Межгосударственная образовательная организация высшего образования «Российско-Армянский университет»

Утверждено
Директор Института
Агаронян А.К. _____
«19» июня 2026 г., протокол № 10
Утвержден Ученым Советом ИМФВТ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.07.01 «Основы теории массового обслуживания»

Автор (ы) ***доктор тех. наук, профессор Маркосян М.В.***
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Согласовано:

Заведующий Базовой кафедрой Телекоммуникаций
Сиволенко Э. Р.
_____
(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Учебная программа дисциплины «Основы теории массового обслуживания» ориентирована на подготовку бакалавров в области телекоммуникаций, которые должны обладать основополагающими знаниями и навыками, в частности, в теории массового обслуживания (теории очередей) и умением использовать их в телекоммуникационных системах и сетях.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах 3 и часах 108, форма итогового контроля (зачет);

1.3. Данная дисциплина теснейшим образом взаимосвязана с дисциплинами: построение телекоммуникационных сетей и систем, общая теория связи, теория связи с подвижными объектами, сети связи и системы коммутации и с последующими УМКД магистратуры

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ПК -1	Способен к развитию коммутационных подсистем и сетевых платформ, сетей передачи данных, транспортных сетей и сетей радиодоступа, спутниковых систем связи	**ПК -1.1**	**Знает** принципы построения и работы сетей связи и протоколов сигнализации, стандарты качества передачи данных, голоса и видео, применяемых в организации сети организации связи
		ПК-1.2	**Умеет** анализировать статистику основных показателей эффективности радиосистем и систем передачи данных, разрабатывать мероприятия по их поддержанию на требуемом уровне, выполнять расчет пропускной способности сетей телекоммуникаций

		ПК -1.3	**Владеет** навыками разработки схемы организации связи и интеграции новых сетевых элементов, построения и расширения коммутационной подсистемы и оборудовании по обеспечению реализации услуг

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - изучение основных стандартных методов теории очередей, приобретение навыков в решении прикладных задач в моделях очередей, в анализе эталонных моделей и составлении моделей очередей, адекватных функционированию процессов в узлах телекоммуникационных сетей.

Задача - ознакомить студентов со стандартными методами теории очередей, привить студентам навыки производить оценки в области применимости методов очередей в телекоммуникационных системах и сетях, понимать тенденции развития.

2.2 Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) : в академических часах – 108, в кредитах - 3

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**					
		_III__ сем	**_IV_ сем**	**_V_ сем**	**_VI сем**	**VII сем**	**VIII сем**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**108**						**108**
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**32**						**32**
1.1.1. Лекции	**16**						**16**
1.1.2. Лабораторные занятия	**16**						**16**
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**22**						**22**
1.2.1. Подготовка к зачету							
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Зачет 54**						**54**

2.3 Содержание дисциплины

2.3.1 Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	**Всего (ак. часов)**	**Лекционные занятия (ак. часов)**	**Семинарские занятия (ак. часов)**	**Практические занятия (ак. часов)**	**Лабораторные работы (ак. часов)**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Введение	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Раздел 1. Основные понятия теории вероятностей	**3**	**2**	**-**	**-**	**1**
Тема 1.1.События, случайные величины, функции распределения.	**2**	**1**	**-**	**-**	**1**
Тема 1.2.Моменты, характеристические функции и преобразования Лапласа, производящие функции.	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Раздел 2. Теория входящего потока.	**3**	**2**	**-**	**-**	**1**
Тема 2.1. Потоки Пуассона, их суперпозиция и разрежение.	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Тема 2.2. Процессы восстановления, рекуррентный поток.	**2**	**1**	**-**	**-**	**1**
Раздел 3. Процессы гибели и размножения и применение в моделях очередей.	**5**	**3**	**-**	**-**	**2**
Тема 3.1. Стационарные распределения процессов гибели и размножения.	**2**	**1**	**-**	**-**	**1**
Тема 3.2. Модель M|M|1|∞	**2**	**1**	**-**	**-**	**1**
Тема 3.3. Модель M|M|∞	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Раздел 4. Другие Марковские модели очередей. Метод этапов Эрланга.	**5**	**3**	**-**	**-**	**2**
Тема 4.1. Модель $M\|E_k\|1\|\infty$	**1**	**1**	**-**	**-**	**-**
Тема 4.2. Модель $E_k\|M\|1\|\infty$	**2**	**1**			**1**
Тема 4.3. Изучение возникающих функциональных уравнений	**2**	**1**	**-**	**-**	**1**
Раздел 5. Немарковская модель *M|G|1|∞*	**4**	**-**	**-**	**-**	**4**
Тема 5.1. Период занятости модели M|G|1|∞	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**
Тема 5.2. Вложенные цепи Маркова в модели M|G|1|∞	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**
Тема 5.3. Виртуальное время ожидания в модели M|G|1|∞	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**
Тема 5.4. приоритетные модели	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**
Раздел 6. Модель GI|GI|1|∞	**9**	**5**	**-**	**-**	**4**
Тема 6.1. Актуальные времена ожидания модели GI|GI|1|∞	**2**	**2**	**-**	**-**	**-**
Тема 6.2. Два стационарных времени ожидания модели GI|GI|1|∞	**4**	**2**	**-**	**-**	**2**
Тема 6.3. Характеризационные теоремы	**3**	**1**	**-**	**-**	**2**
Раздел 7. Экстремальные задачи и статистическое моделирование	**3**	**1**	**-**	**-**	**2**
Тема 7.1. Экстремальные задачи	**2**	**1**	**-**	**-**	**1**
Тема 7.2. Статистическое моделирование	**1**	**-**	**-**	**-**	**1**
ИТОГО	**32**	**16**			**16**

