

УДК 621.39(075)  
ББК 32.88я73  
Б95

Рецензенты:

*С. Н. Чуканов*, д-р техн. наук, профессор;

*К. С. Фадеев*, канд. техн. наук, доцент

**Бычков, Е. Д.**

Б95 Основы инфокоммуникационных технологий. Теория телетрафика : учеб. пособие / Е. Д. Бычков, В. А. Майстренко, О. Н. Коваленко, Д. Н. Коваленко ; Минобрнауки России, ОмГТУ ; под ред. В. А. Майстренко. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 156 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-2433-9

Представлены основные положения теории телетрафика, модели систем обслуживания вызовов, основы теории очередей и сетей массового обслуживания с пакетной коммутацией. Приведены характеристики самоподобного случайного потока требований и их виды. Рассмотрены методы определения характеристик пакетных сетей.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02, 11.05.04, 11.04.02, осваивающих электро- и радиотехнические специальности, изучающих дисциплины «Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем», «Сети связи и системы коммутации».

УДК 621.39(075)  
ББК 32.88я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-2433-9

© ОмГТУ, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ .....	6
ВВЕДЕНИЕ .....	7
1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА.....	9
1.1. Задачи теории телетрафика.....	9
1.2. Телефонная нагрузка (трафик).....	9
1.3. Понятие о часе наибольшей нагрузки.....	11
1.4. Потоки вызовов .....	13
1.4.1. Основные сведения.....	13
1.4.2. Классификация потоков вызовов.....	14
1.4.3. Характеристики потока вызовов.....	15
1.4.4. Простейший поток вызовов (поток Пуассона).....	17
1.4.5. Поток с простым последствием .....	22
1.4.6. Потоки симметричный, примитивный и с повторными вызовами .....	23
1.4.7. Поток с ограниченным последствием. Поток Пальма .....	24
1.4.8. Длительность обслуживания.....	25
1.5. Самоподобные модели потоков (трафика).....	26
1.5.1. Введение во фракталы.....	26
1.5.2. Самоподобные (фрактальные) случайные последовательности .....	28
1.5.3. Виды самоподобных случайных последовательностей .....	31
Контрольные вопросы .....	35
2. СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ .....	36
2.1. Классификация систем обслуживания.....	36
2.2. Пучки линий .....	38
2.3. Система с потерями. Первая формула Эрланга .....	41
2.4. Система обслуживания G/M/V, ПН/Л. Примитивный поток вызовов.....	45
2.5. Система обслуживания G/M/V, НН/Л .....	46

2.6. Система обслуживания с повторными вызовами .....	48
2.7. Системы обслуживания с ожиданием.....	49
2.8. Общая оценка качества обслуживания .....	51
Контрольные вопросы .....	53
 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОЧЕРЕДЕЙ .....	54
3.1. Модель очереди с одним прибором обслуживания .....	54
3.2. Обслуживание при увеличении входного трафика .....	60
3.3. Стандартное отклонение размеров очереди.....	61
3.4. Вероятности появления очередей, превышающих заданные размеры .....	63
3.5. Распределение Эрланга и гамма-распределение .....	64
3.6. Расчет вероятностей значений времени ответа .....	67
3.7. Влияние различных дисциплин управления .....	69
3.8. Очереди с приоритетами .....	70
3.9. Прерывания.....	72
3.9.1. Приоритетное управление «Установка в начало очереди» .....	73
3.9.2. Приоритетное управление «Прерывание с продолжением обслуживания».....	75
3.10. Очереди со многими приборами обслуживания.....	76
3.11. Обслуживание очередей с произвольным временем распределения .....	81
3.12. Время ожидания для задерживаемых сообщений .....	82
3.13. Формула Литтла (Little).....	84
3.14. Система с самоподобным входным потоком и детерминированным временем обслуживания .....	87
3.15. Анализ систем с самоподобным характером времени обслуживания.....	88
Контрольные вопросы .....	90
 4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ .....	91
4.1. Основные положения анализа сетей массового обслуживания....	91
4.1.1. Теоремы Бёрке и Джексона .....	91

4.1.2. Анализ сетей массового обслуживания с блокировками. Метод вероятностных графов Ли.....	97
4.2. Анализ сетей с пакетной коммутацией.....	100
4.2.1. Характеристики сетей с пакетной коммутацией.....	100
4.2.2. Анализ пакетных сетей с простейшим входным потоком и неограниченным объемом буфера .....	102
4.2.3. Анализ пакетных сетей с простейшим входным потоком и ограниченным объемом буфера .....	107
4.2.4. Анализ пакетных сетей с примитивным входным потоком.....	110
4.2.5. Анализ пакетных сетей с произвольным распределением времени обслуживания.....	111
4.2.6. Время доставки пакетов в сети с пакетной коммутацией в виртуальном режиме .....	114
4.2.7. Время доставки пакетов в сети с коммутацией пакетов в дейтаграммном режиме установления соединения.....	118
4.3. Модели интеграции речи и данных .....	121
Контрольные вопросы .....	127
 ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	129
 БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	130
 ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Графические зависимости формул теории очередей.....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Основные формулы теории очередей.....	149