

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Моисеевой Светланы Петровны  
“Разработка методов исследования не марковских математических моделей  
систем массового обслуживания с неограниченным числом приборов  
и не пуассоновскими входящими потоками”,  
представленную к защите на соискание учёной степени  
доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 -  
математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

### **Актуальность избранной темы.**

Диссертационная работа Моисеевой С.П. посвящена разработке методов исследования широкого класса систем обслуживания, объединённых общим свойством наличия бесконечного числа линий. В работе показано, что многие практические задачи могут быть исследованы в рамках рассматриваемого класса систем, что показывает **актуальность** исследования.

### **Содержание работы.**

Во **введении** обосновывается актуальность выбранной проблематики, приводится обзор предшествующих исследований по изучаемой проблематике и даётся обзор содержания диссертации.

**Первая глава** диссертации посвящена исследованию марковских систем параллельного обслуживания заявок. Построена математическая модель соответствующей системы. Методом производящих функций изучены вероятностные характеристики модели в случае ординарного и не ординарного входящего потока (§§ 1.1, 1.2). Предложенная модель использована для исследования динамики модельной страховой компании (§ 1.3). В §§ 1.4, 1.5 исследованы аналогичные модели обслуживания заявок с повторным обращением.

Во **второй главе** изучаются системы массового обслуживания со специальными классами входящих потоков. В § 2.1 приводятся вспомогательные сведения о способах задания марковизируемых потоков событий. В §§ 2.2, 2.3 развивается метод моментов для исследования систем  $BMAP|M|\infty$ ,  $SM|M|\infty$ ,  $MAR^{(2)}|M|\infty$  с не пуассоновскими потоками и параллельным обслуживанием. В § 2.4 модель параллельного обслуживания с марковски модулируемым входным потоком используется для исследования динамики *GRID*-системы с адаптируемым выделением ресурсов.

В **третьей главе** для исследования систем с пуассоновским входящим потоком и произвольно распределённым временем обслуживания развивается метод предельной декомпозиции. Сущность метода и его использование на примере модели  $M|GI|\infty$  представлены в §§ 3.1, 3.2. В §§ 3.3 – 3.5 метод предельной декомпозиции используется для исследования потоков обращений в различных модификациях систем с повторными вызовами.

**Глава 4** посвящена применению методов асимптотического анализа для исследования систем обслуживания с не пуассоновскими входящими потоками и показательным распределённым неограниченно возрастающим временем обслуживания. В § 4.1 этот метод используется для анализа модели  $BMAP|M|\infty$ . В § 4.2 метод асимптотического анализа

используется для исследования модели параллельного обслуживания кратных заявок. В § 4.3 этот метод апробирован на модели с повторными вызовами и  $МММР$  входящим потоком. Наконец в § 4.4 обсуждаются проблемы области применимости асимптотического анализа.

В **пятой главе** предложен оригинальный метод просеянного потока. В §§ 5.1, 5/2 излагается сущность этого метода и демонстрируется его эффективность при анализе системы  $ВМАР|G1|∞$  вплоть до асимптотики третьего порядка. В § 5.3 метод просеянного потока используется для анализа системы  $MR^{(2)}|G1_2|∞$  параллельного обслуживания сдвоенных заявок.

Наконец, последняя **шестая глава** посвящена описанию комплекса компьютерных программ имитационного моделирования и численного анализа рассматриваемого класса моделей, использующих полученные автором результаты и их примерам их применения.

В **Заключении** сформулированы основные теоретические и практические результаты исследования.

### **Научная новизна и практическая значимость полученных результатов, выводов и рекомендаций.**

В диссертации получены следующие новые научные результаты.

1. Предложены и исследованы новые математические модели систем параллельного обслуживания кратных заявок неограниченным числом обслуживающих приборов, включая модели с неординарным пуассоновским потоком, с повторным обслуживанием и др. (глава 1).
2. Исследованы системы параллельного обслуживания сдвоенных заявок неограниченным числом приборов и специальными входящими потоками заявок: марковскими модулированными, полумарковскими и др. (глава 2).
3. Разработан оригинальный метод предельной декомпозиции для исследования СМО с пуассоновским входящим потоком и произвольной функцией распределения времени обслуживания заявок, с помощью которого проведено исследование как процесса изменения числа занятых приборов при параллельном обслуживании парных заявок, так и различных (суммарных, повторных) потоков обращений к приборам системы (глава 3).
4. Развита существенная модификация метода асимптотического анализа систем при условии растущего времени обслуживания для исследования процессов изменения числа занятых приборов в рассматриваемых системах. Показано, что для СМО с не пуассоновскими ( $ВМАР$ ,  $МАР$ , полумарковскими) входящими потоками асимптотическое распределение является гауссовским, а для систем параллельного обслуживания парных заявок - двумерным гауссовским, что обобщает известные результаты для аналогичных систем с пуассоновским входящим потоком. Развитие метода асимптотического анализа, приводящее к асимптотике третьего порядка, позволило повысить точность аппроксимации по сравнению с гауссовской в три и более раза (глава 4).

5. Предложен и обоснован оригинальный метод просеянного потока, позволяющий проводить исследование не марковских систем массового обслуживания с неограниченным числом обслуживающих приборов различной конфигурации и не экспоненциальным временем обслуживания. Проведенные с помощью указанного метода исследования обобщают известные ранее результаты (глава 5).
6. Наконец, глава 6 содержит комплекс программ численного анализа и имитационного моделирования рассмотренного класса систем обслуживания, что подчёркивает практическую ценность работы.

