

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Погребняка Максима Анатольевича

«Моделирование движения транспортных потоков», представленную в диссертационный совет 24.2.340.16 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация посвящена разработке новой математической модели движения транспортного потока, её теоретическому анализу, модификации и практическому применению. На основе предложенной модели создан программный комплекс для моделирования различных дорожных ситуаций. **Тематика работы обладает высокой актуальностью и научной значимостью**, поскольку разработанные методы способны решить важные проблемы транспортной инфраструктуры. В настоящее время эффективное управление транспортными потоками становится критически важным для обеспечения безопасности и устойчивого развития городской среды. Это подчеркивает практическое значение полученных диссертантом результатов.

Полученные результаты обладают **высокой степенью научной новизны**. Ключевым достижением работы является разработка новой математической модели транспортного потока, представленной в виде системы дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом. Для модели предложено несколько модификаций. Более того, на её основе разработан программный комплекс, предназначенный для моделирования различных сценариев дорожного движения.

Мои выводы подчёркиваются высоким уровнем научных публикаций диссертанта, опубликованных в известных и авторитетных научных журналах, четыре из которых включены в Перечень рецензируемых изданий ВАК. Диссертация **прошла апробацию** благодаря выступлениям диссертанта с докладами на ряде крупных международных научных конференций.

Считаю, что **научная новизна, теоретическая и практическая значимость** работы подтверждаются следующими результатами: разработана математическая модель и её расширения, учтены различные стратегии поведения транспортного потока, осуществлена реализация и моделей и методов в виде программного комплекса. Универсальность модели обеспечивает её адаптацию для решения широкого круга задач, включая логистику и управление другими типами потоков, например, движением беспилотных летательных аппаратов в ограниченном воздушном пространстве.

Тема диссертации, сформулированные в ней цель и задачи, пункты новизны, выносимые на защиту положения, полученные результаты, а также текст работы **полностью соответствуют паспорту заявленной научной специальности** 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, четырех приложений и списка литературы. Объем работы составляет 135 страниц. Текст диссертации написан ясным и понятным языком, а все представленные результаты опубликованы в открытой печати. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Во введении представлен обзор ключевых научных источников, сформулированы цели и задачи исследования, обоснована его научная новизна и описаны применяемые методы. Также перечислены основные положения, выносимые на защиту, рассмотрена теоретическая и практическая значимость работы, а также приведен перечень конференций и семинаров, на которых докладывались результаты исследования.

Первая глава диссертационной работы посвящена историческому обзору существующих моделей транспортных потоков, начиная с самых первых и заканчивая современными. Рассмотрены различные классы моделей, включая макроскопические, мезоскопические, вероятностные, клеточные автоматы и микроскопические модели.

Во второй главе предлагается новая микроскопическая модель транспортного потока, основанная на концепции следования за лидером. Описаны ключевые элементы модели, такие как релейная, логистическая функции и функция скачка. Модель формализована в виде системы дифференциальных уравнений с запаздыванием. В этой же главе определены диапазоны значений параметров модели, обоснованные физическими законами. Дополнительно проведен анализ устойчивости равномерного движения.

Третья глава посвящена усовершенствованию модели с учетом сложных дорожных условий. Выделены три ключевых направления модификации, направленных на повышение точности моделирования.

Первая модификация учитывает участки дороги с различными скоростными ограничениями. Дорожное полотно разделяется на зоны с индивидуальными лимитами скорости, что позволяет более точно описывать влияние этих ограничений на динамику транспортного потока.

Вторая модификация включает прогнозирование поведения водителей. В модели учитываются не только ближайшие автомобили, но и транспортные

средства, находящиеся дальше по потоку. Это позволяет более точно описывать адаптацию водителей к изменяющимся условиям движения.

Третья модификация касается взаимодействия транспортных потоков на многополосных дорогах. В модели добавлено описание перестроений, их влияния на соседние автомобили и перераспределения плотности потока. Это дает возможность анализировать такие явления, как обгоны и движение в условиях высокой загрузки дорог.

Четвертая глава посвящена практическому применению разработанной модели для анализа и оптимизации транспортных потоков. Рассмотрен созданный программный комплекс, реализующий предложенную модель, детально описана его структура, функциональные модули и алгоритмы. Представлены методы сбора, обработки и систематизации данных, учитывающие параметры движения автомобилей, светофорное регулирование и пропускную способность различных участков дороги.

Проведен анализ работы программного комплекса в нескольких сценариях: старт и остановка автомобилей, движение через узкие участки, моделирование влияния локальных препятствий, таких как лежащие полицейские, трамвайные пути и другие элементы дорожной инфраструктуры.

Описаны механизмы прогнозирования поведения транспортных средств и их влияние на формирование дорожного потока. Выполнен сравнительный анализ моделей с учетом прогнозирования и без него, что позволило оценить, как дальновидность водителей влияет на движение в различных условиях, включая прохождение перекрестков и участков с переменной скоростью.

Исследовано движение на многополосных дорогах, включая моделирование сценариев с перестроением и без него. Проведен анализ пропускной способности с учетом узких мест и динамики перераспределения транспортных потоков при изменении числа полос. Выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность организации движения.

Приложения содержат документы, подтверждающие регистрацию базы данных и программного комплекса, эмпирические данные по транспортным потокам, а также примеры фрагментов исходного кода программного комплекса.

Полученные в работе **результаты обоснованы** использованием корректных численных методов и вычислительных алгоритмов, а также тщательным анализом и проверкой экспериментальных данных. Это подтверждается широкой апробацией работы, а также соответствием полученных результатов известным данным других авторов.

В целом работа произвела положительное впечатление. Однако имеются следующие замечания:

1. Графики следовало сделать более наглядными: в отдельных случаях линии накладываются друг на друга, что затрудняет восприятие данных. Улучшение визуализации позволило бы сделать представление результатов более удобным и информативным.
2. Модель обладает очевидным потенциалом для улучшения транспортной инфраструктуры, однако в работе не рассматривается, каким образом ее применение может повлиять на оптимизацию дорожного движения.
3. Использование метода Рунге-Кутты четвертого порядка для решения дифференциальных уравнений с запаздыванием может быть избыточным. В данном случае метод Эйлера мог бы дать сопоставимую точность при меньших вычислительных затратах, что упростило бы численное моделирование. В любом случае полезно было бы обсудить обоснованность применения используемого метода интегрирования.

Однако указанные замечания не уменьшают научной и практической значимости исследований, выполненных в диссертации, и не влияют на общее положительное впечатление от работы.

Заключение

Диссертация Погребняка М.А. на тему «Моделирование движения транспортных потоков» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, имеющую значительное значение для решения как фундаментальных, так и прикладных задач физиологии.

Результаты, полученные автором, отличаются научной новизной, а также имеют теоретическую и практическую значимость. Публикации автора полностью отражают основные достижения, представленные в диссертации. Содержание автореферата структурировано и точно отражает ключевые положения работы.

Таким образом, диссертационная работа Погребняка Максима Анатольевича, представленная в совет 24.2.340.16 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук (пункты 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК РФ, утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от

24.09.2013 г.). Автор, Погребняк Максим Анатольевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:



Караваяев Анатолий Сергеевич

профессор, доктор физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Адрес: 410012, г. Саратов, ул. Большая Казачья, 112А, VIII корпус СГУ, аудитория 114

Тел. +78452524689

E-mail: karavaevas@gmail.com

Подпись официального оппонента, Караваяева Анатолия Сергеевича, профессора, доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, заведующего кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» заверяю.

Ученый секретарь
Учёного совета СГУ,
к.п.н.



15.04.2025

Семенова В.Г.