

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Моделирование сетей и систем связи
по направлению:	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль подготовки:	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра инфокоммуникационных систем и сетей
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: С.Н. Степанов, д-р техн. наук, профессор, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры инфокоммуникационных систем и сетей 26.02.2024

Аннотация

Курс посвящен изложению основных положений, относящихся к организации процесса совместного обслуживания мультимедийного трафика в действующих и перспективных сетях связи. Рассмотрены особенности моделирования и анализа процедур распределения ресурса передачи информации, в которых учитываются зависимость потоков заявок от загрузки сети, наличие ограниченного доступа, резервирование, динамическое распределение ресурса и т.д. Для всех перечисленных моделей построены эффективные алгоритмы оценки основных показателей качества обслуживания поступающих заявок.

Курс состоит из одной части и рассчитан на один семестр.

Курс проводится в формате лекционных занятий. Для успешного освоения курса необходимо посещение и конспектирование лекций, выполнение домашних заданий и самостоятельная работа с рекомендованной дополнительной литературой.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью освоения дисциплины является развитие у студентов способностей осуществлять процесс моделирования совместного обслуживания мультимедийного трафика в действующих и перспективных сетях связи и применять полученные результаты для разработки и анализа процедур повышения эффективности использования ресурса передачи информации и улучшения качества обслуживания абонентов.

Задачи дисциплины

- построение функциональных моделей передачи трафика сервисов реального времени и данных в системах и сетях связи;
- построение математических моделей распределения ресурса передачи информации между поступающими запросами на инфокоммуникационное обслуживание и их использование для оценки показателей качества предоставления услуг связи;
- разработка алгоритмов оценки показателей качества передачи трафика сервисов реального времени и их программных реализаций;
- ознакомление с результатами использования моделей систем связи и алгоритмов оценки их характеристик для разработки и анализа процедур, направленных на повышение эффективности использования ресурса передачи информации и улучшения качества обслуживания абонентов.
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области инфокоммуникационных систем в рамках выпускных работ на степень магистра.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами

ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы построения математических моделей действующих и перспективных сетей и систем связи;
- специфику учета ограничений на распределение ресурса передачи информации;
- методы моделирования систем на основе экспериментальных данных;
- сложившуюся в мире ситуацию по вопросам моделирования сетей и систем связи;
- новейшие направления исследований в области моделирования особенностей распределения ресурса передачи информации;
- проблемы, возникающие при разработке алгоритмов оценки характеристик качества обслуживания мультимедийного трафика;

уметь:

- использовать на практике теоретические принципы моделирования для анализа поведения функциональных характеристик сетей и систем связи;
- оценивать последствия применения процедур и механизмов, направленных на повышение эффективности занятия ресурса передачи информации;
- учитывать практические условия обслуживания информационных потоков при разработке моделей систем и сетей связи.

владеть:

- теоретическими и практическими методами оценки характеристик качества работы сетей и систем связи;
- методами управления процессом распределения ресурса передачи информации;
- навыками разработки методов и алгоритмов математического моделирования процесса совместного обслуживания мультимедийного трафика.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа

1	Введение в теорию моделирования систем передачи трафика современных коммуникационных приложений	2			1
2	Моносервисная модель Эрланга	2			1
3	Моносервисные модели: с ограниченным числом абонентов; с групповым поступлением заявок; с резервированием	2			1
4	Модель мультисервисного узла доступа (мультисервисная модель Эрланга)	2			1
5	Модель мультисервисного узла с ограниченным доступом	2			1
6	Модель мультисервисного узла с ограниченным числом пользователей услуг связи	2			1
7	Модель мультисервисного узла с резервированием ресурса передачи информации	2			1
8	Модель сети передачи мультисервисного трафика реального времени	2			1
9	Модель иерархической сети передачи мультисервисного трафика реального времени	2			1
10	Моносервисная модель Эрланга с ожиданием	2			1
11	Модели M/G/1 и ее обобщения	2			1
12	Моносервисные модели передачи эластичных данных в режиме Processor Sharing	2			1
13	Модель мультисервисного узла при совместном обслуживании трафика реального времени и эластичных данных	2			1
14	Открытые и замкнутые сети передачи данных	2			1
15	Модели перспективных систем связи: сети SDN; системы облачных вычислений; самоорганизующиеся сети	2			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение в теорию моделирования систем передачи трафика современных коммуникационных приложений

