

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Погребняка Максима Анатольевича

«Моделирование движения транспортных потоков»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Математическое моделирование транспортных потоков играет ключевую роль в исследованиях, направленных на управление транспортными системами. Оно способствует оптимизации дорожного движения, повышению его безопасности и эффективности. Диссертация Погребняка М. А. посвящена разработке новой математической модели транспортного потока, её теоретическому обоснованию, модификации и практическому применению.

Работа отличается высокой актуальностью и научной значимостью, поскольку представленные методы позволяют решать важные задачи транспортной инфраструктуры. Эффективное управление транспортными потоками является критически важным фактором для обеспечения безопасности и устойчивого развития городов, что подчёркивает практическую ценность полученных результатов.

Актуальность исследования.

Существует широкий спектр математических моделей транспортных потоков, отличающихся уровнем детализации — от микроскопических (кинетический подход) до макроскопических (гидродинамические модели). В этом диапазоне представлены модели, основанные на различных предположениях о характере взаимодействия участников движения: от далекодействующих потенциалов коллективного влияния, аналогичных моделям плазмы, до локальных парных взаимодействий, напоминающих соударения в больцмановском газе.

Важным фактором, влияющим на динамику транспортных потоков, является изменяющаяся дорожная обстановка, обусловленная внешними условиями: дорожными работами, погодными факторами, состоянием покрытия и другими параметрами.

Подход, выбранный Погребняком М. А., основан на микроскопическом моделировании и направлен на решение следующих задач:

1. Построить новую математическую модель движения транспортного потока в виде системы дифференциальных уравнений с запаздывающим по времени аргументом. Для модели определить диапазоны значений для всех параметров, а также провести анализ устойчивости равномерного режима движения.
2. Для построенной модели разработать ряд модификаций: смоделировать ситуацию, когда на дороге присутствуют различные ограничения скорости; смоделировать учет прогноза динамики движения впереди идущего транспортного средства, а также провести моделирование взаимодействия двух транспортных потоков.
3. На основе предложенной математической модели разработать программный комплекс для моделирования динамики транспортного потока в различных сценариях.
4. Собрать данные наблюдения за реальными транспортными потоками и работой светофоров. На основе собранных данных провести верификацию и анализ разработанной модели.

Новизна исследования и наиболее существенные научные результаты.

Новизна полученных Погребняком М. А. в диссертационном исследовании наиболее существенных научных результатов состоит в следующем.

1. Построена новая математическая модель движения транспортного потока в виде системы дифференциальных уравнений с запаздыванием, которая позволяет с высокой точностью описывать движение транспортных средств, отражая происходящие в реальности процессы. Отличительной особенностью модели является разделение движения автомобиля на две фазы: разгон и торможение, которые связаны между собой через релейную функцию.
2. С помощью численных и численно-аналитических методов определены диапазоны значений всех введенных автором параметров модели.
3. Для модели предложен ряд модификаций, которые позволяют моделировать новые дорожные ситуации, такие как учет различных скоростных режимов, прогнозирование динамики движения впереди идущего транспортного средства, а также моделирование взаимодействия двух транспортных потоков.

4. На основе модели создан программный комплекс, позволяющий моделировать динамику транспортного потока на участках транспортной сети в различных дорожных ситуациях, включая однополосное движение, проезд через произвольное количество светофоров, движение с учетом прогнозирования, движение по участкам с разной разрешенной скоростью, а также многополосное движение с учетом перестроений. Собрана база данных пропускной способности светофоров, используемая для верификации модели, так и программного комплекса.
5. С помощью программного комплекса проведено численное моделирование транспортного потока в различных дорожных сценариях. Результаты моделирования с высокой степенью точности совпадают с данными наблюдений за реальными транспортными потоками.

Значимость научных результатов для науки и практики

В основу исследуемой М. А. Погребняком математической модели положена система дифференциальных уравнений с запаздывающим по времени аргументом. Запаздывание обосновано, в первую очередь, временем реакции водителя. Численное исследование модели проведено с использованием метода Рунге-Кутты четвертого порядка, адаптированного для решения дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом.

Результаты проведенного автором численного моделирования и аналитических расчетов соответствуют закономерностям, наблюдаемым в экспериментальных транспортных потоках, что позволяет использовать её выводы и положений в разработке управляющих дорожных комплексов.

Структура диссертации

Обратимся к содержанию диссертационной работы М. А. Погребняка.

В главе первой диссертационного исследования выполнен достаточно объемлющий обзор публикаций, посвященных моделированию транспортных потоков.

Глава вторая диссертации посвящена формулировке новой математической модели транспортного потока, основанной на микроскопическом подходе и концепции следования за «лидером». Модель имеет вид системы дифференциальных уравнений с запаздывающим по времени аргументом и описывает движение набора, состоящего из N транспортных средств (т.с.). Автором выбрана логистическая функция, которая описывает регулировку скорости транспортного средства относительно т.с., движущегося перед ним. Параметры модели определены на основе физических законов, действующего законодательства Российской Федерации и логических соображений. Все параметры модели выражены в

системе СИ для обеспечения точности в расчетах и согласованности с физическими величинами.

