

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.414.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТОМСКИЙ 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 15.12.2025 г. протокол № 7

О присуждении Попову Александру Николаевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование и решение контактной задачи с трением как линейной задачи дополненности» по специальности 2.1.9. Строительная механика принята к защите 13 октября 2025 г. (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.2.414.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 634003, г. Томск, пл. Соляная, д. 2, приказ № 714/нк от 02.11.2012 г.; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 20.10.2017 № 1017/нк о внесении частичных изменений в состав совета; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 24.09.2021 № 968/нк о внесении частичных изменений в состав совета; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 12.10.2022 № 1215/нк о внесении частичных изменений в состав совета; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 25.09.2024 № 1215/нк о внесении частичных изменений в состав совета; Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 24.06.2025 № 543/нк о внесении частичных изменений в состав совета.

Соискатель Попов Александр Николаевич, «28» апреля 1993 года рождения,

В 2017 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» с присвоением квалификации «инженер-строитель» по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализация: «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений».

В 2021 году соискатель окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» по направлению подготовки 08.06.01 «Техника и технологии строительства» направленность «Строительные конструкции, здания и сооружения». Дополнительно, в 2024 году соискатель сдал кандидатские экзамены по научной специальности 2.1.9. Строительная механика.

Работает старшим преподавателем высшей школы «Промышленного и гражданского строительства» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в высшей школе «Промышленного и гражданского строительства» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Ловцов Александр Дмитриевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», профессор высшей школы «Промышленного и гражданского строительства».

Официальные оппоненты:

1. Потапов Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры «Строительное производство и теория сооружений»;

2. Бочков Максим Иванович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», доцент кафедры «Строительная механика»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Лалиным Владимиром Владимировичем, доктором технических наук (специальность 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела), профессором, профессором высшей школы «Промышленно-гражданского и дорожного строительства», указала, что диссертация Попова Александра Николаевича «Моделирование и решение контактной задачи с трением как линейной задачи дополненности» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, и соответствует критериям пп. 9-11, 13-14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 4 статьи в журналах, входящих в перечень, рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Все указанные публикации подтверждены библиографическими выходными данными, и сведениями о соавторах. Общий

объем работ – 5.42 п.л., личный вклад – 60%. Общий объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3.39 п.л., личный вклад – 70%.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ по специальности 2.1.9:

1. Попов А.Н., Ловцов А.Д. Frictional contact problem in building constructions analysis. Magazine of Civil Engineering. 2020, №100(8), Article No. 10001, 11 с. URL: <https://engstroy.spbstu.ru/en/article/2020.100.1/>

2. Попов А.Н., Ловцов А.Д. Контакт с трением в линейной задаче дополненности с учётом зазоров. Строительная механика и расчет сооружений. 2021, 297(4), С36 – 43. 7 с. DOI: 10.37538/0039-2383.2021.4.36.43

3. Попов А.Н., Ловцов А.Д. Алгоритм расчёта задачи одностороннего контакта с трением с нарастающим параметром внешней нагрузки. Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2023, №19(5), С. 491-501. DOI: <https://doi.org/10.22363/1815-5235-2023-19-5-491-501>

4. Долгачёв М.В., Попов А.Н. Исследование контактных напряжений в узле опирания стальной балки с учётом величины заглубления в бетонную стену. Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2024, №4(61), С. 96-104. DOI: <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-4/96-104>

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Официальные оппоненты:

Потапов Александр Николаевич, доктор технических наук (2.1.9. Строительная механика), профессор, профессор кафедры «Строительное производство и теория сооружений» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г Челябинск.

Замечания:

1. В выводах по 4 главе говорится о том, что разработанные алгоритмы решения контактных задач на основе ЛЗД устойчивы к ошибкам округления. Однако это заключение основано на результатах анализа модельных задач. А как обстоят дела в более сложных задачах, связанных, напр., с расчётами водопропускной трубы

(п.4.4) и подпорной стенки (п. 4.5)? Об ошибках округления здесь ничего не говорится, они при реализации этих задач по ЛЗД не возникают?

