

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.16
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 22 мая 2025 г.
протокол № 5/25

О присуждении Погребняку Максиму Анатольевичу ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование движения транспортных потоков» по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 17 марта 2025 года, протокол №4/25, диссертационным советом 24.2.340.16, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» Министерства науки и высшего образования России, 603022, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, приказ № 2140/нк от 27.11.2023.

Соискатель Погребняк Максим Анатольевич, 1996 года рождения, в 2020 году закончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова» по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика». В период с 01.10.2020 по 30.09.2024 являлся аспирантом в ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова». Форма обучения очная, направление: 01.06.01 - «Математика и механика». Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2024 г. в ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова». В период подготовки диссертации Погребняк Максим Анатольевич учился в аспирантуре в ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова».

Диссертация выполнена на кафедре математического моделирования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Кашенко Илья Сергеевич, основное место работы: ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова».

Официальные оппоненты:

Галкин Валерий Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, директор сургутского филиала Федерального государственного автономного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований национального исследовательского центра Курчатовский институт»

Караваев Анатолий Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского»

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывается следующим:

доктор физико-математических наук, профессор, Галкин Валерий Алексеевич обладает высокой научной квалификацией и значительным опытом в области разработки и анализа математических моделей транспортных потоков. Его научная деятельность охватывает широкий спектр задач, связанных с численными методами и численным анализом, включая исследование динамики транспортных потоков.

доктор физико-математических наук, профессор, Караваев Анатолий Сергеевич является известным специалистом и обладает высокой научной квалификацией и значительным опытом в области разработки математических моделей, включая модели с запаздыванием. Кроме того, он активно занимается разработкой специализированных программных комплексов для верификации и применения моделей.

Ведущая организация – ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А. В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»

– в своем **положительном заключении**, подписанным доктором физико-математических наук, профессором, член-корреспондентом РАН, заведующим отделом нелинейной динамики ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А. В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» Некоркиным Владимиром Исааковичем и утвержденным доктором физико-математических наук, профессором, академиком РАН Денисовым Григорием Геннадьевичем директором ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр

Институт прикладной физики им. А. В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», указано, что диссертация Погребняка Максима Анатольевича на тему «Моделирование движения транспортных потоков» удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы. В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, научная новизна исследований и полученных результатов, теоретическая и практическая значимость работы, степень достоверности результатов. В отзыве подчёркивается, что диссертация Погребняка Максима Анатольевича представляет собой завершённое исследование, вносящее существенный вклад в моделирование движения транспортных потоков путём создания новой математической модели и программного комплекса. Полученные результаты и методы могут быть использованы в качестве основы для интеллектуальных транспортных систем, позволяющих прогнозировать движение потоков, управлять ими в реальном времени, а также решать задачи планирования и модернизации дорожно-транспортной инфраструктуры, повышая её эффективность и надёжность. При рассмотрении диссертационной работы у ведущей организации возник ряд замечаний: 1. Структура диссертации может быть немного доработана. Например, обзор литературы можно дополнить более детализированным анализом, чтобы четче показать связь данной работы с существующими исследованиями. 2. Математическая модель, основанная на системе дифференциальных уравнений с запаздыванием, может оказаться достаточно сложной для практического применения, особенно в случае перестроения. Однако, учитывая сложность описываемого процесса, такой подход может быть оправдан. Возможно, стоит кратко обсудить границы применимости модели. 3. Не рассматривается производительность программного комплекса при моделировании крупных транспортных сетей. Возможно, добавление комментариев о потенциальных путях оптимизации вычислений помогло бы лучше оценить его возможности. Тем не менее, отмеченные мелкие недостатки не снижают общей положительной оценки работы, значимости ее основных результатов в целом.

Выбор ведущей организации обосновывается высокой квалификацией сотрудников ведущей организации в области математического моделирования. Деятельность ведущей организации охватывает разработку и численный анализ моделей с запаздывающими аргументами, а также создание и применение программных комплексов для решения прикладных задач.

Всего по теме диссертации автором **опубликовано 40 работ**, из них 4 работы

- в журналах, рекомендованных ВАК РФ при защите по специальности 1.2.2. Зарегистрирована 1 база данных и 3 программных комплекса. Основные результаты, выносимые на защиту, являются новыми и принадлежат автору.

Наиболее значимые **научные работы** по теме диссертации:

1. Погребняк М. А. Моделирование движения транспортного потока // Математическое моделирование. 2022. Т. 34, № 10. С. 95-109.
2. Погребняк М. А. Оценка параметров в модели транспортного потока // Математическое моделирование. 2024. Т. 36, № 1. С. 131-140.
3. Погребняк М. А. Моделирование движения транспортного потока на участках с различными скоростными режимами // Теоретическая и математическая физика. 2024. Т. 220, № 2. С. 339-349.
4. Pogrebnyak M. Traffic flow model considering the dynamics prediction of the leading vehicle // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2024. Vol. 649. P. 129946.

Зарегистрированные **базы данных**:

1. Свидетельство о гос. регистрации базы данных. «TrafficFlowDatabase»: база данных пропускной способности светофоров № 2024622039; заявл. 26.07.2024; опубл. 14.08.2024, 2024622315 (Рос. Федерация).