Выполнен анализ устойчивости режима равномерного движения автомобилей в рамках предложенной модели, указаны достаточные условия в доказанной автором теореме 1.

Третья глава посвящена расширению математической модели из главы 2 с учётом возможного маневрирования т.с., их перестроений между полосами и взаимодействия между параллельными потоками.

В главе 4-й автор исследует применимость разработанного им программного комплекса к заданным сценариям дорожных ситуаций.

В приложении А содержится свидетельство о государственной регистрации базы данных «TrafficFlowDatabase», содержащей информацию о пропускной способности светофоров.

В приложении Б приведено свидетельство о государственной регистрации программного комплекса «Программный комплекс для моделирования движения транспортного потока в различных дорожных ситуациях».

В приложении В приведены экспериментальные данные и в Г приведены фрагменты программного кода.

Диссертация М. А. Погребняка состоит из введения, 4 глав, заключения и 4 приложений. Полный объем диссертации составляет 135 страниц, включая 35 рисунков и 15 таблиц. Список литературы содержит 220 наименований. Структура работы соответствует логике исследования и хорошо организована. Автореферат соответствует тексту диссертации, отражает основные положения, достижения и выводы работы.

Степень обоснованности положений и выводов, представленных в диссертации

1. Разработана новая математическая модель транспортного потока на основе системы дифференциальных уравнений с запаздывающим по времени аргументом и на её основе выполнен анализ устойчивости равномерного режима движения.
2. Разработаны и реализованы расширения предложенной модели. Расширения включают учет различных скоростных режимов, прогнозирование динамики идущих впереди транспортных средств,

моделирование взаимодействия двух параллельных однонаправленных транспортных потоков.

3. Создание программного комплекса на основе предложенной математической модели для моделирования транспортных потоков на локальных участках транспортной сети в различных сценариях.
4. Сбор данных о реальных транспортных потоках и работе светофоров для верификации модели и оценки ее применимости в реальных условиях.

Эти основные результаты диссертационной работы М. А. Погребняка представлены научной общественности, широко обсуждались и полностью опубликованы в научных журналах, входящих в установленный перечень ВАК по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа написана на высоком уровне, однако по её содержанию следует отметить следующие замечания.

1. На странице 98 автор утверждает, что «анализ пропускной способности реальных светофоров, основанный на данных наблюдения (приложение А), показал, что количество транспортных средств, проходящих через светофор, распределяется по нормальному закону». Однако случайные величины, подчиняющиеся нормальному закону, принимают значения, распределённые по всей числовой оси. В то же время исследуемые автором транспортные потоки принимают только неотрицательные значения.
2. К странице 107, где «на рисунке 4.18 представлены кривые Гаусса для пропускной способности, рассчитанные на основе реальных данных потоков из приложения В и результатов моделирования», возникают аналогичные вопросы.

Заключение.

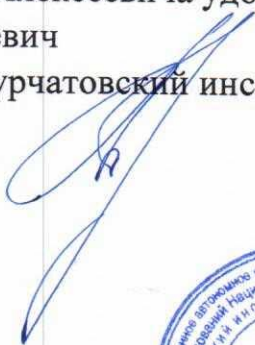
Замечания по диссертации не носят принципиального характера, устраняются уточнением используемой терминологии и соответствующих статистик, не снижают в целом достаточно высокого уровня диссертационного исследования. Представленная диссертация является актуальной, завершённой научно-исследовательской работой по специальности 1.2.2— «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Полученные в диссертации результаты являются достоверными и обладают новизной. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы. Результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК и докладывались на международных и всероссийских конференциях. Диссертационная работа «Моделирование движения транспортных потоков» соответствует

требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Погребняк Максим Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2— «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент: Валерий Алексеевич Галкин
профессор, доктор физико-математических наук по специальности 05.13.18 -
математическое моделирование, численные методы и комплексы программ,
директор Сургутского филиала ФГУ НИЦ "Курчатовский институт"-НИИСИ
Адрес: 628412, Ханты-Мансийский Автономный округ - Югра, г. Сургут, ул.
Энергетиков, д. 4, офис 517.
Тел. +73462940705
E-mail: val-gal@yandex.ru


24.04.2025

Подпись Галкина Валерия Алексеевича удостоверяю
Прилипко Алексей Алексеевич
Ученый секретарь НИЦ "Курчатовский институт" –НИИСИ,
к.ф.м.н.



Подпись руки В.А. Галкина заверяю
Начальник отдела кадров Юлия Полежаева



Подпись руки А.А. Прилипко заверяю
Начальник отдела кадров Юлия Полежаева