2. Текст, относящийся к рис. 4 (дисс., С. 27), не согласован с данным рисунком. Очевидно под «введённой связью j » в основной системе МП понимается связь $i+1$, т.к. на рис. вместо R_{ij} , показано усилие $R_{i+1, j}$.

3. Обзор источников по контактными задачам следовало бы дополнить ссылкой на автореферат кандидатской диссертации Сачёк П.Д.: «Напряжённо-деформированное состояние на контактных площадках балочных элементов, частично опираемых на упругое основание» (Минск, 2023) на тему, посвящённую решению контактных задач при взаимодействии плитно-балочных систем с упругим основанием.

Бочков Максим Иванович, кандидат технических наук, (специальность 2.1.9. Строительная механика), доцент кафедры «Строительная механика» ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Волгоград.

Замечания:

1. В качестве цели диссертационного исследования обозначена разработка метода решения, позволяющего определить контактные усилия взаимодействия и взаимные перемещения в области контакта деформируемых тел. При этом в результатах, выносимых на защиту, равно как и в тексте диссертации фигурируют только разработанные алгоритмы решения, а не метод.

2. Во введении, в качестве недостатка существующих алгоритмов приведена вероятность заикливания итерационного процесса. При этом из диссертации не ясно, позволяет ли предлагаемый соискателем алгоритм устранить этот недостаток.

3. В главе 3 на странице 43 дана ссылка на блок-схему стандартного алгоритма решения контактной задачи с помощью метода Лемке, при этом на самом рисунке приведена блок-схема самого алгоритма Лемке, что не соответствует заявленной ссылке и словесному описанию алгоритма.

4. В примере 4.5 приведены результаты расчёта подпорной стенки, в качестве эталонного принято решение профессора А.А. Лукашевича. Согласен с основными выводами по примеру, однако, хотел бы услышать уточнение: с чем связан рост невязки решения в крайних сечениях фундамента подпорной стенки (рисунок 57)?

5. Также хотелось бы высказать замечание стилистического содержания: не совсем понятно оформление таблиц расчёта методом Лемке в примерах главы 3. Таблицы имеют скорее технический вид, не лучше было бы в финальном тексте диссертации сократить количество информации в таблицах?

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанным Лалиным Владимиром Владимировичем, доктором технических наук, профессором, профессором высшей школы «Промышленно-гражданского и дорожного строительства», указала, что диссертационная работа Попова А.Н. «Моделирование и решение контактной задачи с трением как линейной задачи дополненности» по специальности 2.1.9. Строительная механика является завершённым, логически стройным исследованием, выполненным на высоком научном уровне и содержащим достоверные, обоснованные результаты, имеющие ценность как для науки, так и для инженерной практики.

Замечания:

1. В работе следовало четко указать, что в общем случае для задач с трением Кулона не доказаны теоремы существования и единственности решения. Поэтому к результатам решения некоторых задач следует относиться с осторожностью. Об этом свидетельствуют, например, отличия в горизонтальных напряжениях, полученных автором в задаче о подпорной стенке, по сравнению с решениями других авторов.
2. В продолжении предыдущего замечания отметим, что в диссертации следовало четко указать классы задач, для которых разработанные алгоритмы и программы дают надежное и достоверное решение.

Краткий обзор отзывов на автореферат:

Соколов Геннадий Павлович, к.т.н. (05.23.17 – Строительная механика), доцент, доцент кафедры Строительные конструкции здания и сооружения ФГБОУ ВО «ДВГУПС», г. Хабаровск.

Замечания:

1. В качестве академического замечания, исходя из теоретических сложностей проблемы, следует отметить, что эвристический характер перехода от нелинейного контактного взаимодействия с трением к линейной постановке ЛЗД требует более явного теоретического обоснования.

