

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	11
Часть I. Характеристики сетей массового обслуживания, методы их получения, основные определения и леммы . . .	18
Глава 1. Характеристики сетей массового обслуживания и методы их получения	18
1.1. Основные характеристики сетей массового обслуживания	18
1.2. Марковские случайные процессы и их роль в теории сетей массового обслуживания	23
1.3. Формулы Литтла и основные характеристики сетей и систем массового обслуживания	30
1.4. Среднее время пребывания системы в фиксированном множестве состояний	34
Глава 2. Вероятностный аппарат теории сетей массового обслуживания	37
2.1. Процессы восстановления	37
2.2. Регенерирующие процессы	40
2.3. Цепи Маркова с дискретным множеством состояний . . .	42
2.4. Марковские процессы с дискретным и счетным множеством состояний	46
Глава 3. Основные определения и леммы	54
3.1. Основные определения	54
3.2. Основные леммы	55
Часть II. Марковские сети массового обслуживания	66
Глава 1. Процессы гибели и размножения	66
1.1. Вводные замечания и постановка задачи	66
1.2. Процесс чистого размножения	67
1.3. Условие регулярности процесса чистого размножения . .	68
1.4. Распределение вероятностей состояний процесса гибели и размножения в нестационарном режиме	70
1.5. Условие регулярности процесса гибели и размножения . .	80
1.6. Стационарный режим процесса гибели и размножения . .	84
1.7. Время пребывания процесса гибели и размножения в фиксированном множестве состояний	86
1.8. Процесс гибели и размножения с параметрами, зависящими от времени	96

Глава 2. Сети массового обслуживания Джексона	101
2.1. Постановка задачи	101
2.2. Стационарные вероятности состояний сети Джексона . .	102
2.3. Нестационарное распределение вероятностей состояний сети Джексона	106
2.4. Нестационарное распределение вероятностей состояний сети Джексона с зависимыми от времени параметрами потока и обслуживания	113
2.5. Нахождение нестационарного распределения вероятностей состояний сети Джексона методом итераций	118
2.6. Стационарные вероятности для замкнутой сети Джексона	123
2.7. Нестационарные вероятности состояний замкнутой сети Джексона	125
2.8. Нахождение нестационарного распределения вероятностей состояний замкнутой сети Джексона методом итераций	137
Глава 3. Марковские сети с параметрами, зависящими от их состояния	141
3.1. Постановка задачи	141
3.2. Стационарные вероятности состояний марковской сети с параметрами обслуживания, зависящими от ее состояния	142
3.3. Марковские сети с зависимой циркуляцией	147
3.4. Замкнутые марковские сети с зависимой циркуляцией . .	159
3.5. Определение нестационарных вероятностей состояний обобщенной схемы обслуживания в простейших предположениях методом итераций	161
3.6. Определение нестационарных вероятностей состояний марковских сетей с зависимой циркуляцией методом итераций	166
3.7. Выражение характеристик сети через стационарное распределение вероятностей состояний	175
Глава 4. Марковские системы массового обслуживания с разными классами требований и параметрами, зависящими от их состояния	178
4.1. Постановка задачи	178
4.2. Стационарные вероятности состояний марковской СМО с параметрами обслуживания, зависящими от ее состояния	179
4.3. Стационарные вероятности состояний марковской СМО с параметрами входящего потока, зависящими от ее состояния	183
4.4. Стационарные вероятности состояний марковской СМО с разными классами требований и параметрами, зависящими от ее состояния	188

