

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: 24.2.327.07

Соискатель: Короленко Владимир Алексеевич

Тема диссертации: Исследование масштабных эффектов в задачах с концентрацией напряжений на основе моделей градиентной теории упругости

Специальность: 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 05 июня 2024 года, протокол 21, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Короленко В.А. является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Короленко В.А. отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 05 июня 2024 года, протокол 21, диссертационный совет принял решение присудить Короленко В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Тарлаковский Д.В., заместители председателя диссертационного совета Земсков А.В., Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета Сердюк Д.О.

Члены диссертационного совета: Булычев Н. А., Дмитриев В. Г., Медведский А. Л., Меркурьев И. В., Рабинский Л. Н., Солдатенков И. А., Федотенков Г. В.

Председатель

диссертационного совета 24.2.327.07

д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.327.07

к.т.н., доцент

Начальник отдела ДО МАИ
Т.А. Анискина

Сердюк Д.О.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «05» июня 2024 г. № 21

О присуждении Короленко Владимиру Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Исследование масштабных эффектов в задачах с концентрацией напряжений на основе моделей градиентной теории упругости» по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела», принята к защите «28» марта 2024 г., протокол № 20, диссертационным советом 24.2.327.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета 24.2.327.07 – № 1184/нк от «12» октября 2022 г.

Соискатель Короленко Владимир Алексеевич, 16 сентября 1995 года рождения, в 2018 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Ракетные комплексы и космонавтика». В 2022 году Короленко Владимир Алексеевич окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Работает инженером первой категории в Публичном акционерном обществе «Научно-производственное объединение «Алмаз» имени академика А.А. Расплетина» (ПАО НПО «Алмаз»).

Диссертация выполнена на кафедре «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – **Соляев Юрий Олегович**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт прикладной механики Российской академии наук» и, по совместительству, профессор кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» Аэрокосмического института федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Никабадзе Михаил Ушангиевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры механики композитов Механико-математического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ им. М.В.

Ломоносова) и, по совместительству, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института механики МГУ имени М.В. Ломоносова,

Нестеров Сергей Анатольевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела дифференциальных уравнений Южного математического института – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (ЮМИ ВНЦ РАН),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **«Институт проблем машиноведения Российской Академии наук»** (ИПМаш РАН) в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук, руководителем лаборатории математических методов механики материалов ИПМаш РАН **Фрейдиным Александром Борисовичем** и утверждённом доктором технических наук, директором федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем машиноведения Российской Академии наук» (ИПМаш РАН), Полянским Владимиром Анатольевичем указала, что диссертация Короленко Владимира Алексеевича представляет собой законченную квалификационную работу, в которой сформулированы новые решения и новые методы построения аналитических решений в градиентной теории упругости, имеющие важное значение для развития механики деформируемого твёрдого тела. Диссертация соответствует всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а её автор, Короленко Владимир Алексеевич, заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе в журналах, индексируемых в РИНЦ 6, из них 5 в изданиях,

входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования WoS и SCOPUS, 1 научная статья в русскоязычном издании, рекомендованном ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Короленко В., Соляев Ю. О. Оценка уровня концентрации напряжений вблизи микро-размерных отверстий на основе упрощенных моделей градиентной теории упругости //Труды МАИ. – 2021.– №. 121.– С. 4.

2. Solyaev Y., Lurie S., Korolenko V. Three-phase model of particulate composites in second gradient elasticity //European Journal of Mechanics-A/Solids. – 2019. – Т. 78. – С. 103853.

3. Korolenko V. et al. Experimental studies and modelling of fracture toughness of the epoxy samples with eccentric cracks // Journal of Applied Engineering Science – 2020. – Т. 18. – №. 4. – С. 719-723.

4. dell’Isola F. et al. Deformation of an elastic second gradient spherical body under equatorial line density of dead forces //European Journal of Mechanics-A/Solids. – 2023. – С. 105153.

5. Solyaev Y. O., Korolenko V. A. Application of Papkovitch–Neuber General Solution for Crack Problems in Strain Gradient Elasticity //Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2023. – Т. 44. – №. 6. – С. 2469-2479.

6. Korolenko V. A., Babaytsev A. V. Experimental assessments on the strain concentration around small-sized holes in PMMA //Nanoscience and Technology: An International Journal. – 2024. – Т. 15. – №. 1. – С. 55-64.