2. Учитывая, что метод Лемке, основанный на прямых матричных операциях, имеет вычислительную сложность $O(n^2)$ и плохо масштабируется для огромного числа степеней свободы, следовало бы включить в диссертацию более детальный анализ масштабируемости предложенного алгоритма при росте числа контактных пар.

Колесников Геннадий Николаевич, д.т.н. (05.13.18 (1.2.2) – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), профессор, профессор кафедры технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «ПетрГУ», г. Петрозаводск.

Замечания:

1. В автореферате на с. 4 декларируется, что объект исследования – контакт с трением деформируемых строительных конструкций или их частей. Однако текст на с. 6 и далее предполагает, что исследуется существенно более сложная механическая система, в которой число контактных пар равно $m \geq 1$.

Горячевский Олег Сергеевич, к.т.н. (2.1.9. Строительная механика), заместитель директора Научно-образовательного центра компьютерного моделирования уникальных зданий, сооружений и комплексов им. А.Б. Золотова Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва.

Замечания:

1. Как можно понять из автореферата контактная матрица жесткости полностью заполнена. Это может оказаться препятствием в решении большеразмерных задач?

2. Следовало бы более подробно описать, что соискатель подразумевает под устойчивым решением в зоне контакта.

Семёнов Алексей Александрович, д.т.н. (2.1.9. Строительная механика), доцент, профессор кафедры Технологий информационного и математического моделирования ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», г. Санкт-Петербург.

Замечания:

1. На стр. 10 автореферата (пример 1) не объясняется выбор величин жёсткости и нагрузки для рассматриваемого стержня.
2. В автореферате говорится, что при определённых заданных условиях ANSYS «осциллирует», а метод соискателя – нет. Следует объяснить причину такого поведения решения. Интересно было бы провести дополнительные расчёты с разными настройками решателя и размером сетки.
3. В автореферате имеются технические ошибки в оформлении – например, нумерация пунктов положений продолжает нумерацию задач, а пункты достоверности продолжают нумерацию конференций.

Колесников Александр Георгиевич, к.т.н. (05.23.17 (2.1.9.) Строительная механика), доцент, заведующий кафедрой уникальных зданий и сооружений ФГБОУ ВО «ЮЗГУ», г. Курск.

Замечания:

1. Автором в третьей главе представлены результаты тестирования разработанного метода решения контактных задач, реализованного в программе ContactLCP. Полученные решения сравниваются с аналитическими вычислениями и численными расчётами, выполненными с использованием программного комплекса ANSYS. Было бы интересно увидеть результаты расчёта возведённой или строящейся реальной конструкции по предлагаемой методике.

Цимбельман Никита Яковлевич, д.т.н. (2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология), профессор, и.о. директора департамента Геоинформационных технологий Политехнического института и **Баенхаев Александр Викторович**, к.т.н. (05.23.17 (2.1.9.) Строительная механика), доцент департамента Геоинформационных технологий Политехнического института ФГАОУ ВО «ДВФУ», г. Владивосток.

Замечания:

1. На стр. 7,8 дважды описан способ формирования основной системы метода перемещений для контактной задачи, есть ли в этом необходимость?
2. Результаты расчётов, полученные для водопропускной трубы и подпорной стенки, также следовало бы сравнить с результатами расчётов из верифицированных программных комплексов.

3. Согласно автореферату, в основе разработанного метода расчёта лежит метод перемещений. Следовало бы показать связь классического метода перемещений с разработанным методом перемещений решения контактных задач.