Глава 5. Марковские сети с разными классами требований и параметрами, зависящими от их состояния	193
5.1. Разомкнутая марковская СеМО. Постановка задачи	193
5.2. Стационарное распределение вероятностей состояний для разомкнутой СеМО	195
5.3. Марковские сети с разными классами требований и зависимой циркуляцией	202
5.4. Нестационарный режим для СеМО с разными классами требований	213
5.5. Замкнутая СеМО с разными классами требований	220
Глава 6. Марковские сети массового обслуживания с различными каналами в узлах	243
6.1. Многоканальная СМО с различными каналами	243
6.2. Замкнутая марковская СеМО с обобщенной дисциплиной разделения процессора и различными каналами в узлах	247
6.3. Замкнутая марковская СеМО с обобщенной дисциплиной разделения процессора и различными неравнодоступными каналами в узлах	253
6.4. Марковские сети с различными и резервными каналами обслуживания	260
Глава 7. Другие марковские сети	266
7.1. Марковские сети с возможностью обхода узлов требованиями	266
7.2. Частные случаи	274
7.3. Замкнутые марковские сети с возможностью обхода узлов требованиями	276
7.4. Разомкнутые марковские сети с возможностью обхода узлов требованиями и зависимостью интенсивности обслуживания от состояния сети	279
7.5. Марковские сети с возможностью обхода узлов и «отрицательными» требованиями	284
7.6. Марковские сети с ненадежными каналами обслуживания	288
Задачи, которые целесообразно ставить и решать	295
Комментарий к части II	297
Часть III. Кусочно-линейные сети массового обслуживания	299
Глава 1. Сети со случайным выбором канала в узле и обобщенным разделением процессора	300
1.1. Вступительные замечания	300
1.2. Разомкнутая сеть со случайным выбором канала в узле и дисциплиной «обобщенное разделение процессора»	301
1.3. Стационарное распределение вероятностей состояний замкнутой СеМО	309

1.4.	Разомкнутая КЛСеМО с дисциплиной «обобщенное разделение процессора» и зависимостью скорости обслуживания от ее состояния	311
1.5.	Разомкнутая КЛСеМО с дисциплиной «обобщенное разделение процессора» и зависимостью параметров обслуживания и циркуляции от ее состояния	318
1.6.	Разомкнутая КЛСеМО с зависимостью параметров обслуживания, циркуляции и распределения требований по каналам от ее состояния	325
1.7.	Частный случай разомкнутой КЛСеМО с зависимостью параметров обслуживания и распределения требований по каналам от ее состояния	332
1.8.	Замкнутые КЛСеМО с зависимой циркуляцией	333
глава 2.	Кусочно-линейные сети с дисциплиной «обобщенное разделение процессора» и разными классами требований	336
2.1.	Разомкнутая сеть с дисциплиной обслуживания «обобщенное разделение процессора» и разными классами требований	336
2.2.	Разомкнутая КЛСеМО с разными классами требований и параметрами потока, обслуживания и циркуляции, зависящими от ее состояния	349
2.3.	Стационарное распределение вероятностей состояний замкнутой КЛСеМО с требованиями разных классов	362
2.4.	Стационарное распределение вероятностей состояний замкнутой КЛСеМО с требованиями разных классов и зависимой циркуляцией	368
глава 3.	Сети однолинейных систем массового обслуживания требований разных классов с абсолютным приоритетом поступающего требования и дообслуживанием	375
3.1.	Однолинейная СМО с требованиями разных классов и абсолютным приоритетом поступающего требования и дообслуживанием	375
3.2.	Разомкнутая СеМО однолинейных СМО	382
3.3.	Разомкнутая СеМО однолинейных СМО с зависимой циркуляцией	394
3.4.	Замкнутая кусочно-линейная СеМО однолинейных СМО	405
3.5.	Замкнутая кусочно-линейная СеМО однолинейных СМО с зависимой циркуляцией	412
3.6.	Замкнутая КЛСеМО с зависимой циркуляцией и сменой класса требования при переходе	417
глава 4.	Сети однолинейных систем массового обслуживания с разделением процессора и обобщенным групповым обслуживанием (LBPS)	423
4.1.	Система массового обслуживания с разделением процессора и обобщенным групповым обслуживанием (LBPS)	423

