

В диссертационный совет  
Д 212.217.03, созданный на базе  
ФГБОУ ВО  
«Самарский государственный  
технический университет»

### ОТЗЫВ

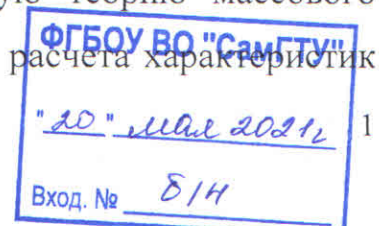
официального оппонента на диссертационную работу Липилиной Людмилы Владимировны «Математические модели и методы анализа немарковских сетей массового обслуживания на основе гиперэкспоненциальных распределений», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

#### **Актуальность темы диссертационного исследования.**

Представленная на отзыв работа посвящена исследованию немарковских сетей массового обслуживания (СеМО), широко востребованных при исследовании процессов функционирования различного рода технических систем, включая телекоммуникационные и компьютерные сети, транспорт, логистику, сферу обслуживания и прочие. Одним из главных подходов к оценке важнейших показателей подобных систем является вероятностное моделирование на основе теории массового обслуживания, подразумевающее представление этих систем в виде СеМО.

Существующие методы анализа данных систем используют в основном модели массового обслуживания, основанные на пуассоновских входных потоках. Однако в современных компьютерных и телекоммуникационных сетях передаваемый трафик зачастую имеет пульсирующий характер. В этом случае вариация интервалов поступления пакетов в сетях может варьироваться в широких пределах, что не позволяет применять допущение о пуассоновском характере входных потоков, а применение известной теории марковских сетей к исследованию функционирования СеМО может приводить к большим погрешностям в десятки и сотни процентов.

В этом случае корректно использовать общую теорию массового обслуживания, т.е. системы типа  $G/G/1$  и  $G/G/m$ , для расчета характеристик



которых аналитические результаты в конечной форме отсутствуют. Поэтому разработка новых моделей массового обслуживания типа G/G/1 для описания потоков и расчета основных его характеристик является актуальной задачей анализа функционирования технических объектов, работающих по принципу СеМО.

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложения. Работа изложена на 135 страницах, иллюстративный материал представлен в виде 42 рисунков и 18 таблиц, библиография включает 139 наименований.

Изложение полностью соответствует решению поставленных задач. Содержание диссертации в достаточной степени отражено в 20 публикациях автора, 7 из которых опубликованы в рецензируемых изданиях перечня ВАК, 1 - в изданиях, индексируемых в Web of science и Scopus, неоднократно докладывалось на научных конференциях и известно научной и технической общественности, а её основные положения обстоятельно изложены в автореферате.

### **Научная новизна.**

Основными результатами автора, обладающими научной новизной, являются следующие.

1. Впервые предложена СМО  $H_2/H_2/1$  с гиперэкспоненциальными входными распределениями в качестве модели узла СеМО, позволяющая в отличие от классической СМО  $M/M/1$  учитывать коэффициенты вариации временных интервалов, большие единицы.

2. Впервые предложена новая СМО с запаздыванием во времени со сдвинутыми экспоненциальными входными распределениями в качестве математической модели узла СеМО, позволяющая в отличие от классической СМО  $M/M/1$  учитывать коэффициенты вариации временных интервалов, меньшие единицы.



3. Предложена система уравнений баланса потоков с использованием нескольких первых моментов распределений временных интервалов потоков для расчета характеристик немарковской СеМО, в которой в качестве узлов выступают предложенные СМО, позволяющая в отличие от марковской сети учитывать широкий диапазон изменения параметров потоков, а также обеспечивающая относительную погрешность не более 5-6%.

4. Разработан программный комплекс, с использованием которого проведены экспериментальные исследования СеМО как модели реальной компьютерной сети, результаты которых отличаются от результатов марковских СеМО.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что использование предложенных моделей массового обслуживания для оценки показателей производительности узлов СеМО позволяет учитывать особенности потоков, когда коэффициенты вариации интервалов между требованиями входящего потока и времени их обслуживания могут быть как меньше, так и больше единицы. Разработанные методы и модели, реализованные в виде программного комплекса, позволяют использовать его в проектных организациях, специализирующихся в сетевых технологиях для оптимизации как структуры, так и показателей производительности телекоммуникационных и компьютерных сетей.

**Обоснованность выносимых на защиту научных положений, выводов и рекомендаций, а также их достоверность** обеспечивается согласованностью результатов вычислительных экспериментов с квадратичной зависимостью среднего времени ожидания от коэффициентов вариации временных интервалов, что соответствует теории СМО G/G/1, а также совпадением результатов экспериментов в частном случае с данными марковских (экспоненциальных) сетей.

Следует отметить, что наряду с отмеченными достоинствами работа не свободна от **недостатков**, к которым можно отнести следующие.

1. В главе 5 представляется интересным привести результаты имитационного моделирования для случая немарковской СеМО.

2. На с. 20-25 диссертации приводится описание известных в теории массового обслуживания вещей. На мой взгляд, подобного рода ликбез является излишним.

3. Малая часть информации приводится в графической форме.

4. В списке сокращений и обозначений не приводятся обозначения характеристик математических моделей СМО, а также некоторые сокращения.

Тем не менее, высказанные замечания носят редакционный характер и не снижают ценности представленной на отзыв диссертации, а проделанная автором работа вызывает уважение. В диссертации теоретическая глубина исследования удачно сочетается с убедительно проведенными численными экспериментами. Конечные результаты выпуклы и значимы. Содержание диссертации изложено последовательно и технически правильно, выводы логичны и обоснованы, основные научные результаты своевременно опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Автореферат правильно и достаточно полно отражает основное содержание и результаты диссертационной работы. По форме как диссертация, так и автореферат, соответствуют требованиям ВАК.

Следует при этом подчеркнуть, что нацеленность диссертационного исследования на построение корректных математических моделей, применение методов вычислительной математики и разработка на этой основе комплекса программ, позволяют уверенно отнести его к специальности 05.13.18.

Диссертационная работа Липилиной Людмилы Владимировны обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью, является самостоятельной и законченной научно-исследовательской работой, в которой решена актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке и исследовании математического и программного



инструментария для анализа функционирования немарковских сетей массового обслуживания. Считаю, что представленная на отзыв работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Липилина Людмила Владимировна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

профессор кафедры интеллектуальных систем и управления информационными ресурсами ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,

доктор технических наук

(специальность 05.13.18),

доцент

Титовцев Антон Сергеевич

14 мая 2021 г.

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»,

420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68,

+7(843) 231 42 16,

office@kstu.ru

http://www.kstu.ru

Подпись

*Титовцева АС*

удостоверяется.

Начальник ОК ИД ФГБОУ ВО «КНИТУ»

О.А. Перелыгина

2021 г.



С отзывом ознакомлена 20.05.2021 г. *Липилина Л.В.*