

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.05

**Соискатель:** Волков Александр Владимирович

**Тема диссертации:** Применение микро-дилатационной теории упругости для уточнённого моделирования напряжённо-деформированного состояния пористых материалов.

**Специальность:** 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 25 декабря 2019 года, протокол 39, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Волкова А.В. является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает. Диссертация Волкова А.В. отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 25 декабря 2019 года, протокол 39, диссертационный совет принял решение присудить Волкову А.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

**Присутствовали:** заместитель председателя диссертационного совета Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета Федотенков Г.В.

**Члены диссертационного совета:** Антуфьев Б.А., Бирюков В.И., Вестяк В.А., Гришанина Т.В., Дудченко А.А., Зверьяев Е.М., Кузнецов Е.Б., Лурье С.А., Медведский А.Л., Меркурьев И.В., Нерубайло Б.В. Рабинский Л.Н., Рыбаков Л.С., Сибиряков А.В., Сидоренко А.С., Туркин И.К., Тютюнников Н.П.

Заместитель председателя  
диссертационного совета Д 212.125.05

д.т.н., профессор

Фирсанов В.В.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.05

к.ф.-м.н., доцент

Г.В.



Федотенков

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ****ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05**

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 «25» декабря 2019 г. № 39

О присуждении Волкову Александру Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Применение микро-дилатационной теории упругости для уточнённого моделирования напряжённо-деформированного состояния пористых материалов» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите «23» октября 2019 г., протокол заседания № 38 диссертационным советом Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Волков Александр Владимирович, 1991 года рождения, в 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский



авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «150301 Динамика и прочность машин».

В период подготовки диссертации соискатель, Волков Александр Владимирович, учился в очной аспирантуре в лаборатории «Лаборатория неклассических моделей механики композитных материалов и конструкций» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН), работал в должности младшего научного сотрудника в лаборатории «Лаборатория неклассических моделей механики композитных материалов и конструкций» ФГБУН Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН). Также работал в должности инженера в Федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) в отделе «Научно-исследовательское отделение № 9» Института №9 «Общеинженерной подготовки». Окончил очную аспирантуру МАИ в 2019 г.

Диссертация выполнена в лаборатории «Лаборатория неклассических моделей механики композитных материалов и конструкций» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН) и в отделе «Научно-исследовательское отделение № 9» Института №9 «Общеинженерной подготовки» федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Соляев Юрий Олегович, старший научный сотрудник лаборатории неклассических моделей механики композитных материалов и конструкций ФГБУН Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН) и отдела «Научно-исследовательское отделение № 9» Института №9 «Общеинженерной подготовки» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).



Официальные оппоненты:

**Никабадзе Михаил Ушангиевич**, доктор физико-математических наук, доцент кафедры механики композитов Механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (МГУ),

**Лисовенко Дмитрий Сергеевич**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории механики технологических процессов Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Институт проблем машиностроения РАН – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»**, г. Нижний Новгород., положительное заключение, подписано учёным секретарём ИПМ РАН кандидатом технических наук, доцентом Мотовой Еленой Алексеевной. В отзыве отмечен возросший интерес к использованию моделей обобщённых континуумов для моделирования поведения тел с микроструктурой. Поэтому актуальной научной задачей является решение различных задач микро-дилатационной теории упругости.

Основное содержание диссертационной работы и ее результатов полностью отражено в одиннадцати публикациях автора, в том числе в двух журналах из списка Scopus в одном журнале из перечня ВАК РФ.

Список публикаций автора:

- 1) Ю.О. Соляев, С.А. Лурье, А.В. Волков Численное решение задачи чистого изгиба балки в рамках дилатационной теории упругости. Вычислительная механика сплошных сред. 2017. Т. 10. № 2. С. 137-152.
- 2) Lurie S. A., Solyaev Y. O., Volkov-Bogorodskiy D, Volkov A.V. Bending problems in the theory of elastic materials with voids and surface effects. Mathematics and Mechanics of Solids. 2018. Т. 23. № 5. С. 787-804.

3) Sergey A. Lurie, Alexander L. Kalamkarov , Yury O. Solyaev , Anastasia D. Ustenko , Alexander V. Volkov Continuum micro-dilatation modeling of auxetic metamaterials, International Journal of Solids and Structures. 2018. T. 132-133. C. 188-200.

4) Solyaev Y.O., Lurie S.A., Volkov A.V. Surface effects in the theory of elastic materials with voids. В сборнике: Advanced Problems in Mechanics 2015 XLIII International Conference. 2015. С. 104.