.3.3. Содержание разделов и тем дисциплины

Введение

Предмет дисциплины и её задачи. Структура курса, виды и методы подготовки и контроля. Рекомендуемая литература.

Раздел1. Основные понятия теории вероятностей

Тема 1.1. События, случайные величины, функции распределения

Вероятностное пространство. Независимость событий. Условная вероятность. Формула полной вероятности. Функция распределения случайной величины её типы.

Тема 1.2. Моменты, характеристические функции, преобразование Лапласа, производящие функции

Определение среднего, дисперсии, их свойства. Моменты высоких порядков. Корреляция. Характеристическая функция и её свойства. Другие интегральные преобразования: преобразование Лапласа, производящая функция.

(А [2])

Раздел 2. Теория входящего потока

Тема 2.1. Потоки Пуассона, их суперпозиция и разрежение.

Простейший поток. Отсутствие последействия. Вывод вероятностей простейшего потока. Пуассоновские потоки: объединение независимых пуассоновских потоков; операция просеивания пуассоновского потока.

Тема 2.2. Процессы восстановления, рекуррентный поток.

Теория восстановления. Рекуррентный поток как процесс восстановления. Просеивание рекуррентного потока.

(А [1], [2])

Раздел 3. Процессы гибели и размножения и применения в моделях очередей

Тема 3.1. Стационарные распределения

Определение стандартного процесса гибели и размножения. Разностно-дифференциальные уравнения состояний процесса. Условия стационарности. Стационарные вероятности состояний.

(А [1], В [1])

Тема 3.2. Модель $M|M|n|\infty$

Применение процесса гибели и размножения к определению распределения длины очереди модели M|M|n|∞. Стационарное время ожидания в модели M|M|n|∞

(A [1], [2])

Тема 3.3. Модель M|M|∞

Применение стандартного процесса гибели и размножения к определению распределения числа занятых приборов модели M|M|∞. Период занятости модели M|M|∞.

(A [1], [2])

Раздел 4. Другие марковские модели очередей. Метод этапов Эрланга

Тема 4.1. Модель $M|E_k|1|\infty$

Метод этапов Эрланга. Распределение длины очереди модели $M|E_k|1|\infty$. Стационарное время ожидания и период занятости модели $M|E_k|1|\infty$.

(A [2])

Тема 4.2. Модель $E_k|M|n|\infty$

Сведение периода занятости к периоду занятости модели $E_k|M|1|\infty$. Два стационарных времени ожидания модели $E_k|M|\ n\ |\infty$. Их сравнение.

(A [2])

Тема 4.3. Изучение возникающих функциональных уравнений

Теорема Руше. Доказательство существования k корней уравнения $\varsigma^k = \beta(a - a\varsigma)$ в единичном круге.

(A [2])

Раздел 5. Немарковская модель *M|G|1|∞*

Тема 5.1. Период занятости модели M|G|1|∞

Приём введения дополнительного события. Вывод и решение функционального уравнения периода занятости модели M|G|1|∞ . Вполне монотонные функции.

(A [2], B [2])

Тема 5.2 Вложенные цепи Маркова в модели M|G|1|∞.

Длина очереди в моменты завершений обслуживания в модели M|G|1|∞. Стационарные распределения актуального времени ожидания и длины очереди. Формула Поллячека-Хинчина. Формула Коэна.

(B [2])

Тема 5.3. Виртуальное время ожидания в модели M|G|1|∞.

