

УТВЕРЖДАЮ
ректор ФГБОУ ВО
«Иркутский государственный университет»
профессор А.Ф. Шмидт
«15» мая 2019 г.



ОТЗЫВ

Ведущей организацией на диссертационную работу **Жаркова Максима Леонидовича** «*Стохастические методы и алгоритмы в задачах моделирования микрологистических систем*», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

1. Актуальность диссертационной работы для науки и практики

Развитие экономики страны зависит не только от формирования новых внутренних и внешних рынков потребителей и роста рынков производства, но и от эффективности логистики и логистических систем в целом. В зависимости от масштаба выделяют макро-, мезо- и микрологистические системы. Однако работа систем макро- и мезоуровней существенно зависит от производительности микрологистических транспортных систем (микро-ЛТС).

Одним из ключевых способов совершенствования сложных систем, к которым и относятся микро-ЛТС, является математическое моделирование. Его применение позволяет, как правило, глубже изучить объект исследования и использовать полученные знания для повышения эффективности функционирования данного объекта.

Существует множество подходов к моделированию сложных систем. Для микро-ЛТС наиболее подходящим инструментом исследования являются вероятностные модели, в частности, системы массового обслуживания (СМО). Причиной такого выбора является то, что протекающие в микро-ЛТС процессы имеют стохастическую природу и детерминированные модели могут не обеспечить должную адекватность их описания.

Отметим, что известные математические модели не всегда подходят для описания микро-ЛТС, поскольку помимо большого количества элементов и сложной организационной структуры, которая порождает многофазный процесс обслуживания, необходимо учитывать и специфику входящих материальных потоков. Так, в ряде случаев требуется рассматривать поступившую транспортную единицу как группу заявок (пассажиров, товаров и др.), обслуживание которых следует проводить по отдельности. Разработка методов математического моделирования работы микро-ЛТС, которые

позволяют справляться с представленными трудностями, является актуальной задачей.

Данная диссертационная работа посвящена разработке методики математического моделирования работы микро-ЛТС на основе теории массового обслуживания. Ее новизна заключается, в первую очередь, в применении модели Batch Markovian Arrival Process (далее – *BMAP*) для описания входящего материального потока, а также учете многофазной структуры микро-ЛТС с наличием обратных связей между фазами.

Модели в виде многофазных СМО с групповым поступлением заявок, которые получаются при использовании разработанной методики, оказываются достаточно сложными для аналитического исследования. В этой связи, в работе предлагается численный метод оценки параметров таких систем на основе имитационного моделирования. Также приведены результаты аналитического исследования частных случаев многофазных СМО, которые позволяют получить стационарные вероятностные характеристики этих систем.

В диссертации выполнены расчеты для двух действующих транспортно-пересадочных узлов, расположенных в Москве, а также планируемого ТПУ в Екатеринбурге. На основе полученной информации выработаны рекомендации по улучшению технических характеристик рассматриваемых систем.

Таким образом, научное исследование, выполненное М.Л. Жарковым, имеет все основания рассматриваться как соответствующее требованиям актуальности, научной новизны и практической значимости. Полученные результаты являются существенно новыми одновременно для всех трех областей: математического моделирования, численных методов и комплексов программ.

2. Структура диссертации и общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 179 наименований и приложения. Объем работы составляет 191 страниц, включая 34 рисунка и 44 таблицы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы его цель и задачи, раскрыта научная новизна, охарактеризована теоретическая и практическая значимость полученных результатов, описана структура работы.

В первой главе проведен аналитический обзор научных исследований по построению и изучению математических моделей различных транспортно-логистических систем. Показано, что микро-ЛТС подвержены влиянию большого числа случайных факторов, поэтому адекватным инструментом являются вероятностные модели, среди которых выделяются СМО. В этой связи представлены теоретические сведения, необходимые для построения

стохастических моделей, и проведен анализ современного состояния исследований в области теории массового обслуживания, в частности, рассмотрены известные модели входящего потока, из которых для целей исследования наиболее перспективным оказался *BMAP*-поток.

Во второй главе построены модели входящих материальных (грузовых, пассажирских) потоков в различные микро-ЛТС, основанные на модели *BMAP*-потока. Статистические данные для моделирования получены по результатам натурных обследований, выполненных автором лично, либо при его участии. Часть имеющихся данных использовалась для идентификации моделей, остальные – для их верификации путем сравнения с результатами моделирования по Т-критерию Вилкоксона.

В третьей главе предложена методика создания математических стохастических моделей работы микро-ЛТС, имеющих вид многофазных СМО с групповым поступлением заявок. Приведены результаты аналитического исследования некоторых частных случаев и численно-аналитический метод нахождения стационарных вероятностей состояний, возникающих СМО.

В четвертой главе приведены численный метод оценки параметров работы многофазных СМО на основе имитационного моделирования и его программная реализация, представлено описание и выполнена проверка работоспособности программного комплекса. Верификация численного метода проведена путем тестирования программного комплекса на некоторых классических задачах теории массового обслуживания.

В пятой главе на основе обобщенной математической модели работы транспортно-пересадочных узлов строятся стохастические модели работы ТПУ «Владыкино», «Кутузово» в Москве и планируемого ТПУ в Екатеринбурге. С помощью программного комплекса определяются оценки эффективности функционирования, текущего уровня работы и максимально допустимой нагрузки для рассматриваемых систем.

Таким образом, работа М.Л. Жаркова содержит все необходимые элементы диссертационного исследования, включая постановку задачи и описание алгоритма ее решения, представлено программное обеспечение и проиллюстрирована эффективность предложенной методики моделирования работы микро-ЛТС на примере решения прикладных задач.