5) Волков А.В., Соляев Ю.О., Лурье С.А. Исследование масштабных эффектов в задаче чистого изгиба теории пористых сред. Математическое моделирование в естественных науках. 2015. Т. 1. С. 86-88.

6) Волков А.В., Соляев Ю.О., Лурье С.А. Численное и аналитическое решение задач чистого изгиба в постановке дилатационной и градиентной теории пористых сред. Математическое моделирование в естественных науках. 2016. Т. 1. С. 64-66.

7) Волков А.В., Соляев Ю.О., Лурье С.А. Сопоставление масштабных эффектов, возникающих в задаче чистого изгиба в постановке дилатационной и градиентной теории пористых сред. В сборнике: Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред. Сборник трудов 6-й Всероссийской научной конференции с международным участием им. И.Ф. Образцова и Ю.Г. Яновского: в 2-х томах. 2016. С. 40-46.

8) Волков А.В., Соляев Ю.О. Численные решения плоских задач теории упругости со свободной дилатацией частиц.

9) Соляев Ю.О., Волков А.В. Моделирование отрицательного масштабного эффекта для изгибного модуля упругости пористых балок в рамках микродилатационной теории упругости. В книге: Тезисы докладов V международного научного семинара "Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы" Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 163-164.



10) Волков А.В. Численное моделирование масштабных эффектов для температурных напряжений в круглом диске с отверстием в рамках микродилатационной теории упругости. Математическое моделирование в естественных науках. 2018. Т. 1. С. 359-363.

11) Волков А.В. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния слоя, лежащего на массивном основании, в модели термоупругости пористых сред с учетом поверхностной дефектности. В сборнике: Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред. Сборник трудов 8-й Всероссийской научной конференции с международным участием им. И.Ф. Образцова и Ю.Г. Яновского. 2019. С. 230-235.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от научного руководителя, официальных оппонентов и ведущей организации, отзывы положительные;

от **Князевой Анны Георгиевны**, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), отзыв положительный;

от **Фрейдина Александра Борисовича**, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника, заведующего отделом математических методов механики материалов и конструкций Института проблем машиноведения РАН, отзыв положительный;

от **Швейкина Алексея Игоревича**, кандидата физико-математических наук, доцент кафедры математического моделирования систем и процессов Пермского Национального Исследовательского Политехнического Университета (ПНИПУ РАН), 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 и фундаментальная ценность. В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве официальных оппонентов и ведущей организации имеются следующие основные критические замечания:

1. В 4 главе для модуля Юнга в различных задачах изгиба использован термин «эффективный» модуль. Следует отметить, что в научной литературе этот термин используется в другом значении и лучше называть используемые характеристики «кажущимися».

2. Не упомянуты работы Эрингена, посвящённые исследованию тел с микроструктурой.

3. В формуле 74 не указана явно величина  $n_i$ .

4. Следует уделить большее внимание исследованию механических эффектов в решённых задачах.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. Параметр связанности не описан подробно в автореферате.

2. Не приведено объяснение, почему в графиках использовано именно значение  $N = 0.9$ .

3. Не объяснено подробно, можно ли отделить экспериментально классические напряжения и неклассический вектор напряжений.

**Выбор официальных оппонентов обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области. **Никабадзе Михаил Ушангиевич** имеет ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела». Его научная деятельность связана с исследованиями в области моделей обобщённых континуумов. За предыдущие 5 лет имеет 5 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus и 5 публикаций в журналах, входящих в Перечень РФ



рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации

1. Nikabadze M.U. Eigenvalue problem for tensors of even rank and its applications in mechanics. *Journal of Mathematical Sciences*. 2017. Т. 221. № 2. С. 174-204.

2. Никабадзе М.У. О задаче на собственные значения некоторых применяемых в механике тензоров и о числе существенных условий совместности деформации Сен-Венана. *Вестник Московского университета. Серия 1: Математика. Механика*. 2017. № 3. С. 54-58.

**Лисовенко Дмитрий Сергеевич** имеет ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела». Его научная деятельность связана с исследованиями в области механики метаматериалов, в частности, ауксетиков. За предыдущие 5 лет имеет 12 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, 3 публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. Vaimova J.A., Rysaeva L.Kh., Dmitriev S.V., Lisovenko D.S., Gorodtsov V.A., Indeitsev D.A. Auxetic behaviour of carbon nanostructures. *Materials Physics and Mechanics*. 2017. Т. 33. № 1. С. 1-11.

