

## ОТЗЫВ

оппонента 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»

**Актуальность диссертационной работы.** Диссертационная работа М.Л. Жаркова «Стохастические методы и алгоритмы в задачах моделирования микрологистических систем» посвящена созданию методик, позволяющих строить и исследовать многофазные стохастические модели с учетом возможности группового поступления заявок, и разработке на этой основе программно-алгоритмического инструментария для решения модельных и прикладных задач.

Микрологистические транспортные системы являются важными элементами многих структур предприятий реального сектора экономики. Они обеспечивают внутрипроизводственную логистику, т.е. подготовку и планирование производства, сбыта, снабжения, транспортно-складские, погрузочно-разгрузочные работы и т.д. Соответственно, от их производительности и эффективности зависит качество функционирования транспортно-логистических систем более высоких уровней (макро- и мезоуровней). Таким образом, оценка параметров, моделирование поведения таких систем и выявление «узких мест» в их структуре являются актуальными задачами, на решение которых и направлено настоящее диссертационное исследование.

Микрологистические транспортные системы включают в себя большое число различных элементов (оборудование, сооружения, транспорт) и взаимосвязей между ними, характеризуются многоуровневым процессом обслуживания материальных потоков (пассажиров, товаров). Благодаря тому, что в их структуре имеются общие (сходные) компоненты, возможно создание обобщенной математической модели работы таких систем. Тем не менее, каждая такая система обладает особенностями: назначение (грузовые, пассажирские), тип обрабатываемого груза, автономные или интегрированные (в производственный комплекс) и т.д. В таком случае одной модели, хоть и обобщенной, недостаточно. Поэтому в работе предлагается методика, позволяющая строить математические модели различных по структуре и назначению микрологистических транспортных систем.

Автором разработаны новые численные методы и алгоритмы для оценки параметров математических моделей, которые строятся с помощью предложенной методики и определяют показатели, характеризующие эффективность работы моделируемых систем. Создан программный комплекс, реализующий эти методы и алгоритмы, а также позволяющий решать большой набор модельных и прикладных задач.

Таким образом, проведенные исследования по разработке методики математического моделирования работы широкого спектра микрологистических транспортных систем и созданный на этой основе алгоритмического и программного обеспечения являются актуальными.

### **Новизна полученных результатов и их научная ценность** заключается в следующем.

Во-первых, автором разработана новая методика создания математических моделей работы микрологистических транспортных систем в виде многофазных систем массового обслуживания с групповым поступлением заявок. Применение многофазных систем массового обслуживания является адекватным способом описания объектов, подверженных влиянию множества случайных факторов (случайный характер поступления транспорта, недетерминированное время обслуживания и др.), к которым и относятся микрологистические транспортные системы. При этом их использование позволяет отразить многоуровневый процесс обслуживания в таких системах.

Во-вторых, предложен оригинальный численный метод оценки параметров работы систем массового обслуживания с использованием дискретно-событийного подхода имитационного моделирования и метода Монте-Карло, позволяющий учитывать многофазную структуру систем массового обслуживания и поступление групп заявок случайного размера.

В-третьих, разработан новый «Программный комплекс для моделирования и расчетов параметров систем массового обслуживания», в рамках которого реализован разработанный автором численный метод. Данный комплекс, насколько можно судить из текста диссертации, позволяет решать широкий спектр модельных и прикладных задач.

В-четвертых, построены стохастические модели работы планируемого транспортно-пересадочного узла (ТПУ) в Екатеринбурге и двух действующих ТПУ в Москве в виде многофазных систем массового обслуживания с

групповыми потоками и найдены оценки параметров работы. На основе полученной информации выработаны рекомендации по улучшению технических характеристик рассматриваемых объектов.

**Теоретическая и практическая значимость.** Теоретическая значимость диссертации определяется тем, что полученные научные результаты, во-первых, развиваются теорию массового обслуживания и могут быть использованы в качестве основы для исследования более сложных систем, во-вторых, позволяют распространить предложенную методику моделирования микрологистических транспортных систем на другие объекты, подвергающиеся воздействию случайных факторов.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в возможности построения и исследования математических моделей работы для широкого спектра реальных социально-экономических и технических объектов с целью определения их параметров функционирования и проблемных мест в их структуре.

