

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.075.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
МАШИНОВЕДЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16.05.2019 г., № 5

О присуждении Доманской Татьяне Олеговне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование нелинейных упругих деформаций композитной плоскости с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками для гармонических материалов» по специальности 01.02.04 — «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите 07 февраля 2019 г., протокол № 1, диссертационным советом Д 002.075.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук Министерства образования и науки Российской Федерации, 199178, Россия, Санкт-Петербург, В. О., Большой проспект, д. 61. Совет работает согласно приказу Минобрнауки РФ № 75/нк от 15.02.2013 г.

Соискатель Доманская Татьяна Олеговна, 1991 года рождения, в 2015 году с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет». В настоящий момент Доманская Т.О. обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет». Дата окончания аспирантуры: 31 августа 2019.

Диссертация выполнена на кафедре моделирования электромеханических

и компьютерных систем ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

Научный руководитель — доктор физико-математических наук, профессор Мальков Вениамин Михайлович, профессор кафедры моделирования электромеханических и компьютерных систем ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

Официальные оппоненты:

Иванова Елена Александровна — доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Теоретическая механика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;

Бригаднов Игорь Альбертович — доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры «Информационных систем и вычислительной техники» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Павловским Валерием Алексеевичем, доктором физико-математических наук, профессором, профессором кафедры теплофизических основ судовой энергетики и Кадыровым Сергеем Газимуровичем, кандидатом технических наук, доцентом, профессором кафедры математики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». Отзыв утвержден ректором ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», доктором технических наук, профессором Туричиным Глебом Андреевичем. Отзыв был обсужден и одобрен на заседании кафедры математики ФГБОУ ВО СПбГМТУ (протокол №3 от 16 апреля 2019

года). В отзыве указано, что диссертационная работа по своему содержанию, по полученным результатам и по оформлению удовлетворяет всем требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Доманская Татьяна Олеговна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 — «Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, все — по теме диссертации, 3 из них опубликованы в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) для публикации основных научных результатов диссертации и 5 работ в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science. В опубликованных работах соискателем получены точные аналитические решения нелинейных плоских задач теории упругости для неоднородных (композитных) и однородных тел с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками для моделей гармонических материалов (Джона и полулинейного).

Материалы диссертации докладывались на 16 различных научных конференциях, симпозиумах, в том числе на Международном конгрессе по теоретической и прикладной механике в Монреале, Канада, 2016 г. (XXIV International Congress of Theoretical and Applied Mechanics. ICTAM-2016).

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Мальков В. М., Малькова Ю. В., Доманская Т. О. Анализ напряжений двухкомпонентной плоскости и полуплоскости при действии сосредоточенной силы для двух моделей гармонического материала // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2016. — Вып. 1. — С. 38-52. (Вклад Доманской Т. О. — 70 %). В данной работе получены аналитические решения нелинейных задач (плоская деформация) для двухкомпонентной плоскости и полуплоскости при действии сосредоточенной силы. Рассмотрены две модели материала: полулинейный и

Джона.

2. Доманская Т. О., Мальков В. М., Малькова Ю. В. Математическое моделирование деформации композитной плоскости с межфазной трещиной для гармонического материала Джона // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2017. — Том 13. — Вып. 4. — С. 372-383. (Вклад Доманской Т. О. — 70 %). В работе получено аналитическое решение нелинейной задачи для неоднородной плоскости с межфазной трещиной (разрезом). Плоскость образована соединением двух полуплоскостей, выполненных из разных материалов. Механические свойства полуплоскостей описываются моделью гармонического материала Джона.

3. Доманская Т. О., Мальков В. М., Малькова Ю. В. Математическое моделирование больших деформаций композитной плоскости с межфазной трещиной для полулинейного материала // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2018. — Том 14. — Вып. 2. — С. 89-102. (Вклад Доманской Т. О. — 75 %). В данной работе получены аналитические решения нелинейных задач (плоская деформация и плоское напряженное состояние) для неоднородной плоскости с межфазной трещиной. Плоскость образована соединением двух полуплоскостей, механические свойства которых описываются моделью полулинейного материала.

