

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.05,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от «18» декабря 2025 года № 29

О присуждении Магдиной Елизавете Ростиславовне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод оценки бродоходимости колесных транспортно-технологических машин» по специальности 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы принята к защите 07.10.2025 (протокол заседания №26) диссертационным советом 24.2.380.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14.02.2023 года № 231/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 18.12.2023 года № 2368/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 17.12.2024 года № 1209/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25.09.2025 № 910/нк.

Соискатель Магдина Елизавета Ростиславовна, «01» апреля 1997 года рождения.

В 2025 году окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение по образовательной

программе «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины» (очная форма обучения).

С сентября 2020 по настоящее время работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»: с 2020 по 2021 год – на кафедре судебных экспертиз в должности старшего лаборанта, с 2021 по 2023 год – в должности заведующего учебными лабораториями, с 2023 года по настоящее время – в должности ассистента.

Диссертация выполнена на кафедре наземных транспортно-технологических машин в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Добромиров Виктор Николаевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра наземных транспортно-технологических машин, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Макаров Владимир Сергеевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», кафедра «Строительные и дорожные машины», профессор кафедры;

Зайцев Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», кафедра «Тягачи и амфибийные машины», доцент кафедры

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» (г. Санкт-Петербург) в своем положительном отзыве, подписанном Андроновым Александром Вячеславовичем (доктор технических наук, доцент, кафедра лесного машиностроения, сервиса и ремонта, доцент кафедры) и Спиридоновым Сергеем Васильевичем (кандидат технических наук, доцент, кафедра лесного машиностроения, сервиса и ремонта, заведующий кафедрой), указала, что в соответствии с требованиями Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, диссертационная работа Магдиной Елизаветы Ростиславовны «Метод оценки бродоходимости колесных транспортно-технологических машин», представляет собой завершенное самостоятельное исследование. В исследовании решена актуальная научная задача, связанная с развитием методов оценки и повышением эксплуатационных свойств транспортно-технологических машин, в части их проходимости, безопасности и эффективности при работе в условиях затопленных территорий и преодоления водных преград. Работа выполнена на высоком научном уровне с применением современных методов математического и компьютерного моделирования, и оригинальных экспериментов. Диссертация полностью соответствует критериям ВАК по специальности 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, а ее автор, Магдина Елизавета Ростиславовна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Соискатель имеет 11 работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, размещенных на официальном сайте ВАК, опубликовано 5 работ.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Лукашук (Магдина), Е. Р. Условия применения самоходных строительных машин в зонах подтопления рек Арктического региона / Е. Р.

Лукашук, В. Н. Добромиров // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 6. – С. 18-22 (0,3 п.л., авторский вклад – 50%).

2. Магдина, Е. Р. Проблемные вопросы применения дорожно-строительных машин в зонах затопления / Е. Р. Магдина, В. Н. Добромиров // Русский инженер. – 2023. – № 3(80). – С. 40-43 (0,25 п.л., авторский вклад – 50%).

3. Магдина, Е. Р. Оценка влияния гидродинамического давления на движение экскаватора-погрузчика через водную преграду вброд / Е. Р. Магдина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 5(99). – С. 672-690. – DOI 10.26518/2071-7296-2024-21-5-672-690 (1,18 п.л., авторский вклад – 100%).

4. Магдина, Е. Р. Сравнительный анализ методов определения объемного водоизмещения бродоходных транспортно-технологических машин / Е. Р. Магдина // Справочник. Инженерный журнал. – 2025. – № 3(336). – С. 11-19. – DOI 10.14489/hb.2025.03.pp.011-019 (0,56 п.л., авторский вклад – 100%).

5. Магдина, Е. Р. Метод исследования гидродинамических характеристик транспортно-технологических машин в аэродинамической трубе / Е. Р. Магдина, А. О. Кожуховский, В. Н. Добромиров // Грузовик. – 2025. – № 5. – С. 7-12. – DOI 10.36652/1684-1298-2025-5-7-12 (0,375 п.л., авторский вклад – 33%).