Уравнение Такача для виртуального времени ожидания в модели M|G|1|∞. Распределение стационарного виртуального времени ожидания. Совпадение двух стационарных времен ожидания.

(B [2])

Тема 5.4. Приоритетные модели

Обсуждение приоритетных дисциплин обслуживания и их применение в узлах Интернет сетей. Критерии эффективности. Оптимизация в классе относительных приоритетов.

(A [2], B [2], [3])

Раздел 6. *Модель GI|GI|1|∞*

Тема 6.1. Актуальные времена ожидания в модели GI|GI|1|∞

Ключевое уравнение модели GI|GI|1|∞. Существование предельных времен ожидания. Формула Линдли. Информация о поведении характеристик модели.

(A [3])

Тема 6.2. Характеризационные теоремы

Два стационарных (актуального и виртуального) времени ожидания в модели ***GI|GI|1|∞***. Характеризационная теорема об их совпадении. Формула Такача. Формула Хука.

(A [3])

Раздел 7. Экстремальные задачи. Статистическое моделирование

Тема 7.1. Экстремальные задачи

Типы экстремальных задач с моментными ограничениями в моделях очередей. Способы их решения на классе всех функций распределения времен обслуживания в модели M|G|1|∞.

(B [1])

Тема 7.2. Статистическое моделирование

Ознакомление с принципами статистического моделирования систем массового обслуживания.

(A [2])

2.3.2 Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

(Кратко изложить форму/формы проведения семинарских занятий).

2.3.3 Материально-техническое обеспечение дисциплины

- Учебные методические пособия
- Вычислительная техника
- Проектор
- Слайдоскоп

2.4 Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)		Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей		Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля
Вид учебной	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**		

работы/контроля	[1]							
Контрольная работа *(при наличии)*				1				
Устный опрос *(при наличии)*		1						
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*								
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								
Эссе *(при наличии)*								
Проект *(при наличии)*								
Другие формы (при наличии)								
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей							0,4	
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей							0,6	
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							1	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0,3
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0,7
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1 зачет**

3 Теоретический блок ***(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)***

4 Теоретический блок

[1] Учебный Модуль

Рекомендуемая литература

а) Базовые учебники

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987.

2. Матвеев В.Ф.,Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. – М.: МГУ, 1984.

3. Даниелян Э.А., Симонян А.Р. Введение в теорию очередей. Часть I. – Ереван: РАУ, 2005.

4. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1976.

б) Основная литература:

1. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. – М.: Сов.Радио, 1965.

2. Гнеденко Б.В., Даниелян Э.А. и др. Приоритетные системы обслуживания. . – М.: МГУ, 1973.

3. Клейнрок Л. Очереди в вычислительных системах. – М.: Мир, 1979.

в) Дополнительная литература:

1. Крейн М.Г. Нудельман А.А. Проблема моментов Маркова и экстремальные задачи. – М.: Наука, 1972.

4. Перечень вопросов итогового контроля

1. Простейший поток, его уравнения и их решение.

2. Объединение пуассоновских потоков. Операция просеивания пуассоновского потока.

3. Процессы гибели и размножения. Разностно-дифференциальные уравнения. Стационарные вероятности состояний.

4. Рекуррентный поток. Производящая функция числа вызовов.

5. Операция просеивания рекуррентного потока.

6. Длина очереди в модели $M|M|n|\infty$.

7. Время ожидания в модели $M|M|n|\infty$.

8. Число занятых приборов в модели $M|M|\infty$

9. Метод этапов Эрланга. Распределение длины очереди модели $M|E_k|1|\infty$.

10. Время ожидания и период занятости модели $M|E_k|1|\infty$.

11. Период занятости модели $E_k|M|\ n\ |\infty$.

12. Два стационарных времени ожидания модели $E_k|M|\ n\ |\infty$.

13. Уравнение периода занятости модели $M|G|1|\infty$. Его решение.

14. Анализ длины очереди модели $M|G|1|\infty$ методом вложенных цепей.

15. Актуальное время ожидания модели $M|G|1|\infty$.

16. Формула Поллячека-Хинчина. Формула Коэна.

17. Уравнение Такача для времен ожидания модели $M|G|1|\infty$.

18. Стационарное виртуальное время ожидания модели M|G|1|∞.

19. Приоритетные модели в узлах Интернет сетей.

20. Оптимизация в классе относительных приоритетов.

21. Основное уравнение модели GI|GI|1|∞. Его решение.

22. Предельное распределение времени ожидания в модели GI|GI|1|∞. Формула Линдли.

23. Связь двух стационарных распределений времен ожидания в модели GI|GI|1|∞. Формула Такача. Формула Хука (без доказательств).