а. Примеры анализа процедур и механизмов, направленных на повышение эффективности использования ресурса передачи информации и улучшение характеристик обслуживания пользователей услуг связи.

- b. Построение функциональной модели исследуемого объекта.
- c. Построение математической модели (формирование канального ресурса; модели входных потоков; оценка характеристик; фундаментальные результаты: формула Литтла, PASTA; марковские модели).

2. Моносервисная модель Эрланга

- a. Система уравнений равновесия.
- b. Формула Эрланга и ее свойства.
- c. Вычислительные алгоритмы.
- d. Калькулятор параметров и характеристик
- e. Анализ эффективности мультиплексирования.
- f. Планирование ресурса передачи.

3. Моносервисные модели: с ограниченным числом абонентов; с групповым поступлением заявок; с резервированием

- a. Система уравнений равновесия.
- b. Характеристики и их свойства.
- c. Вычислительные алгоритмы.
- d. Калькулятор параметров и характеристик.
- e. Анализ эффективности мультиплексирования.
- f. Планирование ресурса передачи

4. Модель мультисервисного узла доступа (мультисервисная модель Эрланга)

- a. Функциональное и математическое описание модели.
- b. Свойство мультипликативности
- c. Рекурсивный алгоритм оценки характеристик.
- d. Оптимизированный алгоритм оценки необходимого объема канального ресурса.
- e. Свойства характеристик.

5. Модель мультисервисного узла с ограниченным доступом

- a. Особенности моделирования ограниченного доступа к ресурсу передачи информации.
- b. Математическое описание модели.
- c. Определение показателей обслуживания заявок и их оценка с использованием алгоритма свертки.

6. Модель мультисервисного узла с ограниченным числом пользователей услуг связи

- a. Функциональное и математическое описание модели.
- b. Определение характеристик и соотношения между ними.
- c. Свойство мультипликативности.
- d. Рекурсивный алгоритм оценки характеристик.

7. Модель мультисервисного узла с резервированием ресурса передачи информации

- a. Особенности моделирования процедур резервирования ресурса передачи информации.
- b. Математическое описание модели.
- c. Определение показателей обслуживания заявок и их оценка с использованием точных и приближенных алгоритмов.

8. Модель сети передачи мультисервисного трафика реального времени

- a. Маршрутная матрица.

- b. Определение характеристик.
- c. Свойство мультипликативности.
- d. Метод просеянной нагрузки. Оценка ресурса передачи линий сети.

9. Модель иерархической сети передачи мультисервисного трафика реального времени

- a. Алгоритм свертки.
- b. Оценка ресурса передачи линий сети.

10. Моносервисная модель Эрланга с ожиданием

- a. Показатели обслуживания заявок.
- b. Анализ эффективности мультиплексирования.
- c. Функция распределения времени обслуживания.
- d. Одно обслуживающее устройство.
- e. Конечная очередь.

11. Модели M/G/1 и ее обобщения

- a. Расчетные формулы.
- b. Конечная очередь ожидания обслуживания.
- c. Постоянное время обслуживания.
- d. Приоритеты в обслуживании.

12. Моносервисные модели передачи эластичных данных в режиме Processor Sharing

- a. Расчетные формулы.
- b. Ограничение числа абонентов.
- c. Ограничение доступа.

13. Модель мультисервисного узла при совместном обслуживании трафика реального времени и эластичных данных

- a. Сбалансированное распределение ресурса.
- b. Ограничение скорости доступа.
- c. Дифференцированное обслуживание.