На автореферат диссертации поступило 6 положительных отзывов. В отзывах указывается, что представленная работа выполнена на хорошем математическом уровне с применением современных методов математического анализа и соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

Отзыв Тырсина Александра Николаевича, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Прикладная математика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Серьезных замечаний нет, отмечены недостатки оформления автореферата и пожелания на будущее:

1. Есть повторяемость в описании типа сингулярности напряжений и перемещений в окрестностях концов трещин, можно было изложить этот материал более компактно.

2. Численным методом решена задача для однородной плоскости с трещиной для полулинейного материала. Желательно в дальнейшем тем же методом решить задачи для композитной плоскости с межфазной трещиной, а также рассмотреть другую модель - гармонический материал Джона.

Отзыв Вельмисова Петра Александровича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой «Высшая математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». Замечания по работе: «В первом пункте перечня результатов диссертационной работы (стр. 3 и стр. 4 автореферата) содержится неточность. Модель гармонического материала Джона применима только для решения задач плоской деформации, но не плоского напряженного состояния. На стр. 10 дважды повторяются значения внешней нагрузки - выше рис. 4 и в подписи к рис. 4, достаточно было указать нагрузку только в подписи к рис. 4. На той же стр. фраза «на графиках (рис. 4) и т.д. ...» содержит орфографические ошибки».

Отзыв Якубовского Юрия Евгеньевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Прикладная механика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет». Имеются следующие замечания:

1. В диссертационной работе Доманской Т.О. рассмотрены две модели нелинейно-упругих материалов, называемых гармоническими — полулинейный и Джона. Однако в работе отсутствуют какие-либо

комментарии о предпочтительности применения той или иной модели для решения конкретных проблем композитных материалов с трещинами.

2. Некоторые обозначения не разъяснены, например функция «омега» в формуле (5). На той же стр. автореферата сказано: «на бесконечности заданы напряжения, свои для каждой полуплоскости». В действительности эти напряжения должны быть зависимы и удовлетворять некоторым условиям.

Отзыв Максимова Василия Васильевича, доктора технических наук, профессора, главного ученого секретаря Акционерного общества «Концерн «Океанприбор» г. Санкт-Петербург. Указаны следующие замечания:

1. В разделе «Практическая значимость работы» (с. 4) автор говорит о развитии лишь математических моделей, но не приводит возможных использований своих исследований в индустриальных приложениях, тем самым сужая область возможных приложений полученных результатов.

2. Автор утверждает, что «... результаты..., полученные аналитическими методами, и результаты численного решения... существенно не отличаются» (с. 14). Здесь уместно было бы поместить детальный анализ сравнения этих методов.

Отзыв Филиппова Сергея Борисовича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры теоретической и прикладной механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет». Замечание: «Не украшает автореферат наличие в нем полностью совпадающих абзацев: три последних абзаца на стр. 7 и три предпоследних абзаца на стр. 9».

Отзыв Господарикова Александра Петровича, доктора технических наук, профессора, заведующий кафедрой высшей математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». Отзыв положительный и замечаний не содержит.

Ответы на замечания в отзывах на автореферат даны в ходе защиты.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются компетентными учеными, имеющими научные публикации в областях науки, затрагиваемых диссертацией, а ведущая организация широко известна своими исследованиями проблем прочности материалов и конструкций в области судостроения и способна определить научную и практическую ценность диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Впервые получены точные аналитические решения нелинейных плоских задач теории упругости для композитных тел с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками для двух моделей гармонических материалов (полулинейного и Джона). Эти аналитические решения позволяют оценить напряженно-деформированное состояние композитных тел при различных внешних нагрузках. Полученные результаты представляют значительный интерес для нелинейной теории упругости и ее практических приложений в механике трещин.