2. Chentsov A.V., Lisovenko D.S. Experimental study of auxetic behavior of cellular structure. *Journal of Physics: Conference Series* (см. в книгах). 2018. Т. 991. № 1. С. 012017.

Вышеизложенное позволяет считать, что выбор диссертационным советом этих ученых в качестве официальных оппонентов является обоснованным, соответствует Постановлению ВАК о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24 сентября 2013 г. и Положению ВАК о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук,



утвержденному приказом Министерства образования и науки РФ № 7 от 13 января 2014 г.

**Выбор ведущей организации обосновывается** тем, что в ведущей организации работают специалисты, достижения которых широко известны, в том числе и в области науки, соответствующей тематике диссертации:

1. Erofeev V.I., Kolesov D.A., Malkhanov A.O. Nonlinear Localized Waves of Deformation in the Class of Metamaterials as Set as the Mass-in-mass Chain. *Advanced Structured Materials*. 2019. Т. 108. С. 105-116.

2. Антонов А.М., Ерофеев В.И. Волна Рэлея на границе градиентно-упругого полупространства. *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки*. 2018. № 4 (79). С. 59-72.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** методика решения задач микро-дилатационной теории упругости и термоупругости с учетом поверхностных эффектов;

**предложены** новые подходы к численному моделированию трёхмерного напряженно-деформированного состояния на основе микро-дилатационной теории упругости;

**доказано**, что для задачи о чистом изгибе балки в отличие от аналитического решения, в численном решении удастся точно выполнить все граничные условия, при этом напряженное состояние балки оказывается трехмерным и возникает депланация сечений.

**новые понятия не вводились.**

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** эффективность применения современных пакетов математического моделирования для решения трёхмерных задач микро-дилатационной теории упругости;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

**использован** комплекс существующих базовых положений механики деформируемого твердого тела и общие подходы теории упругости, а также современные пакеты математического моделирования;

**изложены** алгоритмы аналитического и численного решения задач микро-дилатационной теории упругости для различных случаев изгиба балки, а также задачи о равномерном нагреве слоя на массивном основании;

**раскрыты** особенности поведения микро-дилатирующей балки при изменении толщины. Показано, что боковые поверхности балки в трёхмерном решении не остаются плоскими;

**изучены** различные масштабные эффекты, возникающие в задачах изгиба балки с разными граничными условиями в рамках микро-дилатационной теории упругости. Также исследованы масштабные эффекты в задаче неравномерного нагрева цилиндра на основе микро-дилатационной теории упругости.

**проведена модернизация** существующего решения задачи чистого изгиба балки в рамках микродилатационной теории упругости на случай присутствия поверхностных эффектов.

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

**разработаны и внедрены** новые подходы к анализу НДС балки при изгибе в рамках микро-дилатационной теории упругости с поверхностными эффектами, а также к анализу НДС микро-дилатирующего слоя в условиях равномерного нагрева и пористого полого цилиндра в условиях неравномерного нагрева;

**определены** практически важные зависимости «кажущегося» модуля упругости балки при изгибе от толщины балки. Показано, что в трёхмерном решении боковые поверхности микро-дилатирующей балки не остаются плоскими;

**созданы** подходы к решению задач микро-дилатационной теории на случай изгиба с влиянием поверхностных эффектов;



**представлены** графики зависимости «кажущегося» модуля упругости от различных геометрических размеров балки, а также графики различных компонент тензора напряжений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**теория** построена на известных положениях механики деформируемого твердого тела, общепринятых гипотезах, принимаемых при решении задач упругости и термоупругости;

**идея базируется** на аналитических и численных методах решения задач микро-дилатационной теории упругости;

**использованы** сравнения результатов численного расчета с полученными аналитическими решениями для ряда рассматриваемых в диссертационной работе задач;

**установлено** качественное и количественное соответствие полученных численных решений задач с аналитическими решениями в тех случаях, когда такие аналитические решения удалось получить;

**использованы** современные программные комплексы математического моделирования.

**Личный вклад** соискателя состоит в постановке задач и получении новых аналитических и численных решений для различных задач микро-дилатационной теории упругости, в обосновании их достоверности и анализе результатов моделирования. В статьях по теме диссертации, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, а также в статье из базы данных Scopus, результаты получены при непосредственном участии автора.

Приведенные положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, содержащим элементы научной новизны, имеющим важное прикладное и фундаментальное значение для развития микро-дилатационной теории упругости и механики деформируемого твердого тела. В ней представлены новые, обоснованные результаты, что соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней,