14. Открытие и замкнутые сети передачи данных

- a. Описание модели.
- b. Определение характеристик.
- c. Частные случаи.
- d. Точный и приближенный расчет характеристик.
- e. Оценка требуемой скорости передачи узла.

15. Модели перспективных систем связи: сети SDN; системы облачных вычислений; самоорганизующиеся сети

- a. Описание модели.
- b. Определение характеристик.
- c. Оценка характеристик.
- d. Оптимальное распределение ресурса передачи.
- e. Рекурсивный алгоритм расчета характеристик.

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

Аудитория с мультимедийным проектором и компьютером, аудиторная доска.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Степанов С.Н. Основы телетрафика мультисервисных сетей. – М.: Эко– Трендз. – 2010. – 392 с.
2. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения / Серия «Теория и практика инфокоммуникаций». – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 868 с.
3. Кузнецов Н.А., Степанов С.Н., Степанов М.С. Моделирование сетей и систем связи. Учебное пособие. М.: МФТИ. 2019. – 271 с.

Дополнительная литература

1. Телекоммуникационные системы и сети [Текст] : в 3 т. Т. 3. Мультисервисные сети / В. В. Величко [и др.] учеб. пособие для вузов - М.Горячая линия - Телеком,2005

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://lib.mipt.ru> – электронная библиотека Физтеха.
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> – библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Успешное освоение курса требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях,
- проведение расчетных работ с использованием программных средств моделирования,
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
профиль подготовки:	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра инфокоммуникационных систем и сетей
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	С.Н. Степанов, д-р техн. наук, профессор, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем своей профессиональной деятельности, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные и прикладные научные знания в области естественных наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Умеет использовать современные информационные и компьютерные технологии, средства коммуникаций при поиске научно-технической информации в своей профессиональной деятельности

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Моделирование сетей и систем связи» обучающийся должен:

знать:

- принципы построения математических моделей действующих и перспективных сетей и систем связи;
- специфику учета ограничений на распределение ресурса передачи информации;
- методы моделирования систем на основе экспериментальных данных;
- сложившуюся в мире ситуацию по вопросам моделирования сетей и систем связи;
- новейшие направления исследований в области моделирования особенностей распределения ресурса передачи информации;
- проблемы, возникающие при разработке алгоритмов оценки характеристик качества обслуживания мультимедийного трафика;

уметь:

- использовать на практике теоретические принципы моделирования для анализа поведения функциональных характеристик сетей и систем связи;
- оценивать последствия применения процедур и механизмов, направленных на повышение эффективности занятия ресурса передачи информации;
- учитывать практические условия обслуживания информационных потоков при разработке моделей систем и сетей связи.

владеть:

- теоретическими и практическими методами оценки характеристик качества работы сетей и систем связи;
- методами управления процессом распределения ресурса передачи информации;
- навыками разработки методов и алгоритмов математического моделирования процесса совместного обслуживания мультимедийного трафика.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Объект исследования в сетях связи. Свойства трафика сервисов реального времени. Эластичные данные. Процедуры, направленные на повышение эффективности использования ресурса передачи информации.
2. Контроль доступа и особенности его моделирования. Эффективная интенсивность информационного потока.
3. Телекоммуникационный ресурс, единица ресурса. Примеры.
4. Цель и задачи математического моделирования процесса обслуживания информационных потоков в сетях и системах связи.
5. Обслуженный, предложенный и избыточный трафик. Формула для оценки интенсивности предложенного трафика через значения интенсивности поступающих заявок и среднего времени их обслуживания.
6. Прямые и обратные задачи оценки характеристик и параметров моделей систем связи. Калькуляторы объема сетевой инфраструктуры. Примеры
7. Основные этапы построения функциональной модели системы связи
8. Функциональная модель обслуживания заявок в мультисервисном узле доступа. Единица ресурса.
9. Единицы измерения моно- и мультисервисного трафика (эрланг и эрланго-канал). Примеры практического использования.
10. Модель поступления заявок: определение. Свойства стационарности, независимости и ординарности входных потоков
11. Экспоненциальное распределение и его основные свойства, используемые при моделировании.
12. Определение пуассоновского потока (основное и альтернативное)
13. Основные свойства пуассоновского потока: суммирование и просеивание
14. Теоретическое обоснование сходимости реальных потоков к пуассоновскому
15. Модель поступления пакетов: анализ результатов измерений. Свойства агрегированного трафика данных, рассматриваемого на уровне пакетов.
16. Выбор модели входного потока. Обоснование
17. Случайные процессы в теории моделирования сетей связи: состояние, траектория, свойство эргодичности, оценка характеристик с использованием траектории, имитационное моделирование.
18. Свойство PASTA
19. Качественное и конструктивное определение марковского процесса. Примеры
20. Условие существования предельных вероятностей у марковского процесса

