

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
<b>1 Моделирование сетей и систем связи .....</b>	<b>6</b>
1.1. Объект исследования .....	6
1.1.1. Особенности передачи данных в сетях связи .....	6
1.1.2. Телекоммуникационный ресурс .....	7
1.1.3. Модели использования ресурса .....	10
1.1.4. Трафик .....	12
1.1.5. Качество обслуживания .....	14
1.2. Математическая модель .....	15
1.2.1. Экспоненциальное распределение .....	17
1.2.2. Марковский процесс .....	19
1.2.3. Система уравнений равновесия .....	21
1.2.4. Определение характеристик обслуживания заявок .....	24
1.2.5. Методы решения СУР .....	26
1.2.6. Итерационный алгоритм Гаусса–Зейделя .....	28
1.3. Фундаментальные результаты .....	31
1.3.1. Пуассоновская модель входного потока .....	32
1.3.2. Вероятности состояний модели .....	35
1.3.3. Формула Литтла .....	37
Упражнения к разделу 1 .....	39
<b>2 Моделирование систем связи с ожиданием .....</b>	<b>42</b>
2.1. Модели Эрланга с ожиданием .....	42
2.1.1. Передача данных: анализ на уровне пакетов .....	42
2.1.2. Функциональная характеристика систем с ожиданием .....	44
2.1.3. Примеры практического использования моделей с ожиданием .....	46

2.1.4. Обозначения моделей с ожиданием .....	48
2.1.5. Модель Эрланга с ожиданием $M/M/v$ .....	50
2.1.6. Примеры практического использования $M/M/v$ ..	54
2.1.7. Одно обслуживающее устройство .....	60
2.1.8. Модель Эрланга с конечной очередью .....	60
2.2. Модель $M/G/1$ .....	62
2.2.1. Формула Поллачека–Хинчина .....	63
2.2.2. Характеристики периода занятости $M/G/1$ .....	67
2.3. Групповое поступление данных и ожидание .....	69
2.3.1. Необходимость учета группового поступления за- явок .....	69
2.3.2. Математический анализ модели .....	72
2.3.3. Характеристики качества передачи файлов .....	73
2.3.4. Система уравнений равновесия .....	75
2.3.5. Рекурсивный алгоритм оценки вероятностей состо- яний .....	76
2.3.6. Особенности планирования ресурса передачи ин- формации .....	77
2.4. Открытые сети передачи данных .....	81
2.4.1. Функциональная модель .....	81
2.4.2. Математическое описание модели .....	83
2.4.3. Теорема Джексона .....	87
2.4.4. Оценка характеристик сети .....	88
2.4.5. Использование результатов теоремы Джексона ...	89
2.4.6. Следствия теоремы Джексона .....	90
2.4.7. Оптимальное распределение ресурса .....	91
2.5. Замкнутые сети передачи данных .....	95
2.5.1. Математическое описание замкнутых сетей .....	95
2.5.2. Оценка характеристик .....	98
2.5.3. Алгоритм MVA .....	100
2.5.4. Циклическое обслуживание сообщений .....	104
Упражнения к разделу 2 .....	106
<b>3 Модели обслуживания эластичного трафика</b> ....	109
3.1. Особенности обслуживания эластичных данных ...	109
3.1.1. Динамическое распределение ресурса .....	109
3.1.2. Распределение ресурса при передаче эластичных данных .....	114

---

3.2. Основная модель .....	115
3.2.1. Математическое описание $M/M/1 - PS$ .....	115
3.2.2. Примеры практического использования $M/M/1 - PS$ .....	118
3.2.3. Анализ дисциплин выбора заявок из очереди .....	124
3.3. Ограничение доступа по числу абонентов .....	127
3.3.1. Математическое описание модели .....	127
3.3.2. Показатели обслуживания файлов .....	129
3.3.3. Примеры практического использования модели .....	131
3.4. Ограничение скорости доступа .....	133
3.4.1. Математическое описание модели .....	133
3.4.2. Показатели обслуживания файлов .....	136
3.4.3. Примеры практического использования модели .....	137
3.5. Групповое поступление эластичных данных .....	139
3.5.1. Функциональная модель .....	139
3.5.2. Математическое описание модели .....	142
3.5.3. Показатели обслуживания файлов .....	144
3.5.4. Система уравнений статистического равновесия ..	147
3.5.5. Рекурсивный алгоритм оценки вероятностей состояний .....	147
3.5.6. Оценка ресурса передачи трафика IoT .....	149
3.6. Обслуживание трафика реального времени и эластичных данных .....	151
3.6.1. Функциональная модель .....	151
3.6.2. Математическая модель .....	152
3.6.3. Система уравнений равновесия .....	155
3.6.4. Характеристики совместного обслуживания заявок .....	158
3.6.5. Частные случаи исследуемой модели .....	159
3.6.6. Приближенный расчет характеристик модели .....	161
3.6.7. Примеры практического использования модели .....	164
Упражнения к разделу 3 .....	168
Литература .....	171