующего фильтра.

10. Общие принципы формирования идеализированной модели системы связи в Matlab/Simulink.

11. Сети Петри.

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)*

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основы моделирования систем. Классификация схем моделирования. Основные понятия теории передачи сигналов, кодирование источника сигнала и канальное кодирование	ОПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Основные понятия теории вероятностей, математической статистики и теории случайных процессов	ОПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Аналитическое моделирование систем и сетей телекоммуникаций. Системы массового обслуживания	ОПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

4	Имитационное моделирование систем и сетей телекоммуникаций	ОПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Моделирование систем связи в программных средах визуального имитационного моделирования	ОПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Моделирование систем связи в программных средах визуального имитационного моделирования	ОПК-12	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### Основная литература

1. Советов Б.Я. Моделирование систем : Учебник / Б. Я. Советов. - 4-е изд., стереотип. - М. :Высш. шк., 2005. - 343 с. : ил . - ISBN 5-06-003860-2 :

202-00.

2. Разинкин К.А. Теоретические основы моделирования систем и их приложения к системам связи [Электронный ресурс] : Учеб.пособие / К. А. Разинкин. - Электрон. текстовые, граф. дан. ( 27,5 Мб ). - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016. - 1 файл. - 30-00.

#### Дополнительная литература

1. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Моделирование систем и сетей телекоммуникации» для студентов специальности 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем», очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф.систем информационной безопасности; Сост.: К. А. Разинкин Д. А. Никулин. - Электрон.текстовые, граф. дан. (837 Кб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 00-00. № 212-2015.

2. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Моделирование систем и сетей телекоммуникации» для студентов специальности 090302 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем» очной формы обучения [Электронный ресурс] / Каф.систем информационной безопасности; Сост.: К. А. Разинкин, Д. А. Никулин. - Электрон.текстовые, граф. дан. (1,42 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 00-00.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

<http://att.nica.ru>  
<http://www.edu.ru/>  
<http://window.edu.ru/window/library>  
<http://www.intuit.ru/catalog/>  
<http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/ExtSearch.asp>  
<https://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsib/?docs>  
<http://www.eios.vorstu.ru>  
<http://e.lanbook.com/> (ЭБС Лань)  
<http://IPRbookshop.ru/> (ЭБСИРbooks)  
<https://www.mathworks.com/products/matlab.html>  
Пакет имитационного моделирования Matlab Mathworks®  
<https://www.anylogic.com/downloads/personal-learning-edition-download/>  
Инструмент имитационного моделирования

<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

Агентно-ориентированный язык программирования и интегрированная среда разработки.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Моделирование систем и сетей телекоммуникаций» читаются лекции, проводятся лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей

	<p>теме, ознакомится с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>