Работы, опубликованные в других изданиях:

6. Лукашук (Магдина), Е. Р. Особенности проведения автотехнической экспертизы при опрокидывании дорожно-строительных машин, работающих в зонах затопления / Е. Р. Лукашук (Магдина) // Актуальные проблемы современного строительства : материалы LXXV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 11–14 октября 2022 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 397-406 (0,31 п.л., авторский вклад – 100%).

7. Магдина, Е. Р. Особенности проведения автотехнической экспертизы дорожно-строительных машин, применяемых в зонах затопления / Е. Р. Магдина // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации : сборник материалов XIV международной научно-практической конференции, Москва, 10 мая 2023 года. – Махачкала: АЛЕФ, 2023. – С. 185-190 (0,375 п.л., авторский вклад – 100%).

8. Магдина, Е. Р. Создание и применение программного обеспечения по оценке бродопроеходимости транспортных средств в судебных инженерно-технических экспертизах / Е. Р. Магдина // Актуальные проблемы судебных экспертиз и права в строительстве и на транспорте в условиях информатизации, цифровизации и высокотехнологического развития : материалы межрегиональной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 12 декабря 2022 года. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 152-158 (0,44 п.л., авторский вклад – 100%).

9. Магдина, Е. Р. Определение объемного водоизмещения: обзор методов и сравнительный анализ / Е. Р. Магдина // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : материалы XVI международной конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Кравченко Павла Александровича, Санкт-Петербург, 25–28 сентября 2024 года. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 88-92 (0,156 п.л., авторский вклад – 100%).

10. Магдина, Е. Р. Особенности применения экскаваторов-погрузчиков для выполнения неотложных и восстановительных работ в зонах затопления / Е. Р. Магдина // Глобальные научные тенденции: интеграция и инновации : сборник статей международной научно-практической конференции, Симферополь, 22 октября 2024 года : в 2 частях. – Симферополь : Ариал, 2025. – С. 125-133 (0,28 п.л., авторский вклад – 100%).

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025668100 Российская Федерация. Программа для оценки бродоходимости колесных транспортно-технологических машин : заявл. 24.06.2025 : опубл. 10.07.2025 / В. Н. Добромиров, Е. Р. Магдина, А. О. Кожуховский ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (авторский вклад – 30%).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», г. Москва, главный научный сотрудник Управления по координации научных исследований, доктор технических наук по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, профессор **Терентьев Алексей Вячеславович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В тексте упоминаются «упрощенные 3D-модели». Не ясно, насколько существенно влияние упрощения геометрии (отсутствие мелких деталей, выступающих элементов) на точность расчета гидродинамических коэффициентов?

– В таблицах 3 и 6 относительная погрешность между методами определения объемного водоизмещения достигает 25-39%. Не является ли это слишком большим разбросом для последующих уточненных расчетов?

2. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», заведующий кафедрой автомобилей и сервиса, доктор технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства **Прядкин Владимир Ильич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Не проведен анализ чувствительности метода к изменению полной массы ТТМ и положения ее центра тяжести, которые могут существенно меняться в зависимости от загрузки и положения ковша и отвала.

– Для более полного обоснования практической ценности метода желательно было бы разработать конкретные рекомендации по его внедрению в практику подготовки водителей и операторов аварийно-спасательной техники, а также в нормативные документы МЧС, регламентирующие применение техники в условиях затопления.

– Результаты, полученные для экскаватора-погрузчика JCB 4СХ, не были верифицированы на натурных испытаниях или сравнены с реальными данными эксплуатации. Чем обоснована допустимость такого решения?

3. ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технический университет им. В.Г. Шухова», заведующий кафедрой «Эксплуатация и организация движения транспорта», кандидат технических наук по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, доцент **Загородний Николай Александрович**; доцент кафедры «Эксплуатация и организация движения транспорта», кандидат технических наук по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, доцент **Конев Алексей Александрович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Вызывает вопрос обоснованность выбора именно экскаватора-погрузчика JCB 4СХ в качестве базового объекта для апробации метода, без указания на возможность распространения результатов на машины с иными компоновочными решениями. Насколько репрезентативна его конструкция для всех видов колесных ТТМ?

