

## АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

© 2022 Ю. А. Клименко, А. П. Преображенский

*Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)*

*В статье обсуждаются математические модели сетей массового обслуживания. Данный подход является полезным при рассмотрении задач, в которых присутствует ограниченный ресурс и есть запросы, которые связаны с его применением. Продемонстрированы компоненты, которые связаны с описанием систем массового обслуживания. Приведены показатели, которые связаны с производительностью.*

*Ключевые слова: моделирование, сеть массового обслуживания, метод.*

Теория массового обслуживания в настоящее время активным образом применяется в производстве, экономике, научной сфере. В задачах происходит рассмотрение определенного ограниченного ресурса и совокупности запросов, которые связаны с его использованием. Это ведет к тому, что возникают отказы или задержки по обслуживанию некоторых запросов.

Математические модели могут быть поделены на аналитические и имитационные. Первые из них рассматриваются в виде уравнений или систем уравнений. Они записываются в виде алгебраических, интегральных, дифференциальных соотношений. Подобный вид моделей обычно используют для того, чтобы описывать фундаментальные свойства объектов, поскольку фундамент прост по своей сути. Редко удаётся сложные объекты описывать аналитическим образом.

В качестве альтернативы для аналитических моделей можно считать имитационные модели. Существует основное отличие имитационных моделей от аналитических. Оно заключается в том, что вместо аналитического описания взаимосвязей между входами и выходами исследуемой системы формируют алгоритм. Он отображает последовательность развития процессов внутри исследуемого объекта, а после этого осу-

ществляют просмотр поведения объекта на компьютере.

Моделирование систем массового обслуживания (СМО) рассматривается в виде универсального способа, чтобы исследовать модель. Проведение расчета и анализа характеристик систем массового обслуживания рассматривается как одно из основных направлений исследований как в области аналитического, так и имитационного моделирования.

Этапы формирования имитационной модели:

1. Этап, направленный на описание реально существующей системы в терминах характеристик основных событий. Такие события, в основном, связаны с переходами изучаемой системы из одного возможного состояния в другое и обозначаются в виде точек на временной оси. Чтобы достигать основную цель моделирования достаточно проводить наблюдение системы в моменты реализации основных событий.

2. Этап выбора единицы времени. В зависимости от того, какая природа моделируемой системы в качестве такой единицы может быть микросекунда, час, год и т. д.

3. Этап достижения изучаемой системой стационарного режима функционирования. Для такого случая резким образом будет уменьшение выборочной дисперсии.

Случайная компонента связана с используемой частью ресурса или временными моментами обслуживания. Важно применять соответствующий математический аппарат для того, чтобы в сетях определять показатели производительности [1, 2].

---

Клименко Юрий Алексеевич – Воронежский институт высоких технологий, аспирант, e-mail: [klm71165@mail.ru](mailto:klm71165@mail.ru).

Преображенский Андрей Петрович – Воронежский институт высоких технологий, профессор, e-mail: [app@vivt.ru](mailto:app@vivt.ru).

Поступающие потоки заявок будут обрабатываться обслуживающим прибором. Параметры обслуживания связаны со средним временем обслуживания и с моментами, которые характеризуют высший порядок обслуживания [3, 4].

Совокупность сетей массового обслуживания может позволить сформировать модели вычислительных систем. От одной системы к другой заявки будут переходить с некоторой вероятностью [5, 6].

Компоненты для описания сетей массового обслуживания следующие:

1. Параметры – интенсивность и моменты высших порядков интервалов между требованиями в потоке.

2. Структура связей.

3. Параметры узлов сети

Показатели производительности делятся на такие:

1. Средняя длина очереди.

2. Загрузка системы.

3. Среднее время ожидания требований.

4. Среднее время нахождения требований в системе массового обслуживания.

Чтобы расширить возможности моделирования в сети массового обслуживания могут быть введены специальные узлы.

Например, на основе соответствующих узлов можно осуществлять моделирование работы оперативной памяти. То есть, для заявок в узле могут потребоваться определенные объемы памяти [7, 8]. Если требуемая память не будет обнаружена, то заявка будет помещена в очередь.

Происходит ожидание ее, когда будет происходить освобождение памяти от других заявок.