21. Общий вид системы уравнений равновесия (СУР). Интерпретация коэффициентов. Пример.
22. Запись СУР в виде удобном для решения СУР методами линейной алгебры. Пример.
23. Формула Литтла. Дополнительные результаты, вытекающие из формулы Литтла. Примеры.
24. Математическое описание моносервисной модели Эрланга. Марковское свойство у случайного процесса, используемого для описания модели Эрланга
25. Мультисервисная модель Эрланга (ММЭ). Примеры использования. Математическое описание.
26. ММЭ: марковский процесс, характеристики обслуживания заявок, СУР.
27. ММЭ: мультипликативное представление вероятностей состояний.
28. ММЭ: рекурсивный алгоритм оценки характеристик обслуживания заявок
29. ММЭ: рекурсивный алгоритм оценки требуемой скорости линии концентрации нагрузки при заданном трафике
30. ММЭ: свойство пропорциональности и его использование при планировании ресурса узла доступа
31. ММЭ: анализ свойства мультиплексирования
32. ММЭ: оценка максимально допустимой величины трафика при фиксированном ресурсе передачи информации
33. Мультисервисная модель Эрланга с ограниченным доступом (ММОД). Примеры использования. Математическое описание.
34. ММОД: марковский процесс, характеристики обслуживания заявок, СУР.
35. ММОД: мультипликативное представление вероятностей состояний.
36. ММОД: алгоритм оценки характеристик обслуживания заявок, основанный на использовании алгоритма свертки
37. ММОД: использование ограниченного доступа для дифференцированного обслуживания заявок
38. ММОД: оценка значений ресурса передачи и ограничений по доступу для заданных значений характеристик обслуживания заявок
39. Мультисервисная модель Эрланга с ограниченным числом абонентов (ММОА). Примеры использования. Математическое описание.
40. ММОА: марковский процесс, характеристики обслуживания заявок, СУР.
41. ММОА: соотношения между характеристиками.
42. ММОА: мультипликативное представление вероятностей состояний.
43. ММОА: рекурсивный алгоритм оценки характеристик обслуживания заявок
44. ММОА: алгоритм оценки характеристик обслуживания заявок, основанный на использовании процедуры свертки
45. Мультисервисная модель Эрланга с резервированием (ММР). Примеры использования.: Математическое описание.
46. ММР: марковский процесс, характеристики обслуживания заявок, СУР.
47. ММР: свойства матрицы СУР и анализ способов ее решения.
48. ММР: решение СУР итерационным методом Гаусса-Зейделя. Пример
49. ММР: особенности решения СУР методом Гаусса-Зейделя на ЭВМ.
50. ММР: приближенный алгоритм оценки характеристик обслуживания заявок
51. ММР: использование резервирования для дифференцированного обслуживания заявок
52. ММР: оценка значений ресурса передачи и уровней резервирования для заданных значений характеристик обслуживания заявок.
53. Модель мультисервисной сети обслуживания трафика сервисов реального времени (ММС). Математическое описание. Маршрутная матрица.
54. ММС: марковский процесс, характеристики обслуживания заявок, свойство мультипликативности.
55. ММС: альтернативные формулы оценки характеристик обслуживания заявок
56. ММС: иерархические сети, оценка характеристик методом свертки.
57. ММС: оценка характеристик методом мультипликативной границы
58. Оценка характеристик моносервисной сети методом просеивания заявок
59. ММС: оценка характеристик методом просеивания заявок
60. ММС: оценка скорости передачи звеньев сети, обеспечивающих требуемые потери заявок
61. Функциональные характеристики моделей с ожиданием. Примеры