Безусловно положительным моментом работы является применение предложенных в диссертации моделей к исследованию реальных прикладных задач: исследованию изменения капитала страховой и торговой компаний (глава 1), исследованию потока задач GRID-системы (глава 2).

#### **Теоретическое и практическое значение работы.**

Разработанные методы позволяют расширить круг решаемых задач, при этом полученные в диссертации результаты обобщают ранее известные, что существенно развивает теорию массового обслуживания и возможности математического моделирования. Предложенный в диссертации метод просеянного потока решает научную проблему анализа не марковских систем обслуживания с не пуассоновскими входящими потоками и открывает перспективы исследования широкого класса математических моделей реальных социально-экономических и технических систем. Предложенные в работе модели позволяют существенно расширить класс адекватных моделей, в виде систем массового обслуживания с неограниченным числом обслуживающих приборов и могут быть применены для анализа характеристик реальных объектов в различных предметных областях.

**Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается строгим математическим аппаратом с использованием методов теории вероятностей, случайных процессов, теории массового обслуживания, дифференциального и интегрального исчисления. Совпадение результатов исследования частных случаев рассматриваемых систем с известными ранее, является косвенным подтверждением достоверности и обоснованности используемых в работе методов.

#### **Использование результатов работы.**

Результаты работы могут быть использованы в различных приложениях теории массового обслуживания для построения, исследования и оптимизации математических моделей реальных систем, в том числе, страховых и торговых компаний, коммерческих и пенсионных фондов, а также для анализа сложных технических систем. Кроме того, полученные результаты могут быть применены для расчета операционных и вероятностных характеристик моделей существующих информационно-телекоммуникационных систем, подсистем глобальных и локальных компьютерных сетей с целью повышения эффективности их функционирования и выработки рекомендаций при проектировании новых систем.

#### **Замечания по работе.**

По диссертации Моисеевой С.П. можно высказать следующие замечания.

1. Вызывает сомнение линейный рост с коэффициентом, не зависящим от страховых выплат, капитала страховой компании (теорема 1.5, стр. 63), что исключает возможность её разорения, которое является ключевым вопросом в моделях страховой математики. Желательно привести вывод вероятности разорения в предложенной модели. Кроме того, здесь не ясно, что представляет собой страховой взнос (случайная величина  $\xi$ ), если уже определены страховые премии и страховое возмещение.
2. Введение к гл.3, где обосновываются достоинства пуассоновского потока, противоречит общему введению, где обосновывается его недостаточность для современных исследований.
3. Метод предельной декомпозиции описан только на содержательном уровне. Последний абзац раздела 3.3.2 не является достаточным обоснованием этого метода. Не ясно в каком смысле “суммарные характеристики совокупности  $N$  однолинейных СМО сходятся к характеристикам исходной модели”.
4. Не понятно предпоследнее равенство в последней формуле на стр. 152.
5. Имеется значительное число замечаний технического характера, часть из которых указана на полях рукописи. Приведу некоторые из них.
  - Введенные на стр. 8 сокращения ТМО, СМО в дальнейшем используются не регулярно, с другой стороны аббревиатура “RQ-система” не объяснена.
  - Почти всюду используется странный (видимо, случайный) порядок ссылок на литературные источники.
  - Хотя система обозначений Кендалла достаточно хорошо известна специалистам по ТМО, тем не менее для других читателей её следовало бы объяснить.
  - Во введении нет нумерации формул, что затрудняет чтение этой части диссертации.
  - Имеются опечатки на стр. 25, 33, 43, 44, 60, 67, 72, 74, 79, 116, 121, 141, 177, 179 и др.

Вместе с тем хочется отметить виртуозное владение автором методов исследования многомерных марковских процессов и использование метода характеристик для решения дифференциальных уравнений в частных производных.

#### **Общее заключение.**

Диссертационная работа Моисеевой Светланы Петровны “Разработка методов исследования не марковских математических моделей систем массового обслуживания с неограниченным числом приборов и не пуассоновскими входящими потоками” является законченной научно-исследовательской работой, посвященной решению научной проблемы анализа моделей массового обслуживания, выходящих за рамки классических, с не пуассоновскими входящими потоками и произвольным временем обслуживания. Совокупность представленных в ней результатов можно квалифицировать как решение актуальной научной проблемы. Основное содержание диссертации достаточно полно отражено в печатных изданиях, основные результаты апробированы на международных и Всероссийских

конференциях. Автореферат правильно и в достаточной мере отражает содержание диссертационной работы. На основании вышесказанного считаю, что диссертационная работа Моиссевой С.П. удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по физико-математическим наукам по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а Моисеева Светлана Петровна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора физико-математических наук по этой специальности.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор,  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
“Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина”,  
профессор кафедры прикладной математики и компьютерного моделирования,  
доктор физико-математических наук, профессор  
Рыков Владимир Васильевич  
119991, г. Москва, Ленинский просп., д. 65, корп. 1 кв. 395  
<http://www.gubkin.ru> Тел: (8(495)433 8948)  
E-mail: [vladimir\\_rykov@mail.ru](mailto:vladimir_rykov@mail.ru)

*В.В. Рыков*

В.В. Рыков  
18 ноября 2014г.

Подпись профессора Рыкова Владимира Васильевича заверяю.  
Начальник отдела кадров РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина



Н.С. Лопатина