Стохастические сети в ходе моделирования могут быть разомкнутыми и замкнутыми. В первом виде вне зависимости от того, какое состояние сети внешний источник будет оказывать влияние на интенсивность потока заявок на входе [9].

Чтобы построить сети массового обслуживания, в ряде случаев вводятся некоторые упрощения. Например, исследователи предполагают, что по времени обслуживания внутри каналов наблюдается независимость.

Тогда длина пакета в некотором канале будет задаваться независимым образом, ос-

новываясь на экспоненциальной плотности распределения.

Также можно исходить из предположения, что пакеты поступают в сеть на основе пуассоновского закона [10].

Основываясь на соответствующих предположениях, мы можем полным образом определять неоднородные сети массового обслуживания, которые моделируют работу базовых сетей передачи данных. Разные классы пуассоновских заявок могут поступать в систему. Это в дальнейшем можно представить на базе матричного подхода [5].

Для потоков выполняется уравнение баланса. Сеть массового обслуживания функционирует на основе выполнения принципа произведения вероятностей состояний сетей.

Для любого из сетевых устройств может быть использована теорема очередей. Например, это соответствует коммутатору, конечному узлу, маршрутизатору [11].

Причины, в связи с которыми при рассмотрении маршрутизации необходимо применять математическое моделирование:

1. К настоящему времени разработан достаточно полный математический аппарат.

2. Использование математических моделей не требует значительных ресурсов.

3. Математические модели позволяют делать выводы о тенденциях развития сети передачи данных.

Выводы. Продемонстрированы особенности систем массового обслуживания с точки зрения их практического использования. Приведены примеры использования такого подхода при формировании информационно-телекоммуникационных сетей.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Муха В. В. Оптимизация цифровой логистики цепочек в практике управления организационными системами / В. В. Муха // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10. – № 1 (36).

2. Борзова А. С. Многокритериальное моделирование выбора варианта структуры управления логистическим процессом в организационной системе / А. С. Борзова, Я. Е. Львович, В. В. Муха // Моделирование,

оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 2 (33).

3. Борзова А. С. Особенности построения системы принятия решений при многовариантной оптимизации структуры цифрового управления логистическим процессом в организационной системе на основе имитационного моделирования / А. С. Борзова, В. В. Муха // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2021. – Т. 9. – № 3 (34).

4. Бочаров П. П. Экспоненциальная сеть массового обслуживания с зависимым обслуживанием, отрицательными заявками и изменением типа заявок / П. П. Бочаров, Е. В. Гаврилов, А. В. Печинкин, // Автоматика и телемеханика. – 2004 – № 7 – С. 35-59.

5. Бочаров П. П. G-сети: развитие теории мультипликативных сетей / П. П. Бочаров, В. М. Вишневский // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 5. – С. 46-74.

6. Преображенский Ю. П. Формулировка и классификация задач оптимального управления производственными объектами / Ю. П. Преображенский, Р. Ю. Паневин // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6. – № 5. – С. 99-102.

7. Жилина А. А. Разработка методики постановки задачи выбора управленческого решения на основе оптимизационного подхода / А. А. Жилина, В. Н. Кострова, Ю. П. Преображенский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 243-253.

8. Преображенский Ю. П. Оптимизация работы предприятия / Ю. П. Преображенский // Молодежь и XXI век - 2019. материалы IX Международной молодежной научной конференции. – 2019. – С. 371-374.

9. Гостева Н. Н. Информационные системы в управлении производством / Н. Н. Гостева, А. В. Гусев // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2017. – № 1 (20). – С. 58-60.

10. Свиридов В. И. Лингвистическое обеспечение автоматизированных систем управления и взаимодействие пользователя с компьютером / В. И. Свиридов, Е. И. Чопорова, Е. В. Свиридова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7. – № 1 (24). – С. 430-438.

11. Максимов И. Б. Классификация автоматизированных рабочих мест / И. Б. Максимов // Вестник Воронежского института высоких технологий. – 2014. – № 12. – С. 127-129.

## THE ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS OF QUEUING NETWORKS

© 2022 Yu. A. Klimenko, A. P. Preobrazhenskiy

*Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)*

*The paper discusses mathematical models of queuing networks. This approach is useful when considering problems in which a limited resource and there are requests that are associated with its use. The components that are related to the description of queuing systems are demonstrated. The indicators that are related to performance are given.*

*Keywords: simulation, queuing network, method.*