4.2.	Система массового обслуживания с дисциплиной LBPS и зависимостью параметров от дополнительных непрерывных переменных	436
4.3.	Разомкнутая сеть однолинейных систем массового обслуживания с разделением процессора и обобщенным групповым обслуживанием (LBPS)	440
4.4.	Замкнутая сеть однолинейных систем массового обслуживания с разделением процессора и обобщенным групповым обслуживанием (LBPS)	450
Глава 5.	Другие кусочно-линейные сети массового обслуживания	456
5.1.	Вступительные замечания	456
5.2.	Кусочно-линейные сети массового обслуживания с детерминированной циркуляцией	457
5.3.	Кусочно-линейные сети массового обслуживания с детерминированно-вероятностной циркуляцией	458
5.4.	Кусочно-линейные сети массового обслуживания с абсолютным приоритетом поступающего требования и возможностью обхода требованиями узлов	462
5.5.	Кусочно-линейные сети массового обслуживания с разными классами требований, абсолютным приоритетом поступающего требования и возможностью обхода узлов	466
5.6.	Кусочно-линейные сети массового обслуживания с разными классами требований, дисциплинами обслуживания и возможностью обхода узлов	469
Задачи,	которые целесообразно ставить и решать	476
Комментарий к части III		477
Часть IV.	Кусочно-непрерывные сети массового обслуживания	479
Глава 1.	Проблематика кусочно-непрерывных сетей массового обслуживания	479
1.1.	Краткое описание кусочно-непрерывной сети массового обслуживания	479
1.2.	Актуальность исследования кусочно-непрерывных сетей массового обслуживания	481
1.3.	О мультипликативной форме	482
1.4.	Однолинейная система массового обслуживания с ограниченной емкостью для содержания требований	483
Глава 2.	Кусочно-непрерывные марковские процессы	487
2.1.	Определение кусочно-непрерывного марковского процесса	487
2.2.	Простейший кусочно-непрерывный марковский процесс	489
2.3.	Определение характеристик потока событий, порожденных кусочно-непрерывным марковским процессом	494

2.4.	О связи стационарных вероятностей состояний кусочно-непрерывного марковского процесса в моменты произвольный, поступления и ухода требований	504
Глава 3.	Сети с дисциплиной обслуживания «обобщенное разделение процессора»	520
3.1.	Система с дисциплиной обслуживания «обобщенное разделение процессора»	520
3.2.	Разомкнутая сеть массового обслуживания с дисциплиной «обобщенное разделение процессора»	536
3.3.	Стационарное распределение вероятностей состояний замкнутой СеМО	547
3.4.	Разомкнутая сеть с дисциплиной «обобщенное разделение процессора» и зависимостью скорости обслуживания от ее состояния	548
3.5.	Разомкнутая сеть с дисциплиной «обобщенное разделение процессора» и зависимостью параметров обслуживания и циркуляции от ее состояния	557
Глава 4.	Сети с дисциплиной обслуживания «обобщенное разделение процессора» и разными классами требований	565
4.1.	Система с дисциплиной обслуживания «обобщенное разделение процессора» и разными классами требований	565
4.2.	Разомкнутая сеть с дисциплиной обслуживания «обобщенное разделение процессора» и разными классами требований	578
4.3.	Разомкнутая сеть с разными классами требований и параметрами потока, обслуживания и циркуляции, зависящими от ее состояния	593
4.4.	Стационарное распределение вероятностей состояний замкнутой сети с требованиями разных классов	609
4.5.	Стационарное распределение вероятностей состояний замкнутой сети с требованиями разных классов и зависимой циркуляцией	616
Глава 5.	Сети однолинейных систем массового обслуживания требований разных классов с абсолютным приоритетом поступающего требования и дообслуживанием и зависимостью параметров СеМО от их состояния	624
5.1.	Однолинейная СМО с требованиями разных классов, абсолютным приоритетом поступающего требования и дообслуживанием	624
5.2.	Разомкнутая СеМО однолинейных СМО	634
5.3.	Разомкнутая КНСМО однолинейных СМО с зависимой циркуляцией	648
5.4.	Замкнутая СеМО однолинейных СМО	663

5.5. Замкнутая КНСМО однолинейных СМО с зависимой циркуляцией	671
5.6. Замкнутая КНСМО с зависимой циркуляцией и сменой класса требования при переходе	679
Глава 6. Сети массового обслуживания с конкретными видами зависимой циркуляции	688
6.1. Замкнутая звездообразная сеть массового обслуживания при зависимости вероятностей перехода от состояний узлов	689
6.2. Замкнутая звездообразная СеМО с зависимой циркуляцией, обобщенной дисциплиной разделения процессора и различными неравнодоступными каналами в узлах . . .	702
6.3. Разомкнутая сеть однолинейных систем с потерями . . .	716
Глава 7. Сети массового обслуживания с различными каналами в узлах	726
7.1. Многоканальная СМО с потерями	726
7.2. Замкнутая СеМО с обобщенной дисциплиной разделения процессора и различными каналами в узлах	736
7.3. Замкнутая СеМО с обобщенной дисциплиной разделения процессора и различными неравнодоступными каналами в узлах	747
Задачи, которые целесообразно ставить и решать	758
Комментарий к части IV	758
Список литература	759
Предметный указатель	771