

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Моисеева Александра Николаевича

«Исследование математических моделей систем и сетей массового обслуживания с высокоинтенсивными непуассоновскими входящими потоками», представленную к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность избранной темы. Решение задач анализа немарковских многомерных моделей массового обслуживания с непуассоновскими входящими потоками и неэкспоненциальным обслуживанием, к сожалению, представлено лишь небольшим числом разрозненных работ, в которых, как правило, рассматриваются отдельные модели узкого класса или специфической конфигурации. Вместе с тем развитие компьютерных, беспроводных, мобильных сетей связи и других многочисленных приложений теории массового обслуживания (ТМО) привело к необходимости создания общего комплекса взаимосогласованных подходов и методов исследования немарковских моделей массового обслуживания, в особенности – сетей обслуживания. Диссертация А.Н. Моисеева посвящена решению этой актуальной научной проблемы.

Новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций. В диссертации впервые получены следующие новые научные результаты.

1. Математические модели высокоинтенсивных непуассоновских случайных потоков событий, таких как рекуррентный, MAP, полумарковский поток, и на их основе – модели систем и сетей обслуживания с входящими высокоинтенсивными потоками. Для моделей высокоинтенсивных непуассоновских потоков событий получены выражения для асимптотических распределений вероятностей числа событий, наступивших в потоке на интервале времени фиксированной длины (с. 53 диссертации).

2. Метод многомерного динамического просеивания, предназначенный для исследования многофазных систем и сетей обслуживания с неограниченным числом приборов в узлах, который в отличие от существующих подходов позволяет выполнять анализ многомерных моделей с непуассоновскими входящими потоками и неэкспоненциальным обслуживанием.

3. Модификация метода выделения первого скачка для многофазных систем и сетей обслуживания с рекуррентным входящим потоком, обобщающая известную для однофазных систем массового обслуживания (СМО) методику исследования на случай многомерных моделей.

4. Модификация метода асимптотического анализа СМО для применения в анализе моделей с высокоинтенсивными входящими потоками, в том числе многомерных моделей обслуживания.

5. Полученные с использованием разработанных методов и модификаций выражения (указанные в резюме соответствующих глав) для стационарных асимптотических распределений вероятностей числа заявок в однофазных СМО, на фазах многофазных СМО и узлах сетей массового обслуживания с неограниченным числом приборов, неэкспоненциальным обслуживанием и различными типами входящих высокоинтенсивных непуассоновских потоков.

6. Методика расчета оптимального конечного числа приборов в узлах сетей обслуживания на основе результатов анализа моделей сетей с неограниченным числом приборов в узлах.

7. Описание области применимости полученных асимптотических результатов, установленной с использованием разработанного комплекса проблемно-ориентированных программ и алгоритмов для численного анализа и имитационного моделирования сетей обслуживания с неограниченным числом приборов.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается математически корректными выводами и доказательствами

теорем, представленными в работе, согласованностью результатов, полученных для разных моделей, как между собой, так и с известными в теории массового обслуживания результатами, а также многочисленными экспериментами с применением имитационного моделирования и численного анализа.

Использование результатов работы.

Выражения для асимптотических распределений вероятностей числа событий, наступивших на интервале времени фиксированной длины в потоках рассматриваемых классов (рекуррентном, МАР и полумарковском), закономерно (в контексте диссертационного исследования) и значимо для ТМО развивают соответствующие асимптотические результаты теории восстановления. Полученные выражения используются при решении задач диссертации и могут применяться за ее пределами, например, в задачах теории запасов.

Метод многомерного динамического просеивания позволяет производить исследование многомерных моделей с неограниченным числом приборов, таких как многофазные системы и сети обслуживания. Данный метод является существенным вкладом в ТМО. В отличие от существующих подходов он позволяет решать задачи анализа многомерных моделей с неограниченным числом приборов в узлах для случаев непуассоновских входящих потоков и неэкспоненциального обслуживания, что до сих пор представлялось невозможным.

Вместе с модифицированным на многомерный случай методом выделения первого скачка и методом асимптотического анализа, модифицированным для применения в условиях высокоинтенсивного входящего потока, метод многомерного динамического просеивания реализует тот комплекс подходов и методов, который позволяет успешно решать новые задачи исследования немарковских систем и сетей обслуживания.

