

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
доктор технических наук, профессор



А.Н. Сабирзянов

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Станкевич Елены Петровны «Математическое моделирование сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы диссертации. Одной из основных проблем, решаемых при проектировании, разработке, эксплуатации и развитии дискретных систем с сетевой структурой и стохастическим характером функционирования, является обеспечение эффективного управления ими. Сложность математических моделей, используемых при решении практических задач анализа, синтеза и оптимизации таких систем и управления ими, значительно повышается вследствие необходимости отображения в моделях методов и алгоритмов управления системами. Среди задач управления сетями обслуживания особое место занимают задачи распределения потоками требований в силу существенного значения результатов решения данных задач для обеспечения необходимого качества функционирования сетей обслуживания. Приложение сетей массового обслуживания для моделирования дискретных систем таких, как телекоммуникационные системы, компьютерные системы и сети, вычислительные машины и комплексы, в значительной мере обусловило интенсивное развитие теории сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований.

Поэтому направление исследований, связанное с разработкой математических моделей сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований с различными способами распределения потоков и методов анализа таких сетей, является актуальным и представляется интересным и перспективным как в теоретическом, так и в прикладном отношении. Решению этих задач посвящена диссертационная работа Станкевич Е.П.

Характеристика диссертационной работы по главам. Диссертация Е.П. Станкевич состоит из введения, четырех глав, заключения и списка используемой литературы.

Во *введении* описана актуальность работы, определены цель и задачи исследования.

Первая глава диссертации содержит обзор основных результатов по методам анализа сетей массового обслуживания с непрерывным и дискретным временем и групповыми переходами требований.

Во *второй главе* диссертации предлагаются модель эволюции и методы анализа сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований. Описываются методы анализа замкнутых сетей массового обслуживания с несколькими классами требований, основанные на использовании матриц вероятностей перехода сети и мультипликативной формы стационарного распределения сети. Наиболее важными результатами, изложенными в данной главе, являются теоремы 2.2 и 2.3 о стационарном распределении замкнутой сети массового обслуживания с групповыми переходами требований и несколькими классами требований.

В *третьей главе* рассматриваются методы распределения потоков в сетях массового обслуживания с групповыми переходами требований. Предлагается метод распределения потоков, основанный на изменении маршрутизации групп требований. Целью распределения является распределение требований по узлам сети для обеспечения наилучшего приближения математического ожидания числа требований в узлах к заданному распределению. Решается задача распределения потоков в сетях обслуживания, узлы которых сгруппированы в

непересекающиеся кластеры. При этом требуется, чтобы число требований в определенном кластере существенно не превосходило некоторого фиксированного числа. Также предлагается метод распределения потоков требований между кластерами посредством изменения маршрутизации требований в сетях обслуживания, узлы которых сгруппированы в кластеры. Целью распределения потоков является обеспечение в процессе эволюции сети наибольшей близости к требуемому значению математического ожидания числа требований, пребывающих в каждом кластере. Рассматривается метод распределения потоков, основанный на блокировках переходов сети в такие состояния, в которых число требований в узлах превышает заданные ограничения. Для анализа сетей обслуживания с распределением потоков посредством изменения маршрутизации групп требований, изменения интенсивностей обслуживания в кластерах систем и блокировок переходов большое значение имеют теоремы 3.1, 3.3, 3.4 и 3.6, которые обеспечивают возможность определения стационарных распределений сетей обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков. Предлагается метод распределения потоков посредством динамического управления интенсивностями обслуживания требований в узлах сети обслуживания с групповыми переходами требований. Распределение потоков осуществляется посредством использования в процессе функционирования сетей различных интенсивностей обслуживания в течение интервалов времени определенной длительности.

В *четвертой главе* представлены реализации численных алгоритмов методов нахождения стационарных характеристик сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков, предложенных в третьей главе. Проведено исследование влияния на данные характеристики качества функционирования сетей при вариации основных параметров соответствующих методов распределения потоков в сетях.

В *заключении* сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Научная новизна результатов работы. Диссертация содержит новые научные результаты в области исследования математических моделей замкнутых сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований, в том числе с распределением потоков. Отличие от ранее известных результатов заключается в следующем:

– впервые предложены математические модели замкнутых сетей массового обслуживания с распределением потоков, позволяющие учитывать: эффект групповых переходов требований, изменения маршрутизации групп требований между узлами и кластерами, изменения вероятностей завершения обслуживания требований в зависимости от состояния кластеров, блокировки переходов и изменения интенсивностей обслуживания в узлах сети, что более адекватно описывает реальные системы.