**Замечания по диссертации.** В процессе изучения диссертации сформировалось, в целом, положительное впечатление о работе, но возникли некоторые замечания, дополнения и рекомендации, как по сути работы, так и по её оформлению.

1. В п. 2.2 исследуя закон распределения количества вагонов в поезде, которое является дискретной случайной величиной, автор обращается к нормальному закону, т.е. к абсолютно непрерывному распределению. Здесь, очевидно, необходимо обосновать такое допущение, либо, что более правильно в данной ситуации, прибегнуть к биномиальному закону распределения.

2. Столкнувшись с задачей анализа сложного закона распределения, по сути являющимся смесью нескольких законов, автор прибегает к методу построения комбинированного распределения, что не дает информации о структуре случайной величины, здесь более эффективно было бы применение методов декомпозиции распределения.

3. При построении гистограмм (рис. 2.2, 2.4, 2.5, 2.6) в легендах графиков указано «эмпирическая частота», хотя в действительности, судя по значениям на осях ординат, речь идет об эмпирической вероятности.

4. В работе уделено много внимания изучению отклонения движения поездов от графика (п. 2.2.2), однако эти данные используются только в модельной задаче, причем косвенно. Данный раздел можно было бы сократить.

5. В приведенных в пятой главе примерах, иллюстрирующих работу программного комплекса, используются задачи, в которых применяются марковские системы массового обслуживания, хоть и многофазные. Однако модели, предложенные в диссертации, являются немарковскими системами массового обслуживания. Логичнее было бы протестировать комплекс на задачах, в которых рассматриваются немарковские системы.

6. Предложенная в работе методика может быть использована не только в транспортной отрасли, но и в других сферах. Автору предлагается рассмотреть возможность ее применения в области электроэнергетики для моделирования и определения эффективности работы энергетических систем, которые состоят из фотоэлектрических преобразователей, накопителей энергии и потребителей. Такие системы так же могут быть представлены стохастическими моделями, а решение задачи оптимизации их параметров позволит получить значительный экономический эффект.

7. Присутствуют некоторые неизбежные стилевые погрешности при оформлении текста диссертации, носящие несистематический характер и не требующие специального обсуждения.

Приведённые выше замечания не снижают высокого уровня, проведенного соискателем исследования, как и его научной ценности.

**Заключение о соответствии диссертационного исследования установленным критериям.** Диссертационное исследование М.Л. Жаркова является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые результаты и положения, имеющие научную и практическую значимость, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Автором опубликована 21 печатная работа, в том числе 2 статьи в изданиях, индексируемых в Web of Science, и 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, которые в полной мере отражают научные результаты. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Достоверность полученных результатов подтверждается известными, проверяемыми фактами: доказанными теоремами теории вероятности и

линейной алгебры (центральная предельная теорема, теорема Кронекера-Капелли и т.п.), основными положениями теории массового обслуживания и верификацией результатов расчетов на реальных данных с объектов исследования.

Автореферат раскрывает основные положения диссертационной работы и отвечает предъявляемым требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 к структуре и правилам его оформления.

Диссертация М.Л. Жаркова «Стохастические методы и алгоритмы в задачах моделирования микрологистических систем» соответствует пунктам 1, 4 и 5 паспорта специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Результаты исследования являются новыми в следующих областях: математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Максим Леонидович Жарков, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент,  
доктор технических наук профессор  
кафедры электрооборудования  
и физики ФГБУН ВО Иркутский  
государственный  
аграрный  
университет имени А.А. Ежевского

Б.Ф. Кузнецов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»  
664038, Иркутская обл., пос. Молодёжный, 1/1  
Тел.: 8 (395) 223-73-30  
Сайт: <http://irsau.ru>  
e-mail: [rector@igsha.ru](mailto:rector@igsha.ru)

Иванова Б.Ф.

Б. Пальчикова