Все отзывы положительные. Критических замечаний, ставящих под сомнение ценность и достоверность полученных результатов, нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в данной отрасли науки ученых, обладающих научными достижениями и глубокими профессиональными знаниями по специальности 2.1.9. Строительная механика, владеющих методами исследования, используемыми автором, способных дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, что подтверждается значительным количеством их публикаций, а также сформулированными замечаниями и изложенными выводами в отзывах на диссертационную работу. Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ), г. Санкт-Петербург., является одним из ведущих университетов по подготовке кадров строительной отрасли, наличие диссертационного совета У.2.1.9.54 по специальности 2.1.9. Строительная механика на базе организации подтверждает наличие высококвалифицированных научных кадров.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная идея эвристической постановки задачи контакта с трением деформируемых тел в виде линейной задачи дополненности, что позволило разработать эффективные шаговые алгоритмы для решения контактных задач, **предложен нетрадиционный подход** непосредственного формирования контактной задачи с трением в виде линейной задачи дополненности в терминах неотрицательных взаимных перемещений и усилий взаимодействия в зоне контакта с использованием метода перемещений строительной механики, включающего выбор основной системы превращением всех односторонних связей

в двусторонние, путём формирования контактных грузового вектора и матрицы жёсткости,

доказана перспективность использования новых идей в практике проектирования систем с односторонними связями, обеспечивающих устойчивость работы алгоритмов в сложных контактных случаях,

введены измененные трактовки классических понятий метода перемещений применительно к контактной задаче с трением, представляющее собой контактную матрицу жёсткости в терминах взаимных нормальных и касательных перемещений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, расширяющие границы применимости линейной задачи дополненности к расчёту контактных задач с трением при непосредственной постановке с использованием метода перемещений строительной механики,

применительно к проблематике диссертации результативно *использован комплекс известных базовых и численных методов расчёта плоской задачи теории упругости и стержневых систем в двумерной постановке,*

изложены факты *преимущества разработанного метода решения контактных задач, показанные на решении тестовых задач,*

раскрыты существенные проявления *влияния допущений, заложенных в итерационные алгоритмы решения контактных задач с трением, на точность, устойчивость и физическую достоверность конечного результата,*

изучены факторы, *влияющие на стабильность и точность решения контактных задач в известных вариационных постановках и итерационных методах их решения,*

проведена модернизация существующего *метода Лемке решения линейной задачи дополненности, обеспечивающая возможность решения контактной задачи с трением.*

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

разработаны и внедрены *методы расчёта контактных задач с трением деформируемых тел; разработанные программные модули применены в работе ООО «Лидер Пласт 27» (г. Хабаровск) и ООО «ДВПИ» (г. Хабаровск); материалы*

диссертации используются в учебном процессе при чтении курса «Нелинейные задачи строительной механики», в ВГБОУ ВО «ТОГУ»,

определены *пределы и перспективы практического использования* предложенной методики расчёта контактных задач с трением в виде линейной задачи дополненности,

создана *система практических рекомендаций* о способе формирования контактной матрицы жёсткости и контрактного грузового вектора, необходимых для реализации расчёта контактных задач в виде линейной задачи дополненности,

представлены *предложения по дальнейшему совершенствованию* и применению разработанных алгоритмов решения контактных задач с трением для практических инженерных расчетов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория *построена на известных* положениях строительной механики, достоверность подтверждается *проверяемыми* результатами численных расчётов, которые согласуются с аналитическими решениями контактных задач,

идея базируется на анализе практики в решении контактных задач, сформулированных в виде линейной задачи дополненности и использовании эффективных шаговых алгоритмов решения этой задачи,

использованы *сравнение авторских данных и данных*, полученных другими учёными в области решения контактных задач с трением,

установлено *количественное совпадение авторских результатов с результатами*, представленными в независимых источниках по данной тематике,

использованы *современные методики сбора и обработки информации* по расчёту контактных задач, практические рекомендации ведущих специалистов строительной индустрии.

Личный вклад соискателя состоит в: непосредственном участии в анализе состояния проблемы, формулировании цели и задач исследования, разработке и программной реализации алгоритмов расчёта поставленной задачи, выявлении особенностей решения контактных задач с трением, подготовке материалов к публикации и апробации результатов работы.

Диссертация написана автором самостоятельно, охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, обладает внутренним единством.