– разработаны оригинальные модификации методов распределения потоков в замкнутых сетях массового обслуживания с одиночными переходами требований для сетей обслуживания с групповыми переходами требований, позволяющие провести анализ вероятностных характеристик моделей сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков.

– разработан комплекс проблемно-ориентированных программ и алгоритмов для численного анализа замкнутых сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков, с помощью которого проведено исследование эффективности методов распределения потоков в рассматриваемых сетях обслуживания.

Достоверность основных научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается математически корректными выводами и доказательствами теорем, представленных в работе, а также экспериментами с применением методов численного анализа.

Практическая значимость результатов работы не вызывает сомнений. Разработанная автором в диссертационном исследовании модификация методов распределения потоков в сетях массового обслуживания с групповыми

ми переходами требований, и методы анализа таких сетей, позволяют производить анализ и расчет характеристик реальных технических систем, адекватными моделями которых являются сети массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков. Разработанный автором комплекс проблемно-ориентированных программ и алгоритмов для анализа сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков может использоваться для выполнения расчётов соответствующих характеристик реальных систем.

Полнота опубликованных научных результатов и апробация. По материалам диссертации опубликовано 13 работ, из них 5 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (в том числе 1 статья в латвийском научном журнале, переводная версия которого индексируется поисковой интернет-платформой Web of Science, 1 статья в российском научном журнале, индексируемом Web of Science, 2 статьи в российском научном журнале, входящем в базу данных ZbMATH), 6 работ опубликовано в материалах Международных и Всероссийских конференций, получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы докладывались на 5 научных конференциях международного уровня и на десятом всероссийском симпозиуме по прикладной и промышленной математике. Все материалы диссертационного исследования достаточно полно отражены в опубликованных работах.

Замечания по диссертационной работе.

1. Не вполне ясно, почему в диссертации исследовалось распределение потоками только в сетях массового обслуживания с одним классом требований.
2. Предложенный в диссертации метод распределения потоками посредством изменения маршрутизации групп требований предполагает наличие централизованной системы управления, что связано со сбором и переработкой весьма большого объема информации о состоянии сети. Следствием этого являются за-

держки формирования управляющих воздействий на сеть обслуживания, что приводит к снижению эффективности управления. Целесообразно было бы в диссертационной работе отметить влияние этого фактора на эффективность распределения потоков и обосновать выбор рассматриваемой в диссертации модели.

3. При распределении потоков в сетях массового обслуживания с групповыми переходами требований посредством изменения интенсивностей обслуживания в кластерах систем не рассматривается способ формирования ограничения на число требований, находящихся в кластере.

4. Целесообразно было бы разделить рассмотрение методов распределения потоков в сетях массового обслуживания с групповыми переходами требований и методов анализа сетей обслуживания этого класса в подразделах 3.2 и 3.4.

Отмеченные замечания носят редакционный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Е.П. Станкевич, в которой решена актуальная научная задача, отличающаяся научной новизной и практической значимостью полученных в работе результатов.

Общее заключение. Представленная на отзыв работа является законченной научно-квалифицированной работой, посвященной актуальной научной задаче исследования математических моделей сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков. Достоверность результатов работы не вызывает сомнений, сами результаты достаточно полно опубликованы и известны специалистам в области обработки и передачи данных. Автореферат правильно и достаточно полно отражает содержание диссертации. По своему содержанию работа полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Таким образом, считаем, что диссертация Елены Петровны Станкевич «Математическое моделирование сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков» соответствует требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентяб-

ря 2013 г. № 842 (в редакции от 01.10.2018) и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а её автор, Елена Петровна Станкевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Отзыв составил заведующий кафедрой интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ), доктор физико-математических наук (05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»), профессор Кирпичников Александр Петрович.

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами ФГБОУ ВО «КНИТУ», протокол № 10 от 07 мая 2019 г.

Доцент кафедры интеллектуальных систем
и управления информационными ресурсами КНИТУ
кандидат технических наук по специальности
05.13.18 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ»

Титовцев Антон Сергеевич

Заведующий кафедрой интеллектуальных систем
и управления информационными ресурсами КНИТУ
доктор физико-математических наук по специальности
05.13.18 – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ», профессор

Кирпичников Александр Петрович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68; +7 (843) 238-56-94; office@kstu.ru; http://www.kstu.ru)

14.05.2019



Подпись: Титовцев АС и Кирпичников АП
удостоверяется.
Начальник ОКИД ФГБОУ ВО «КНИТУ»
А.А. Перельгина
«14» 05 20 19