В этих работах построены аналитические решения в рамках упрощенной градиентной теории упругости для плоских и трехмерных задач с концентраторами напряжений и проведена обработка экспериментальных данных по испытанию образцов из оргстекла с малоразмерными отверстиями. Вклад в публикации, выполненные в соавторстве, состоит в участии в формулировке постановок задач, разработке методов их

исследования и решения, в выполнении численных расчетов и их анализе, а также в проведении эксперимента и обработке экспериментальных данных.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации и официальных оппонентов, отзывы положительные,

от профессора РАН, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Института проблем механики им. Ишлинского РАН, Елены Владимировны Торской, отзыв положительный;

от кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Института проблем механики им. Ишлинского РАН, Ивана Юрьевича Цуканова, отзыв положительный,

от доктора технических наук, директора научно-исследовательского и испытательного комплекса Акционерного общества «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» им. И.И. Торопова», Андрея Юрьевича Ермолаева, отзыв положительный;

от кандидата технических наук, начальника сектора Акционерного общества «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» им. И.И. Торопова», Павла Олеговича Полякова, отзыв положительный;

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем машиноведения Российской Академии наук» имеются следующие вопросы и замечания.

1. Все аналитические решения, полученные в работе, даны только в общем виде в перемещениях. С точки зрения использования в различных

приложениях было бы очень полезно представить их также по возможности в явном виде в деформациях и напряжениях.

2. Расчет упругих полей, вызванных присутствием включения (п. 3.1), было бы полезно дополнить расчетом упругой энергии включения в рамках ГТУ и сравнить полученный результат с известным результатом классической теории упругости для оценки значимости градиентной поправки.

3. Как соотносится значение градиентного коэффициента (масштабного параметра) $l = 0.133$ мм, полученного в работе экспериментально на образцах из оргстекла (гл. 4), с характерными масштабными уровнями структуры этого оргстекла? Как можно объяснить отличие этого значения почти на порядок от значения $l = 1.1$ мм, полученного в работе [72] также для оргстекла?

4. Какие факторы вообще могут влиять на значение масштабного параметра в полимерном материале? Коррелирует ли полученное значение с другими масштабными параметрами, например, характерным масштабом механики разрушения, который может быть получен пересчетом через прочность и коэффициент трещиностойкости материала?

5. В главе 4 приведены результаты численного расчета, проведенного методом конечных элементов, и на рис. 29 показана используемая конечно-элементная модель. Проводилась ли оценка сеточной сходимости этой модели?

Замечания в отзыве официального оппонента Никабадзе М.У.

1. Для задачи Кирша в разделе 2.1 рассматриваются варианты только упрощенных прикладных теорий (теория Айфантиса, моментная теория, дилатационная теория и полностью симметричная теория), но не дается анализ решения в рамках общей пяти-параметрической изотропной теории упругости в формулировке Миндлина.

2. Для задачи о полубесконечной трещине можно рекомендовать рассмотреть не только наиболее сингулярные члены асимптотического решения, но и члены более высокого порядка.

3. Представляется интересным провести явный анализ сходимости ряда в задаче о сфере под действием экваториальной нагрузки в аналитическом виде, с выделением частного решения, соответствующего поведению материала на экваторе сферы, где действует нагрузка.

4. В четвертой главе приведены результаты испытаний по определению масштабного параметра оргстекла. Для каждого диаметра отверстия приведены результаты для одного образца. При определении механических характеристик пластмасс испытывают не менее пяти образцов для каждого требуемого испытания.

5. Диссертационная работа содержит ряд опечаток и ошибок: 1) на с. 17 в формуле (9), на с. 20 в формулах (19)-(21), на с. 21 в формулах (22), (27) и (28), на с. 22 в первой формуле (31) и далее вместо выражения вида $\langle\langle \nabla \times \nabla \times \mathbf{a} \rangle\rangle$ следовало писать $\langle\langle \nabla \times (\nabla \times \mathbf{a}) \rangle\rangle$; 2) на с. 32 в ссылках на определяющие соотношения упрощенных градиентных теорий (11)-(15) пропущена ссылка на (16); 3) на рисунках 21, 22 и 23 не приведена размерность для оси абсцисс; 4) В списке литературы на с. 107 вместо «[8] Mindlin R. D. et ol.» следовало писать «[8] Mindlin R. D.».

Замечания в отзыве официального оппонента Нестерова С.А.

1. Во введении перечислены российские ученые, внесшие существенный вклад в исследование задач градиентной теории упругости, однако практически не сказано о зарубежных ученых, занимающихся рассматриваемой в диссертации тематикой.

2. Автор диссертации не конкретизирует по каждой публикации, какие результаты получены им лично, а какие совместно с соавторами.

3. В диссертации рассматриваются варианты только упрощенных прикладных одно/двухпараметрических градиентных теорий упругости, но

не дается анализа решений в рамках общей градиентной теории Тупина-Миндлина.

4. Представляется интересным сравнить полученное решение градиентной теории упругости для сферы, нагруженной по экватору, с известным решением задачи Фламана для полупространства (в случае бесконечно большого радиуса сферы).