– В обзоре степени разработанности темы, представленном в автореферате, приведены фамилии исследователей, но отсутствует комментарий в части критического анализа их подходов и прямого вклада в решаемую проблему.

– Математическая модель рассматривает только прямолинейное движение машины. Позволяет ли предлагаемый метод анализировать криволинейное движение и маневрирование, критически важное в реальных условиях?

4. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения, доктор технических наук по специальности 05.26.02 – Безопасность в чрезвычайных ситуациях (транспорт), профессор **Ложкина Ольга Владимировна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Разработанный метод позволяет оценить предельные возможности, но не содержит конкретных инженерных решений по модернизации серийной техники для повышения бродоходимости в интересах МЧС.

– Возникает вопрос о применимости метода для оценки бродоходимости не только колесных экскаваторов-погрузчиков, но и для других типов машин, состоящих на оснащении аварийно-спасательных подразделений (например, колесных тягачей, транспортных средств на базе грузовых автомобилей повышенной проходимости).

5. ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» заведующий кафедрой автомобилей Набережночелнинского института (филиала), доктор технических наук по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, профессор **Калимуллин Руслан Флюорович**; доцент кафедры автомобилей, кандидат технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины, доцент **Мавлеев Ильдус Рифович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В качестве результатов экспериментального исследования представлены погружения модели в резервуар и масштабная модель транспортно-технологической машины. Вызывает сомнение корректность подобного сравнения с действительными транспортными средствами.

– Из автореферата не ясны условия аэродинамического исследования (скорости потока, влияние выбранной конструкции трубы) значения C_x и C_y ,

а также, как соотнести полученные результаты для оценки гидродинамических характеристик транспортного средства.

6. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова», заведующий лабораторией фундаментальных исследований, доктор физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, профессор **Исаев Сергей Александрович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Высокая сходимость результатов CFD-моделирования с данными аэродинамической трубы (расхождения по C_x 5-11%, по C_y до 2.6%) является хорошим результатом. Однако конечным критерием точности являются натурные гидродинамические испытания. Возникает вопрос, почему они не были проведены и планируются ли в будущем натурные эксперименты по замеру сил сопротивления в гидроканале для окончательной валидации всей цепочки моделирования: компьютерное имитационное моделирование - аэродинамическая труба - натурные испытания в водной среде?

– Использование аэродинамической трубы для определения гидродинамических коэффициентов является оправданной. Однако в автореферате не приведено описание методики пересчета сил и моментов, измеренных на модели в воздухе, на натуральный объект в воде. Не ясно, как учитывалось различие плотностей сред и масштабного коэффициента при расчете сил для натуре.

– При моделировании обтекания частично погруженного тела важное значение имеет адекватное воспроизведение деформации свободной поверхности. В автореферате отсутствуют иллюстрации или количественные оценки полученной свободной поверхности (волновой картины) вокруг ТТМ. Не ясно, анализировалось ли волнообразование и его вклад в общее сопротивление, особенно на больших глубинах и скоростях, где волновое сопротивление может стать значительным.

7. Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, заведующий

кафедрой «Транспортные и технологические машины», кандидат технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, доцент **Лесковец Игорь Владимирович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– При определении силы лобового сопротивления (формула 5) не учитываются коэффициенты затенения от выступающих частей рабочего оборудования.

– Из текста автореферата непонятно, как учитывались геометрические и массовые параметры механизмов машины при расчетной оценке объемного водоизмещения.

– Во всех использованных моделях отсутствует учет микропрофиля опорной поверхности.

8. ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, профессор кафедры строительных материалов и технологий строительства, доктор технических наук по специальности 2.5.11 – Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, профессор **Емельянов Рюрик Тимофеевич**.

Отзыв положительный, имеется замечание:

– Имеются замечания стилистического характера.

9. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», профессор Высшей школы транспорта, доктор технических наук по специальности 05.21.01 – Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства, доцент **Добрецов Роман Юрьевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате не рассмотрен вопрос о факторах, влияющих на повышение или понижение бродоходимости, таких как увеличение числа колес, изменение лобового и бокового сечения ТТМ и др., при формулировании комплексного метода оценки предельной бродоходимости.

– Не рассмотрены особенности работы гусеничного шасси при преодолении брода.

– Не уделено внимание вопросу преодоления заиленного брода, в условиях которого изменяются свойства среды, в которую погружается машина.

– Из автореферата не ясно, как корректно учесть свойства опорного основания и возможную разницу сопротивления движению колес, а также локальный наклон опорной поверхности.

– При рассмотрении вопроса поперечной устойчивости следует обратить внимание, что потеря устойчивости может возникать из-за бокового скольжения, не сопровождающегося на начальном этапе опрокидыванием.

– Динамические явления при преодолении брода могут иметь важное значение, решение задачи в статической постановке не исчерпывает проблему.

10. ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», институт машиностроения, энергетики и транспорта, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство», кандидат технических наук по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта **Смирнов Петр Ильич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В экспериментах по определению объемного водоизмещения и коэффициентов сопротивления использованы разные наборы глубин погружения. Не понятно, с чем это связано?

– Целесообразно было бы указать требования к вычислительным ресурсам для проведения компьютерного моделирования взаимодействия машины с водной средой. Это важно для оценки возможностей вычислительной техники пользователей.

– В работе использован оригинальный и перспективный метод аэродинамического моделирования. Однако для оценки полноты и достоверности экспериментального исследования было бы полезно, если автор бы раскрыла критерии подобия, использованные при масштабировании физической модели, и дала более развернутое обоснование применимости этих методов критериев именно для моделирования гидродинамических процессов.

– В качестве перспективы дальнейших исследований автор могла бы обозначить возможность адаптации разработанного метода для оценки подвижности машин с различными типами движителей (например, гусеничными) или для учета более сложных факторов, такие как волновое воздействие или течение воды.

11. ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет», профессор кафедры «Основы проектирования машин и инженерная графика», доктор технических наук по специальностям 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины и 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (Промышленность) **Дьяков Иван Федорович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Автором не приведены такие показатели в числовом виде, имеющие предельные числа трансмиссии экскаватора-погрузчика, со свойством опорного грунта, влияющего на сцепление ведущих колес.

– Вызывает сомнение о возможности использования колесной машины на низких передачах со стандартными грунтозацепами в условиях водного потока.

12. Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и транспортный институт «НАМИ», г. Москва, заместитель директора центра «Специальные транспортные средства», кандидат технических наук по специальности 20.02.14 – Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения **Ломако Сергей Михайлович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате диссертации (табл. 2) применены критерии, которые используют термин «отрицательные реакции на колесах ТТМ». По нашему мнению, предельное значение вертикальных реакций на колесах не может быть отрицательным.

– Для получения более полной оценки бродоходимости ТТМ целесообразно было бы рассмотреть движение в водной среде под

различными углами к направлению водного потока (расчетная схема на рис. 1 и математическое описание в табл. 1).

– В описании CFD-моделирования указано, что сходимость достигалась за 800-1500 итераций, но не приведены количественные критерии, по которым она определялась.

13. НТЦ ПАО «КАМАЗ», г. Набережные Челны, руководитель службы конструкторских и научно-исследовательских расчетов, кандидат технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины, доцент **Карабцев Владимир Сергеевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В работе подробно рассмотрена двухосная машина с колесной формулой 4x4. Возникает вопрос о применимости разработанного метода и моделей для больших большегрузных многоосных транспортных средств, выпускаемых ПАО «КАМАЗ» с другими массогабаритными характеристиками, распределением нагрузок по осям и, как следствие, с другими аэродинамическими параметрами. Были ли проведены предварительные оценки по адаптации метода для подобного класса машин?

– Учитывались ли в расчетных моделях присоединенные массы жидкости?