24. Характеризационные теоремы в модели GI|GI|1|∞. Условия совпадения стационарных времен ожидания.

25. Экстремальные задачи с моментными ограничениями в моделях очередей. Описание.

26. Экстремальная задача для n-го момента времени ожидания при фиксации первых n моментов времени обслуживания в модели M|G|1|∞.

5 Фонды оценочных средств *(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).*

5.3 Планы практических и семинарских занятий

5.4 Планы лабораторных работ и практикумов

5.5 Материалы по практической части курса

5.5.1 Учебно-методические пособия;

5.5.2 Учебные справочники;

5.5.3 Задачники (практикумы);

5.5.4 Наглядно-иллюстративные материалы;

5.5.5 др. виды материалов.

5.6 Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

5.7 Тематика рефератов, эссе и других форм самостоятельных работ

5.8 Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

5.9 Перечень экзаменационных вопросов

5.10 Образцы экзаменационных билетов

5.11 Образцы экзаменационных практических заданий

5.12 Банк тестовых заданий для самоконтроля

5.13 Методики решения и ответы к образцам тестовых заданий

2. Теоретический блок

Рекомендуемая литература

а) Базовые учебники

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. – М.: Наука, 1987.

2. Матвеев В.Ф.,Ушаков В.Г. Системы массового обслуживания. – М.: МГУ, 1984.

3. Даниелян Э.А., Симонян А.Р. Введение в теорию очередей. Часть I. – Ереван: РАУ, 2005.

4. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1976.

б) Основная литература:

1. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. – М.: Сов.Радио, 1965.

2. Гнеденко Б.В., Даниелян Э.А. и др. Приоритетные системы обслуживания. . – М.: МГУ, 1973.

3. Клейнрок Л. Очереди в вычислительных системах. – М.: Мир, 1979.

в) Дополнительная литература:

1. Крейн М.Г. Нудельман А.А. Проблема моментов Маркова и экстремальные задачи. – М.: Наука, 1972.

4. Перечень вопросов итогового контроля

1. Простейший поток, его уравнения и их решение.

2. Объединение пуассоновских потоков. Операция просеивания пуассоновского потока.

3. Процессы гибели и размножения. Разностно-дифференциальные уравнения. Стационарные вероятности состояний.

4. Рекуррентный поток. Производящая функция числа вызовов.

5. Операция просеивания рекуррентного потока.

6. Длина очереди в модели $M|M|n|\infty$.

7. Время ожидания в модели $M|M|n|\infty$.

8. Число занятых приборов в модели $M|M|\infty$

9. Метод этапов Эрланга. Распределение длины очереди модели $M|E_k|1|\infty$.

10. Время ожидания и период занятости модели $M|E_k|1|\infty$.

11. Период занятости модели $E_k|M|\ n\ |\infty$.

12. Два стационарных времени ожидания модели $E_k|M|\ n\ |\infty$.

13. Уравнение периода занятости модели $M|G|1|\infty$. Его решение.

14. Анализ длины очереди модели $M|G|1|\infty$ методом вложенных цепей.

15. Актуальное время ожидания модели M|G|1|∞.

16. Формула Поллячека-Хинчина. Формула Коэна.

17. Уравнение Такача для времен ожидания модели M|G|1|∞.

18. Стационарное виртуальное время ожидания модели M|G|1|∞.

19. Приоритетные модели в узлах Интернет сетей.

20. Оптимизация в классе относительных приоритетов.

21. Основное уравнение модели GI|GI|1|∞. Его решение.

22. Предельное распределение времени ожидания в модели GI|GI|1|∞. Формула Линдли.

23. Связь двух стационарных распределений времен ожидания в модели GI|GI|1|∞. Формула Такача. Формула Хука (без доказательств).

24. Характеризационные теоремы в модели GI|GI|1|∞. Условия совпадения стационарных времен ожидания.

25. Экстремальные задачи с моментными ограничениями в моделях очередей. Описание.

26. Экстремальная задача для n-го момента времени ожидания при фиксации первых n моментов времени обслуживания в модели M|G|1|∞.

5. Методический блок

5.1.Методика преподавания

Во время каждого занятия преподаватель представляет материал по теме дня и вовлекает группу в обсуждение. Практичный характер курса предполагает активное вмешательство каждого студента в процессы представления и обсуждения темы. За преподавателем закреплена ответственность придерживаться тематики данного занятия и предоставлять необходимые фундаментальные знаний и концепций.

После завершения изучения каждой из программ будет проведена контрольная работа для закрепления навыков