

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»
(СПбГМТУ)

Лоцманская ул., 3, Санкт-Петербург, 190121
телефон 714-07-61; факс 713-81-09
e-mail: office@smtu.ru

20 ____ г.

№ _____

"Утверждаю"

Ректор СПбГМТУ по НИР, д.т.н.
профессор Туричин Г.А.

2019 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Доманской Татьяны Олеговны
«Математическое моделирование нелинейных упругих деформаций
композитной плоскости с межфазными трещинами и сосредоточенными
нагрузками для гармонических материалов», представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности
01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Диссертационная работа Доманской Т.О. посвящена математическому
моделированию больших деформаций неоднородной (композитной)
плоскости с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками,
построению аналитических и численных решений модельных нелинейных
плоских задач теории упругости для двух типов гармонических
материалов - полулинейного и Джона.

Преимуществом рассматриваемых моделей материалов в
математическом отношении является возможность применения методов
теории функций комплексного переменного. С помощью этих методов
Доманской Т.О. удалось найти точные аналитические решения ряда задач
для композитной плоскости с межфазными трещинами и
сосредоточенными силами, а также некоторых других.

Диссертация Доманской Т.О. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 126 стр.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определены цели и задачи, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Там же сделан обзор работ, посвященных нелинейным задачам теории упругости для неоднородных (композитных) тел с трещинами и сосредоточенными силами. Отмечается, что в большинстве из них использованы приближенные методы решения, точные аналитические решения практически отсутствуют.

В первой главе представлены общие соотношения нелинейной теории упругости плоской задачи (плоская деформация и плоское напряженное состояние), которые используются в диссертации.

Во второй главе получены точные аналитические решения ряда задач для неоднородных и однородных тел с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками для материала Джона. В задаче о действии сосредоточенной силы на межфазной линии неоднородной плоскости получены точные формулы для напряжений и перемещений. Построены асимптотики этих величин в окрестности точки приложения силы. Как частный случай, из задачи о сосредоточенной силе в неоднородной плоскости, вытекает решение задачи о действии сосредоточенной силы на границе полуплоскости. Получено точное решение задачи о межфазной трещине в неоднородной плоскости. Подробно исследован случай свободной трещины при заданных напряжениях на бесконечности. Построены асимптотики напряжений у концов трещины. Найдены коэффициенты интенсивности номинальных напряжений (КИН) и формулы, описывающие раскрытие берегов трещины.

Третья глава посвящена решению плоских задач нелинейной теории упругости для модели полулинейного материала. Эти задачи по постановке и методам решения аналогичны задачам второй главы. В дополнение к аналитическим решениям в третьей главе численно решена задача о трещине в однородной плоскости с помощью разработанной автором программы с использованием пакета FreeFem++ и проведены вычислительные эксперименты. Пакет, по-видимому, впервые применен к задачам о трещинах для модели полулинейного материала. Устойчивость и сходимость алгоритма МКЭ подтверждена проведенными вычислительными экспериментами.

В четвертой главе выполнено сравнение результатов аналитических решений нелинейных плоских задач для двух моделей упругого материала (полулинейного и Джона), полученных в предыдущих главах, сделано также сравнение с решениями аналогичных линейных задач. Проведено сопоставление результатов расчетов, полученных аналитическими методами, с результатами численного моделирования в пакете FreeFem++ и

результатами численного моделирования других авторов.

Актуальность представленной работы несомненна. Для оценки прочности и разрушения материалов с трещинами приходиться использовать критерии, основанные на решениях краевых задач линейной теории упругости, которая предполагает, что деформации и повороты малы по сравнению с единицей. В окрестностях концов трещин и точек приложения сосредоточенных сил напряжения и деформации не ограничены по величине. Поэтому диссертационная работа Доманской Т.О., где сингулярные задачи для композитных тел с трещинами исследуются на основе полностью нелинейных уравнений теории упругости весьма актуальна.