– Многие ТТМ, такие как экскаватор-погрузчик, работают с активным навесным оборудованием (ковш, отвал). В автореферате упоминается высота транспортного положения отвала, но не раскрывается его влияние на гидродинамику и устойчивость машины при изменении положения в процессе движения или работы. Учитывалась ли эта переменная ситуация в моделях?

– В работе представлена система оценивания результатов расчета, классифицирующая режимы движения. Целесообразно было бы дополнить эту систему формализованным анализом рисков, связывающим каждый критический и допустимый режим с вероятностью и последствиями отказа или аварии, что важно для создания полноценных руководств по эксплуатации.

14. АО «НПО «Обуховский завод», г. Санкт-Петербург, заместитель генерального конструктора, начальник конструкторского комплекса №4, главный конструктор по специальным колесным и гусеничным шасси, кандидат технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели, **Таричко Вадим Игоревич.**

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В изложении теоретической части диссертационного исследования отсутствуют сведения о зависимости проходимости ТТМ при преодолении водных преград при движении по различным донным опорным поверхностям от конструктивных характеристик колесного движителя.

– Было бы крайне полезно дополнить работу анализом и исследованиями по минимально необходимым доработкам узлов и систем серийных ТТМ (например, систем уплотнений, воздухозаборников) для безопасной работы на расчетных, выявленных методом оценки, глубинах брода.

15. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет «СибАДИ», г. Омск, заведующий кафедрой «Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника», кандидат технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, доцент **Летопольский Антон Борисович**; доцент кафедры «Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника», кандидат технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, доцент **Лиошенко Василий Иосифович.**

Отзыв положительный, имеется замечание:

– Не указаны численные значения плотности слабдеформируемого донного основания и коэффициент сцепления шин с поверхностью качения, принятые при создании математической модели движения колесной ТТМ через водную преграду вброд.

16. ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, доцент кафедры «Организация перевозок и дорожного

движения», кандидат технических наук по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта, доцент **Феофилова Анастасия Александровна**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Имеет место некоторая несогласованность применяемых обозначений, представленных по тексту, на рисунке 1 и в таблице 1 (наличие и отсутствие индекса «к» в обозначении ширины колеи B_k , наличие или отсутствие индекса «м» в обозначении веса G ТТМ, отсутствует расшифровка обозначения « $l_{\text{бд}}$ » в формулах (13) и (14) и пр.).

– Судя по автореферату, в диссертации не рассмотрен вариант с нулевыми реакциями N .

– В автореферате не рассмотрены вопросы герметизации узлов и агрегатов при преодолении брода. Это может быть важно, если производителем не предусматривалась работа машины на такой глубине.

17. ФГБОУ ВО «НГАСУ (Сибстрин)», г. Новосибирск, доцент кафедры «Строительные машины, автоматики и электротехники», кандидат технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины», **Речицкий Сергей Васильевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Рисунок 2 и рисунок 4а автореферата представлены в недостаточно хорошем качестве, что затрудняет их понимание.

– В таблице 3 автореферата представлены результаты сравнения значений, полученных графоаналитическим методом и методом компьютерного моделирования, а далее делается вывод, что результаты экспериментального метода показали предпочтительность использования метода компьютерного моделирования. На мой взгляд, в таблице 3 следовало бы представить результаты и экспериментального метода, по аналогии с таблицей 6 автореферата, для обоснованности сделанного вывода.

– В разделе 4 по результатам расчета на примере экскаватора-погрузчика JCB 4CX сделан вывод о том, данная машина способна безопасно работать на глубине в 1,8 раза превышающей паспортную бродоходимость.

Но, следует отметить, что паспортная бродоходимость установлена исходя из работоспособности элементов конструкции, подвергнутых затоплению, как утверждал сам автор при обосновании актуальности темы исследования. Поэтому считаю, что результаты, полученные предлагаемым автором методом, нельзя применять на практике без корректировки, учитывающей работоспособность элементов конструкции, подвергнутых затоплению, так как данный фактор в предлагаемом методе не учитывается.

18. ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», доцент кафедры «Графическое моделирование», кандидат технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, доцент **Махмутов Марат Мансурович**.

Отзыв положительный, имеется замечание:

– В автореферате не указано, исследовалось ли изменение внутришинного давления на форму пятна контакта с поверхностью и, как следствие, проходимость ТТМ на различных грунтах?

19. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Автомобили, тракторы и технический сервис», доктор технических наук, доцент **Хакимов Рамиль Тагирович**, доцент кафедры «Автомобили, тракторы и технический сервис», кандидат технических наук, доцент **Перцев Сергей Николаевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате недостаточно рассмотрены вопросы безопасности и эффективности использования колесных машин в условиях преодоления водных преград, при которых обеспечивается сохранение управляемости и работоспособности машины.

– Насколько универсален метод для различных типов колесных машин.

– Из реферата непонятно, влияет ли давление в шинах и ширина шин на преодоление водных преград.

20. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», заведующий кафедрой транспортно-технологических процессов и машин, доктор технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве, профессор **Сафиуллин Равилл Нуруллович**, доцент кафедры транспортно-технологических процессов и машин, кандидат технических наук по специальности 2.4.7 – Турбомашин и поршневые двигатели (05.04.02 – Тепловые двигатели) **Унгефук Александр Александрович**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– В автореферате автор не представил заявленную математическую модель (стр.12), а только систему оценивания результатов на основе данной модели. Не совсем понятно, использовались ли методы планирования эксперимента и проверка адекватности математической модели?

– Представленные количественные зависимости коэффициентов гидродинамического сопротивления (C_x и C_y) от глубины погружения и скорости течения не учитывают в реферате все факторы, влияющие на устойчивость ТТМ при движении вброд.

– Метод позволяет определить критические параметры (глубина, скорость течения), но не дает явных рекомендаций по формированию оперативных действий оператора при приближении к критическому режиму. Планируется ли развитие метода в сторону создания системы поддержки принятия решений в реальном времени?

21. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины», кандидат технических наук по специальности 05.05.04 – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины **Воронцов Денис Сергеевич**.

Отзыв положительный, имеются замечания:

– Для обеспечения абсолютной терминологической ясности целесообразно при первом упоминании в основном тексте (раздел «Общая

характеристика работы») дать расшифровку ключевой аббревиатуры «ГТМ» (транспортно-технологическая машина), хотя далее её использование является общепринятым.

– В положениях, выносимых на защиту, и в заключении утверждается разработка комплексного метода. Для лучшего понимания его практического применения сторонним специалистом в разделе «Основное содержание работы» можно было бы более явно и последовательно представить общую схему (алгоритм) его использования.

– Эффективность метода убедительно продемонстрирована на примере экскаватора-погрузчика JCB 4СХ. В выводах или заключении было бы полезно четче обозначить границы и пределы применимости метода (например, для каких классов машин, типов водных преград и грунтов он валидирован, а где требуются дальнейшие исследования).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью и значительным авторитетом в образовательной среде и исследуемой предметной области науки, профессионализмом и компетентностью в определении и оценке научной и практической ценности диссертации, спецификой и актуальностью основных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый метод оценки бродоходимости колесных транспортно-технологических машин, основанный на математическом, имитационном и экспериментальном моделировании взаимодействия машины с водной средой и донным основанием, позволяющий прогнозировать предельно допустимые для движения машины глубины и скорости течения преодолеваемых водных преград;

предложены математическая модель прямолинейного движения колесной транспортно-технологической машины вброд, учитывающая совместное воздействие на нее гидродинамических сил, выталкивающей силы и параметров взаимодействия колес с опорной поверхностью, а также

компьютерные имитационные модели для определения гидростатических и гидродинамических характеристик транспортно-технологических машин;

доказаны: актуальность и научно-практическая значимость разработанного метода; возможность повышения достоверности оценки бродоходимости транспортно-технологических машин за счет учета перераспределения нормальных реакций по колесам от воздействия водного потока; эффективность применения комплекса численных и экспериментальных методов для верификации моделей;

введены уточненные методики расчетного определения объемного водоизмещения и коэффициентов гидродинамического сопротивления транспортно-технологических машин, а также критериальная система оценки результатов расчета на основе анализа значений нормальных реакций на колесах, формализующая режимы движения (функциональный, допустимый, критический).