Зарегистрированные **программы для ЭВМ**:

1. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Программа для моделирования движения транспортного потока «TrafficFlowSimulation» версия 1.0 № 2023610182; заявл. 09.01.2023; опубл. 19.01.2023, 2023611363 (Рос. Федерация).
2. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Программа для моделирования движения транспортного потока «TrafficFlowSimulation» версия 2.0 № 2024611506; заявл. 24.01.2024; опубл. 02.02.2024, 2024612637 (Рос. Федерация).
3. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ. Программный комплекс для моделирования движения транспортного потока в различных дорожных ситуациях № 2024667948; заявл. 26.07.2024; опубл. 14.08.2024, 2024669058 (Рос. Федерация).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы.

1. Отзыв официального оппонента, доктора физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы

программ), профессора **Галкина Валерия Алексеевича**, директора сургутского филиала Федерального государственного автономного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований национального исследовательского центра Курчатовский институт». Отзыв на диссертацию положительный. В отзыве отмечается, что диссертационная работа М.А. Погребняка «Моделирование движения транспортных потоков» удовлетворяет всем, предъявляемым требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (пп.9-11, 13, 14 постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»), а ее автор, Погребняк Максим Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Отзыв содержит 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.

По мнению оппонента, указанные замечания не являются существенными и не снижают общий высокий научный уровень диссертации.

2. Отзыв официального оппонента, доктора физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессора **Караваева Анатолия Сергеевича**, заведующего кафедрой динамического моделирования и биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского» В отзыве отмечается, диссертационная работа М.А. Погребняка «Моделирование движения транспортных потоков» отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор – Погребняк Максим Анатольевич – заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Отзыв содержит 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.

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

Отзывов на автореферат не поступало.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

построена новая математическая модель транспортного потока в виде системы дифференциальных уравнений с запаздыванием, которая позволяет с высокой степенью точности описывать движение транспортных средств в различных дорожных ситуациях, включая однополосное движение, движение через произвольное количество светофоров, движение с учетом прогнозирования, движение по участкам с разной разрешенной скоростью, а также многополосное движение с учетом перестроений.

предложены численные и численно-аналитические методы оценки диапазонов значений параметров модели.

разработан ряд модификаций модели, которые включают: ситуацию, когда на дороге присутствуют различные ограничения скорости; учет прогноза динамики движения впередиидущего транспортного средства, а также моделирование взаимодействия двух транспортных потоков.

создан программный комплекс для моделирования динамики транспортного потока в различных сценариях. Собрана база данных пропускной способности светофоров, используемая для верификации как модели, так и программного комплекса.

получены результаты численного моделирования движения транспортного потока в различных сценариях. Проведена оценка пропускной способности некоторых участков дорожной сети, включающих светофоры, знаки ограничения скорости, дорожные препятствия и узкие места.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

новая математическая модель и ее расширения представляют интерес как основа для создания новых подходов к моделированию движения автотранспорта. Учет различных стратегий поведения транспортного потока и реализация их в виде программного комплекса представляют интерес для анализа и моделирования реальных транспортных сетей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

новая математическая модель и программный комплекс могут служить основой для интеллектуальных транспортных систем городов и использоваться как для прогнозирования движения потоков, так и для обеспечения возможности управления ими в режиме реального времени. Они также могут использоваться для решения задач при планировании новой и модернизации уже существующей дорожно-транспортной инфраструктуры, повышая эффективность и надежность транспортных систем. Разработанная модель обладает универсальностью и может быть адаптирована для решения задач в различных сценариях, включая логистику и управление другими видами транспортных потоков, например, движением беспилотных летательных аппаратов в ограниченном воздушном пространстве.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

результаты являются новыми, теоретически обоснованными и прошедшими многостороннюю апробацию;

в работе корректно применяются численные методы и вычислительные алгоритмы, а также проводится тщательная проверка наблюдаемых данных. Результаты численного моделирования и аналитических расчётов демонстрируют высокую степень согласованности с закономерностями, наблюдаемыми в реальных транспортных потоках.

Личный вклад соискателя состоит в:

- **построении** новой математической модели движения транспортного потока в виде системы дифференциальных уравнений с запаздывающим по времени аргументом;
- **определении** диапазонов значений для всех параметров, а также анализе устойчивости равномерного режима движения;
- **разработке** ряда модификаций модели: моделировании ситуации с различными ограничениями скорости на дороге; учёте прогноза динамики движения впередиидущего транспортного средства; а также моделировании взаимодействия двух транспортных потоков;
- **разработке** программного комплекса для моделирования динамики

транспортного потока в различных сценариях;

- **сборе** данных наблюдений за реальными транспортными потоками и работой светофоров, на основе которых проведена верификация и анализ разработанной модели.
- а также в подготовке публикаций и участии в международных конференциях с докладами по теме диссертационного исследования.

В ходе защиты диссертации критические замечания высказаны не были. Соискатель Погребняк М. А. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и замечания.

Диссертация Погребняка М. А. является научно-квалификационной работой, в которой разработана новая математическая модель транспортного потока, а также предложены ее расширения и описаны практические применения, имеющие существенное научное и прикладное значение. Она соответствует всем требованиям, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, обозначенным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. (с изменениями на 20.03.2021 г.).

На заседании 22 мая 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Погребняку Максиму Анатольевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 11, против – 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного
совета 24.2.340.16

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.340.16



Золотых Николай Юрьевич

Бирюков Руслан Сергеевич

Дата оформления заключения: 22 мая 2025 года