Научная новизна диссертационной работы состоит в том, что впервые получены точные аналитические решения нелинейных плоских задач теории упругости для неоднородных (композитных) и однородных тел с трещинами и сосредоточенными нагрузками для двух моделей гармонических материалов (полулинейного и Джона). Построены асимптотические разложения напряжений и перемещения в окрестностях особых точек (концов трещин и точек приложения сил). В задачах о межфазных трещинах получены точные формулы для коэффициентов интенсивности номинальных напряжений и раскрытия берегов трещины. Разработана программа в пакете FreeFem++ для численного решения методом конечных элементов задачи о трещине в плоскости для полулинейного материала. Все результаты, изложенные в оригинальной части диссертационной работы, получены впервые и являются новыми.

Обоснованность и достоверность полученных результатов обеспечивается строгой постановкой краевых задач и применяемым математическим аппаратом. В диссертационной работе Доманской Т.О. рассмотрены две модели гармонических материалов: материал Джона и полулинейный. Экспериментальными исследованиями других авторов подтверждено, что обе модели материала позволяют описать большие деформации реальных материалов. Выполненные автором расчеты напряжений и перемещений, представленные на графиках, в задачах о трещинах и сосредоточенных нагрузках выглядят вполне физически достоверными и не противоречат известным результатам расчетов других авторов.

Научная и практическая значимость. Следует отметить, что в литературе мало работ, посвященных решению нелинейных задач теории упругости для неоднородных материалов с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками. В большинстве работ использованы приближенные методы решения. Полученные в диссертации результаты имеют большое значение для развития математических моделей и методов нелинейной теории упругости и для решения прикладных проблем прочности композитных материалов с трещинами в условиях больших деформаций. В частности, выяснилось, что формулы, дающие раскрытие берегов трещины и коэффициенты интенсивности номинальных напряжений нелинейных

задач, в одних случаях полностью совпадают с формулами аналогичных задач линейной теории упругости, а в других случаях отличаются только постоянными множителями.

По диссертации Доманской Т.О. имеются следующие замечания:

1. При выполнении расчетов в диссертации используются некоторые (не известные читателю) характеристики материалов, по видимому соответствующие реальным. Автор указывает, что (цитата: "модели гармонических материалов позволяют описать большие деформации некоторых материалов, в частности резиноподобных"). В тексте диссертации не удалось найти обоснование используемых значений этих характеристик а так же значений приложенных сил, или подобных ссылок на литературные источники, в которых можно было бы найти такое обоснование.

2. Успешное применение "открытого" пакета FreeFem++ для решения задач нелинейной теории упругости представляется весьма ценным для дальнейших исследований. Однако фактически сравнение результатов аналитического и численного методов проведено с целью подтвердить результаты, которые заведомо являются верными (конечно, в рамках используемых моделей). В связи с этим значимость пункта 5 заключения несколько снижается. Логично было бы рассмотреть численное решение более сложных задач, не имеющих аналитического решения, например, задачу о системе трещин.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации. Диссертация Доманской Т.О. представляет собой законченное научное математическое исследование, объединенное единой целью и методами решения рассматриваемых проблем. Работа, несомненно, имеет высокую научную значимость и практическую ценность. Ее результаты могут быть использованы в научных исследованиях Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербургского морского технического университета, ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова.

Материал диссертации достаточно полно отражен в опубликованной автором 21 работе. Автограферат соответствует содержанию диссертации. Уровень аprobации результатов соответствует требованиям ВАК.

Диссертационная работа Доманской Т.О. «Математическое моделирование нелинейных упругих деформаций композитной плоскости с межфазными трещинами и сосредоточенными нагрузками для гармонических материалов» удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры математики
ФГБОУ ВО СПбГМТУ, протокол №3 от «16» апреля 2019 года.

Отзыв составили:

Павловский Валерий Алексеевич, доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры теплофизических основ судовой энергетики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», +7-921-973-82-54, e-mail: v.a.pavlovsky@gmail.com

Кадыров Сергей Газимурович, кандидат техн. наук, доцент, профессор кафедры математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет», +7-921-985-53-91, e-mail: skadyrov@gmail.com



Сергей Газимурович В.Г. и
Кадырова С.Г. заведую
нар. отдела кадров
22.04.2019