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в развитие теории движения колесных машин в водной среде: установлены количественные зависимости коэффициентов лобового и бокового сопротивления, а также объемного водоизмещения от глубины погружения и скорости течения водной преграды; расширены знания о влиянии гидростатических и гидродинамических сил на устойчивость и управляемость транспортно-технологических машин при движении вброд;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных методов исследования, включая математическое моделирование, компьютерное имитационное моделирование в средах CAD (КОМПАС-3D) и CFD (ANSYS Fluent), а также экспериментальные методы (гидростатические испытания, аэродинамические испытания масштабных моделей);

изложены: метод комплексной оценки бродоходимости, алгоритм метода, блок-схема его применения и система оценки результатов; результаты сравнительного анализа методов определения объемного водоизмещения

(графоаналитический, 3D-моделирования, экспериментальный); результаты расчетов коэффициентов гидродинамического сопротивления и их экспериментальной валидации;

раскрыты имеющиеся противоречия между нормативно заданными (заниженными) уровнями бродоходимости и реальными эксплуатационными возможностями транспортно-технологических машин, а также недостаточная изученность глубоководного форсирования колесными машинами;

изучены взаимосвязи между глубиной и скоростью водного потока, распределением нормальных реакций по осям и колесам транспортно-технологической машины и ее устойчивостью, позволившие выявить параметры критических режимов движения;

проведена модернизация существующих подходов к оценке бродоходимости путем интеграции математической модели, имитационного моделирования гидродинамических процессов и эксперимента на физических моделях, что обеспечило повышение достоверности и практической значимости оценок.

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

разработан комплексный метод оценки бродоходимости колесных транспортно-технологических машин, и используется в работе ГНЦ ФГУП «НАМИ»;

- основные положения работы **внедрены** в образовательный процесс при подготовке обучающихся в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»;

- материалы диссертационной работы могут быть использованы при проектировании новых образцов транспортно-технологических машин с улучшенными бродоходными характеристиками и при разработке рекомендаций по безопасной эксплуатации серийной техники в условиях затоплений;

- результаты диссертационной работы имеют значительный экономический эффект, показанный на примере экскаватора-погрузчика JCB

4СХ: повышение расчетно-допустимой бродоходимости позволяет снизить затраты на преодоление зон затопления более, чем в пять раз по сравнению с альтернативными способами транспортировки;

определено, что потенциальная бродоходимость колесных транспортно-технологических машин может быть существенно выше нормативно заданной – для конкретного образца техники (экскаватор-погрузчик JCB 4СХ) она в 1,8 раза превышает паспортное значение. Это открывает возможность для более эффективного применения серийной техники;

созданы метод оценки бродоходимости колесных транспортно-технологических машин, позволяющий устанавливать объективно достижимые уровни бродоходимости машин различного назначения и обосновывать конструктивные требования к разработчикам техники и их реализации, обосновывать рекомендации по практическому применению серийной техники в условиях проведения аварийно-спасательных работ в зонах затопления при различных глубинах, скоростях течения воды и состояниях донной опорной поверхности, а также программная реализация метода для оценки предельных возможностей колесных транспортно-технологических машин при преодолении водных преград (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025668100);

представлены результаты экспериментального исследования, основанного на методе круговой обдувки модели в аэродинамической трубе. Этот подход позволил получить данные о силовом воздействии потока на машину при различных углах обтекания, что является ключевым для оценки возможности её маневрирования при движении по затопленной местности. Установленные зависимости коэффициентов сопротивления от угла набегающего потока позволят прогнозировать изменение устойчивости и управляемости транспортно-технологических машин при разворотах и движении под углом к течению.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ соответствие результатов теоретических и экспериментальных исследований обеспечено сходимостью данных