62. Обозначения Кендалла
63. Математическое описание модели Эрланга с ожиданием (МЭО). СУР.
64. Характеристики МЭО
65. Функция распределения времени пребывания в очереди для МЭО. Примеры использования
66. Анализ эффективности мультиплексирования для МЭО. Примеры использования
67. Определение требуемой величины ресурса для МЭО
68. Определение максимально допустимой нагрузки для МЭО
69. Характеристики М/М/1
70. Характеристики М/М/v/v+w. Оценка числа операторов и линий доступа для модели call-центра
71. Формула Поллачека-Хинчина для М/G/1. Пример использования
72. Характеристики периода занятости для М/G/1
73. Модель М/G/1. Относительный и абсолютный приоритеты в обслуживании заявок. Оценка характеристик.
74. Открытые сети передачи данных. Математическое описание. Теорема Джексона
75. Открытые сети передачи данных: оценка характеристик пребывания сообщений в узлах и сети
76. Открытые сети передачи данных: оптимизация распределения фиксированного объема ресурса между узлами сети
77. Замкнутые сети передачи данных. Математическое описание. Мультипликативная форма представления значений стационарных вероятностей
78. Замкнутые сети передачи данных: оценка характеристик пребывания сообщений в узлах и сети, основанная на мультипликативной форме представления значений стационарных вероятностей
79. Открытые сети передачи данных: алгоритм MVA.
80. Модели сетей BCMP. Определение характеристик. Оценка характеристик.
81. Функциональные модели передачи эластичных данных. Примеры
82. Математическое описание модели М/М/1-PS
83. Оценка характеристик модели М/М/1-PS
84. Оценка эффективности мультиплексирования эластичного трафика с использованием М/М/1-PS
85. Оценка требуемой скорости линии при передаче эластичного трафика с использованием М/М/1-PS
86. Оценка максимально допустимой нагрузки при передаче эластичного трафика с использованием М/М/1-PS
87. Математическое описание модели М/М/1-PS с ограниченным доступом по числу абонентов (ОЧА). Примеры использования модели
88. Оценка характеристик модели М/М/1-PS с ОЧА
89. Оценка максимально допустимого числа абонентов при передаче эластичного трафика с использованием М/М/1-PS с ОЧА
90. Математическое описание модели М/М/1-PS с ограниченной скоростью доступа (ОСД). Примеры использования модели
91. Оценка характеристик модели М/М/1-PS с ОСД.
92. Математическая модель узла при передаче мультисервисного эластичного трафика с ограниченным доступом. Характеристики модели. Рекурсивный алгоритм оценки.
93. Особенности моделирования и оценки характеристик процедуры network-slicing.
94. Особенности моделирования и оценки характеристик совместного использования ресурса при совместной передаче трафика сервисов реального времени и эластичных данных.

Примеры билетов для проведения дифференцированного зачета:

Билет 1.

1. Обслуженный, предложенный и избыточный трафик. Формула для оценки интенсивности предложенного трафика через значения интенсивности поступающих заявок и среднего времени их обслуживания.
2. Мультисервисная модель Эрланга. Примеры использования. Математическое описание.

3. Задача на определение максимально допустимой нагрузки при передаче эластичного трафика с использованием M/M/1-PS

Билет 2.

1. Модель мультисервисной сети: оценка характеристик методом просеивания заявок
2. Открытые сети передачи данных: алгоритм MVA.
3. Задача на оценку требуемого числа операторов и мест ожидания для модели call-центра

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.