3. Новые научные результаты

1. Разработана новая методика создания математических моделей работы микро-ЛТС, новизна которой состоит в том, что для описания входящего материального потока используется модель *BMAP*, а также учитывается многофазная структура микро-ЛТС с наличием обратных связей между фазами. В области транспорта подобный модельный аппарат применяется впервые.

2. Предложен оригинальный численный метод оценки параметров работы многофазной СМО с групповым поступлением заявок на основе имитационного моделирования.
3. Созданы имитационная модель работы многофазной СМО с блокировками каналов и «Программный комплекс для моделирования и расчетов параметров систем массового обслуживания», реализующий предложенный численный метод и имитационную модель.
4. С использованием разработанной методики построены стохастические модели работы железнодорожной (грузовой) и городской (пассажирской) микро-ЛТС в виде многофазных СМО с *BMAP*-потоками. С помощью созданного программного комплекса получены оценки параметров работы этих СМО, сделаны новые содержательные выводы о рассмотренных транспортных системах, в частности, определены «узкие места» в структуре микро-ЛТС и выработаны рекомендации по их устранению.

4. Значимость для науки и рекомендации по использованию полученных результатов

Полученные в настоящем исследовании результаты вносят вклад в развитие теории массового обслуживания и могут быть основой дальнейшего изучения более сложных СМО, например, с существенно нестационарными потоками.

Основные научные результаты по теме диссертации использованы при выполнении проектов СО РАН: IV.35.1.1. (№ гос. регистрации 01201351945) и IV.38.1.3. (№ гос. регистрации: AAAA-A17-117032210077-7), а также грантов Российского фонда фундаментальных исследований: № 13-06-00653 и № 16-06-00464 (рук. М.Б. Петров), № 14-07-00222 и № 18-07-00604 (рук. А.А. Лемперт).

Разработанная методика построения математических моделей и созданное программно-алгоритмическое обеспечение могут найти применение при решении практических задач, как в области транспорта, так и в других предметных областях. Созданный программный комплекс может быть использован для определения параметров работы различных по структуре и назначению микро-ЛТС.

Результаты диссертации могут быть использованы в транспортных организациях (ОАО «РЖД», Московский метрополитен и др.), в транспортных вузах (ФГБОУ ВО «ИрГУПС», ФГБОУ ВО «УрГУПС», ФГБОУ ВО «ПГУПС» и др.), а также в научных организациях, занимающихся исследованиями в области теории вероятностей и систем массового обслуживания (ФГБУН ИДСТУ СО РАН, ФГБУН ИСЭМ СО РАН, ФГБОУ ВО «ИГУ», ФГБОУ ВО «МГУ», Белорусский государственный университет и др.).

5. Замечания по диссертационной работе

1. Автор уделяет излишне много внимания анализу прибытия поездов на станцию, однако эти данные используются только в модельной задаче. На наш взгляд, данный раздел можно было бы сократить.

2. Как известно, пассажиропотоки в транспортных системах не бывают стационарными. Их можно считать таковыми только для некоторого фиксированного периода времени, например, в час пик, что автор диссертации и сделал. Однако в работе данный момент явно не указан.

3. В соответствии с Центральной предельной теоремой сумма достаточно большого количества независимых случайных величин имеет распределение, близкое к нормальному. При описании числа пассажиров, которые находятся в прибывающем автомобиле в транспортно-пересадочный узел, может оказаться пригодным нормальное распределение, что позволит снизить сложность модели входящего пассажиропотока. Однако автором данный момент не учитывается и используется геометрическое распределение. На наш взгляд, стоит рассмотреть возможность применения нормального распределения для описания числа пассажиров в прибывающем автомобиле.

4. В диссертации не указано, использовались ли результаты моделирования транспортно-пересадочных узлов «Владыкино» и «Кутузово» на практике, т.е. на Московском центральном кольце.

5. Имеются недочеты в оформлении текста работы, в частности, несколько формул на стр. 28 имеют размер в 12 пунктов, тогда как основной текст – 13 пунктов, на стр. 130 отсутствует знак, обозначающий вероятность отказа, в табл. 4.3 перепутаны местами подписи столбцов, в которых представлены абсолютная пропускная способность и вероятность отказа, орфографические ошибки.

Тем не менее, высказанные замечания не снижают научной ценности диссертации и не влияют на высокую оценку проведенной соискателем работы.

6. Заключение по диссертационной работе

Диссертация М.Л. Жаркова является завершенной научно квалифицированной работой, выполненной на актуальную тему на современном научном уровне.

Автореферат и основные публикации достоверно и полно отражают содержание работы. Оформление работы отличается четким, последовательным и грамотным стилем изложения. Работа содержит необходимый объем информационно-аналитических материалов, расчетных данных, подтверждающих достоверность основных результатов, положений и выводов.

Тематика и содержание работы соответствуют паспорту специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы

про грамм», а именно: п.1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений; п.4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента; п.5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.

Представленная работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, включая постановку задач исследования, методы их решения и практическое использование полученных результатов. Диссертация соответствует требованиям пп. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор, Максим Леонидович Жарков, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы про грамм».

Работа М.Л. Жаркова и отзыв на нее рассмотрены и одобрены на заседании кафедры теории вероятностей и дискретной математики ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», протокол № 11 от 08 мая 2019 года.

Зав. кафедрой теории вероятностей
и дискретной математики,
д.ф.-м.н., профессор

О.В. Кузьмин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет»

Адрес: 664003 г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1

Телефон: +7 (3952) 521-931, +7 (3952) 521-900

e-mail: office@admin.isu.ru



«15» мая 2019 г.