численного моделирования гидродинамических процессов и испытаний масштабных физических моделей в аэродинамической трубе, а также сопоставлением методов определения объемного водоизмещения;

теоретические положения работы базируются на законах механики, гидродинамики, теории движения колесных машин и подтверждены корректным применением сертифицированного программного обеспечения (КОМПАС-3D, ANSYS Fluent);

идея базируется на критическом анализе отечественных и зарубежных исследований в области бродоходимости наземной техники; результатах собственного математического и имитационного моделирования; данных экспериментов с моделями;

использовано сравнение авторских расчетных данных коэффициентов сопротивления (C_x , C_y) с экспериментально полученными, показавшее расхождение не более 15%;

установлено качественное и количественное совпадение авторских прогнозов критических режимов движения с результатами, полученными для конкретной модели транспортно-технологической машины.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном проведении системного анализа проблемы и формулировке цели и задач исследования; разработке математической модели движения транспортно-технологической машины вброд; создании и верификации имитационных моделей; планировании и проведении экспериментальных исследований на физических моделях; разработке комплексного метода оценки бродоходимости и алгоритма его реализации; анализе результатов и подготовке научных публикаций.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Недостаточно обоснован физический принцип моделирования полузатопленного объекта (находящегося в двух средах) в условиях аэродинамической трубы, работающей с однородной средой (воздухом).

Неясно, как была обеспечена корректность переноса результатов для системы «вода–воздух» на случай продувки только в воздухе.

2. Остается неясным, сохраняет ли метод свою корректность и эффективность для транспортных средств с иной компоновкой и кинематикой (в частности, с неповоротной передней осью), у которой траектории передних и задних колес не совпадают, что принципиально меняет условия их взаимодействия со средой.

3. Не раскрыты некоторые технические вопросы эксперимента: каким образом предотвращалось всплытие модели при её погружении и как учитывается влияние существенно разной массы моделей, изготовленных из разных материалов (например, свинца и дерева), на точность измерения водоизмещения.

Соискатель Магдина Е.Р. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

1. Подобие обеспечивается режимом автомодельности для тел сложной формы при больших числах Рейнольдса, когда процессы обтекания в воздухе и воде становятся подобными. В эксперименте в аэродинамической трубе было достигнуто число Рейнольдса 10^6 , что соответствует этому режиму и гарантирует корректность переноса результатов на водную среду. Влияние воздушного сопротивления не учитывалось ввиду малой скорости движения натурального образца. Исследовалась только погруженная в воду часть машины, для чего использовалась послойная модель, позволявшая имитировать изменение глубины. Надводная часть и явления на границе раздела сред в данной постановке опытов не изучались, так как основной целью была оценка гидродинамической составляющей сопротивления.

2. Разработанный математический аппарат универсален и применим к транспортным средствам любой компоновки, включая модели с неповоротной осью. Для его адаптации требуется лишь корректировка системы уравнений баланса — а именно, перераспределение нормальных реакций на колёсах в соответствии с новой кинематической схемой. Это не

изменяет основ метода, а лишь уточняет его входные параметры, сохраняя общую физическую и расчётную основу неизменной.

3. Для устранения всплытия модели при проведении испытаний к ней прикладывается дополнительная внешняя сила, обеспечивающая полное погружение. При этом материал модели не влияет на результат, так как объёмное водоизмещение определяется исключительно геометрией погружённой части и не зависит от массы изделия.

На заседании 18.12.2025 диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научно-практической задачи, имеющей значение для повышения эффективности применения транспортно-технологической техники в условиях затоплений путем разработки нового метода оценки бродоходимости колесных транспортно-технологических машин, присудить Магдиной Е. Р. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов технических наук по специальности 2.5.11 – Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 11, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета



Пушкарев Александр Евгеньевич

И. о. ученого секретаря
диссертационного совета

Гордиенко Валерий Евгеньевич

18 декабря 2025 года