Асимптотические выражения для стационарных распределений вероятностей числа заявок в узлах систем и сетей рассматриваемых классов, полученные в диссертации позволяют корректно решать важные практические

задачи в области проектирования/эксплуатации технических и организационно-технических систем и сетей с многоканальными узлами. В частности, на основе этих асимптотических выражений в диссертации разработана методика расчета оптимального числа приборов в узлах, важность и экономический эффект применения которой очевидны.

Результаты диссертационной работы, в том числе конкретные формулы расчета параметров распределений могут использоваться для анализа функционирования любых реальных систем, адекватными математическими моделями которых являются немарковские системы и сети массового обслуживания с неограниченным числом приборов. Для численного решения задач анализа, расчета и оптимизации таких реальных систем можно использовать разработанный и описанный в диссертации эффективный, удобный для применения полнофункциональный программный комплекс имитационного моделирования и численного анализа, реализующий результаты исследования.

Замечания по работе.

1. Замечания по опискам в тексте можно было бы не приводить, если бы их не было так трудно «выудить». Изложение отличается хорошим языком и практически полным отсутствием описок. Отмечу следующие две.

1.1. На с. 34 (в первой строке) фраза начинается со строчной буквы (формулой $h(t) = \dots$, выступающей в роли подлежащего).

1.2. На с. 36 (последний абзац, вторая фраза) слово «элементы» написано не в соответствующем (не в родительном) падеже.

2. Найти недочеты в приведенных выкладках и расчетах также непросто. Следует отметить, однако, следующие два недочета, допущенные при описании расчетов в параграфе «5.6 Оптимальное число приборов».

2.1. Ранее, в параграфе 4.7, понятие информационной надежности и способ ее расчета были ассоциированы с вектором стационарных вероятностей состояний узлов. Очевидно, в таком смысле понятие информационной надежности употребляется и в таблице 5.22. В то же время в табл. 5.23 со стационарными вероятностями состояний (нежелательных) второго узла

сравниваются «относительные частоты» превышения в нем оптимального числа приборов. Понятие «относительной частоты» ближе всего при чтении текста ассоциируется с долей заявок, застающих узел в интересующем нас состоянии. Однако вероятность, того, что заявка застанет узел в некотором состоянии, не равна стационарной вероятности этого состояния (за исключением случая пуассоновского входящего потока). Подмену одних вероятностей другими здесь следовало бы некоторым образом прокомментировать.

2.2. Не комментируется и возникающий при чтении этого параграфа вопрос о том, что из достаточно малой вероятности превышения оптимального числа приборов в одном (втором) узле еще не следует, что достаточно малую вероятность имеет и нежелательный «выход за допустимые пределы состояния хотя бы одного узла». Очевидно, автору при моделировании все необходимые для таких заключений связи были видны, но читателю их недостает.

Указанные замечания не уменьшают общее положительное впечатление от работы и ее научную значимость.

Общее заключение. Диссертационная работа Моисеева Александра Николаевича «Исследование математических моделей систем и сетей массового обслуживания с высокоинтенсивными непуассоновскими входящими потоками» является законченной научно-исследовательской работой, посвященной решению научной проблемы разработки и развития методов анализа математических моделей систем и сетей массового обслуживания с непуассоновскими входящими потоками и неэкспоненциальным обслуживанием. Совокупность представленных в ней результатов можно квалифицировать как новое комплексное решение актуальной научной проблемы. Основное содержание диссертации достаточно полно отражено в публикациях автора, основные результаты апробированы на международных и Всероссийских научных конференциях. Автореферат правильно и в достаточной мере отражает содержание диссертационной работы.

На основании вышесказанного считаю, что диссертационная работа А.Н. Моисеева удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к

диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, и полностью соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а сам Моисеев Александр Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18.

Официальный оппонент,

доктор технических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), доцент,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»,
кафедра автоматизированных систем обработки
информации и управления, профессор

Задорожный Владимир Николаевич

644050, г. Омск, Пр. Мира, д. 11

+7 (3812) 65-33-89

<http://www.omgtu.ru>

e-mail: info@omgtu.ru

6 апреля 2016 г.

Подпись Задорожного Владимира Николаевича заверяю,
ученый секретарь ученого совета ОмГТУ



Бубнов Алексей Владимирович