Для указанных задач построены асимптотические разложения номинальных напряжений, истинных напряжений Коши и перемещений в окрестностях особых точек (концов трещин и точек приложения сил), которые позволяют определить вид особенности решений в этих точках. Показано, что решения нелинейных задач о межфазных трещинах содержат осцилляцию напряжений и перемещений в окрестностях концов трещин, как и в аналогичных линейных задачах.

Получены аналитические формулы для раскрытия берегов трещины под действием внешней нагрузки и для коэффициентов интенсивности номинальных напряжений (КИН). Показано, что эти формулы для модели материала (Джона) совпадают с формулами аналогичной линейной задачи, а для модели полулинейного материала имеют отличия в коэффициентах.

С использованием аналитических решений проведен численный анализ

напряжений в задачах о сосредоточенных силах и межфазных трещинах, а также анализ перемещений берегов трещины для разных значений внешних сил.

Разработана программа в пакете FreeFem++ для численного решения методом конечных элементов задачи о трещине для модели полулинейного материала. Выполнены вычислительные эксперименты для однородной пластины с трещиной. В процессе вычислений показана сходимость метода и возможность использования написанной в FreeFem++ программы для решения плоских нелинейных задач. Проведено сравнение результатов, полученных автором аналитическими методами и результатами численного моделирования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что изучены сингулярные проблемы в задачах о межфазных трещинах и сосредоточенных нагрузках на основе уравнений нелинейной теории упругости. В настоящее время для оценки прочности и разрушения материалов и конструкций с трещинами используют критерии, основанные на решениях краевых задач линейной теории упругости. Линейная теория упругости использует предположение, что деформации малы по сравнению с единицей. Так как в рассматриваемых задачах напряжения и деформации в окрестностях концов трещин и точек приложения сосредоточенных сил не ограничены по величине, то целесообразно подобные задачи решать с использованием уравнений нелинейной теории упругости. По результатам проведенных исследований могут быть даны рекомендации для оценки прочности и разрушения композитных материалов и конструкций с трещинами в условиях больших деформаций. Применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы функций комплексной переменной, а также методы математического и компьютерного моделирования, численные методы.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные в диссертации результаты имеют важное значение для развития математических моделей и методов нелинейной теории упругости, и для решения проблем прочности композитных

материалов с трещинами. В литературе мало работ, посвященных решению нелинейных задач теории упругости для композитных материалов с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками. В большинстве известных работ использованы приближенные методы решения. Аналитические решения могут найти применение при тестировании и отладке программ, предназначенных для численного решения нелинейных задач теории упругости композитных материалов, в частности методами конечных элементов.

Результаты диссертации рекомендуется использовать в научных исследованиях Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербургского морского технического университета, ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова.

Достоверность научных результатов и рекомендаций обеспечена строгой математической постановкой нелинейных краевых задач теории упругости и применяемым математическим аппаратом теории комплексных функций; сравнением результатов, полученных автором аналитическими методами, с результатами численного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании математических постановок и проведении всех этапов исследования при построении точных аналитических и численных решений нелинейных задач теории упругости для композитных и однородных материалов с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками для двух моделей материалов (полулинейного и Джона); подготовке публикаций по теме диссертации и апробации результатов исследований на отечественных и зарубежных конференциях и симпозиумах.

Диссертационная работа Доманской Татьяны Олеговны является научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой на основании проведенных автором исследований получены принципиально новые результаты, имеющие существенное теоретическое и прикладное значение в области механики деформируемого твердого тела. По

своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 01.02.04 — «Механика деформируемого твердого тела». Работа полностью соответствует требованиям, установленным "Положением о порядке присуждения ученых степеней", утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании 16 мая 2019 года диссертационный совет принял решение (протокол № 5) присудить Доманской Татьяне Олеговне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 — «Механика деформируемого твердого тела». При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за — 18, против — нет, недействительных бюллетеней — нет.

Председатель

диссертационного совета Д 002.075.01

чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф.



Д.А. Индейцев

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 002.075.01

д.т.н., проф.

В.В. Дубаренко

17.05.2019 г.