5. Работа содержит также ряд опечаток и ошибок: 1) на с. 32 в ссылках на определяющие соотношения упрощенных градиентных теорий (11)-(15) пропущена ссылка на (16); 2) на рисунках 21, 22 и 23 не приведена размерность для оси абсцисс.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. В автореферате не приведена схема задачи о полубесконечной трещине, поясняющая её постановку и граничные условия.

2. Из автореферата не ясно, оценивалась ли сходимость и устойчивость решения для компонент напряженного состояния в задаче о нагружении сферы равномерной нагрузкой, распределенной вдоль экватора в рамках ГТУ.

3. Является ли масштабный параметр характеристикой материала или зависит от конкретных условий задачи (формы и размеров концентратора, напряженно-деформированного состояния)?

4. Для валидации предлагаемых решений и определения масштабного параметра упрощенной градиентной теории упругости, в частности, используется метод конечных элементов. Проведена ли оценка сеточной сходимости конечно-элементной модели?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит исследования в области градиентных теорий упругости. Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации

имеют значительное количество публикаций, связанных с направлением исследований диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методы идентификации масштабных параметров градиентной теории упругости на основе обработки результатов, полученных с использованием метода корреляции цифровых изображений, в испытаниях образцов, содержащих концентраторы;

предложены новые аналитические построения решений в упрощённой теории Айфантиса, основанные на использовании представления общего решения уравнения равновесия в форме Папковича-Нейбера;

доказана перспективность идей, изложенных в диссертации, применительно к решению краевых задач механики деформируемого твёрдого тела;

Новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны правомерность и обоснованность предложенных методов решения задач с концентрацией напряжений в бесконечных и ограниченных областях в рамках градиентной теории упругости;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс методов, в том числе методы механики деформируемого твёрдого тела, метод представления решения уравнений равновесия градиентной теории упругости в форме Папковича-Нейбера метод корреляции цифровых изображений;

изложены и доказаны утверждения, позволяющие использовать метод представления общего решения уравнений равновесия градиентной теории упругости в форме Папковича-Нейбера;

раскрыто существование проблемы идентификации масштабных параметров градиентной теории упругости;

изучены задачи с концентрацией напряжений в рамках градиентной теории упругости с учётом различных типов нагружения;

проведена модернизация аналитических и численно-аналитических методов и алгоритмов решения для задач с концентрацией напряжений в бесконечных и ограниченных плоских и трехмерных областях в рамках градиентной теории упругости.

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

разработаны методы решения широкого класса задач с концентрацией напряжений в рамках градиентной теории упругости с учётом различных типов нагружения, а также метод идентификации масштабного параметра упрощенной градиентной теории упругости;

определены перспективы практического использования разработанных методов и алгоритмов применительно к решению краевых задач механики деформируемого твёрдого тела;

созданы новые эффективные алгоритмы решения задач с концентраторами напряжений в рамках градиентной теории упругости;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методики идентификации масштабных параметров градиентной теории упругости на основе испытания образцов с концентраторами с использованием метода корреляции цифровых изображений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных уравнениях механики упругих деформируемых тел, методы решения математически строгие и непротиворечивы, реализованные алгоритмы исследованы на сходимость, приведено сравнение полученных автором результатов с известными результатами других авторов;

идея базируется на использовании представления общего решения уравнения равновесия градиентной теории упругости в форме Папковича-Нейбера;

использованы сравнения полученных результатов с результатами других авторов, а также сравнения результатов, полученных с помощью разных методов;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках в частных случаях;

использованы современные методы математического моделирования, информационные и компьютерные методы визуализации полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке математических моделей, методов и алгоритмов решения задач с концентраторами напряжений и с сосредоточенными нагрузками, реализация алгоритмов решения на ЭВМ, отладка их работы. Разработаны новые оригинальные подходы к решению плоских и трехмерных задач с концентраторами напряжений и с сосредоточенными нагрузками для твёрдых деформируемых тел, которые продемонстрированы на примерах решения задачи Кирша, задачи о полубесконечной трещине, задачи о сферическом включении и задачи о шаре, нагруженном по экватору. Проведён широкий параметрический анализ полученных научных результатов, выполнена оценка сходимости разработанных алгоритмов, проведена оценка влияния погрешности в исходных данных на полученные результаты, а также сравнение результатов с известными работами других авторов в частных случаях. Разработан подход к идентификации масштабного параметра упрощенной градиентной теорий упругости. Определены перспективы дальнейшего развития предложенных методов и подходов, выработаны рекомендации по практическому применению полученных результатов.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании «05» июня 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Короленко Владимиру Алексеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи о представлении общего решения уравнений равновесия градиентной теории упругости в форме Папковича-Нейбера, теоретические и практические положения которого имеют значение для развития современной механики деформируемого твердого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов физико-математических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела», 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 24.2.327.07

д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета 24.2.327.07

к.т.н., доцент

Сердюк Д.О.

«05» 06 2024 года

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Анжичина

