

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Кольжанова Дарья Юрьевна

Тема диссертации: Моделирование конечных упругих деформаций слоистых композиционных материалов на основе метода асимптотического осреднения

Специальность: 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 29 сентября 2021 года, протокол 9, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Кольжановой Д.Ю. является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Кольжановой Д.Ю. отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 29 сентября 2021 года, протокол 9, диссертационный совет принял решение присудить Кольжановой Д.Ю. ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Тарлаковский Д.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., Зверьев Е.М., Кузнецов Е.Б., Медведский А.Л., Мовчан А.А., Нерубайло Б.В., Рабинский Л.Н., Рыбаков Л.С., Сидоренко А.С., Солдатенков И.А., Туркин И.К., Тютюнников Н.П.

Председатель

диссертационного совета Д 212.125.05

д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.125.05

к.ф.-м.н., доцент



Начальник отдела ИО МАИ
Т.А. Аникина

Федотенков Г.В.

29.09.2021

**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 «29» сентября 2021 г. № 9

О присуждении Кольжановой Дарье Юрьевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование конечных упругих деформаций слоистых композиционных материалов на основе метода асимптотического осреднения» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите «07» июля 2021 г., протокол № 8 диссертационным советом Д 212.125.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель, Кольжанова Дарья Юрьевна, «23» мая 1993 года рождения, в 2017 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по направлению

подготовки 02.04.01 «Математика и компьютерные науки» с отличием, в 2021 году окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника».

С 2017 по настоящее время соискатель, Кольжанова Дарья Юрьевна, работает в приборном отделении 9 «Радиотехнические системы, датчиковые средства и линии передачи команд, информации и связи» акционерного общества «Военно-промышленная корпорация "Научно-производственное объединение машиностроения» в должности инженера-программиста II категории.

Диссертация выполнена на кафедре ФН-11 «Вычислительная математика и математическая физика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Димитриенко Юрий Иванович**, профессор, заведующий кафедрой ФН-11 «Вычислительная математика и математическая физика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Зингерман Константин Моисеевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математического моделирования и вычислительной математики федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тверской государственной университет», г. Тверь,

Волков-Богородский Дмитрий Борисович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории неклассических моделей композитных материалов и конструкций федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН)», г. Москва, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Акционерное общество «Композит»**, Московская область, г. Королев, в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, начальником отделения 0110 Логачевой А.И., кандидатом технических наук, начальником отделения 0220 Тащиловым С.В., кандидатом физико-математических наук, начальником отдела 0222 Вагиным В.П., кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником отдела 0222, секретарем НТС Сергеевой Е.С., утвержденным кандидатом физико-математических наук, заместителем генерального директора акционерного общества «Композит» Дворецким А.Э. отметила, что для расчета прочности композитов, состоящих из эластомерных матриц, способных выдерживать большие деформации, необходимы методики, позволяющие связать эффективные механические характеристики с нелинейно-упругими характеристиками отдельных фаз композита, которых в настоящее время мало, в силу нелинейности задачи. В представленной диссертационной работе предложен новый модифицированный вариант асимптотической теории с использованием универсального представления определяющих соотношений для комплекса различных моделей сжимаемых и несжимаемых сред. Диссертационная работа представляет собой завершенное научное исследование, посвященное решению актуальной проблемы, достоверность, новизна и практическая значимость результатов сомнений не вызывает.

Соискатель имеет 7 опубликованных печатных работ по теме диссертации, 3 из которых – в изданиях из перечня ВАК РФ, 2 статьи – в журнале, индексируемом в Scopus. В материалах совместных публикаций в журналах из перечня ВАК РФ личный вклад автора является определяющим. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А., Кольжанова Д.Ю. Моделирование слоистых композитов с конечными деформациями методом асимптотической гомогенизации // Инженерный журнал: наука и инновации. 2015. Вып. 5(29). URL: <http://engjournal.ru/catalog/msm/pmcm/1405.html> DOI: 10.18698/2308-6033-2015-5-1405 (1,25 п.л./0,42 п.л.).

2. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А., Кольжанова Д.Ю., Каримов С.Б., Моделирование несжимаемых слоистых композитов с конечными деформациями на основе метода асимптотического осреднения // Математическое моделирование и численные методы. 2017. № 1. С. 32–54. (1,5 п.л./0,5 п.л.).

3. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А., Каримов С.Б., Кольжанова Д.Ю. Моделирование эффективных характеристик трансверсально изотропных несжимаемых композитов с конечными деформациями // Математическое моделирование и численные методы. 2018. № 4. С. 16–34. (1,5 п.л./0,5 п.л.).

4. Dimitrienko Yu.I., Karimov S.B., Kolzhanova D.Yu. Modeling of the effective universal constitutive relations for elastic laminated composites with finite strains // IOP Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 683. Art. No 012006. DOI: 10.1088/1757-899X/683/1/012006 (0,5 п.л./0,25 п.л.).

5. Dimitrienko Yu.I., Gubareva E.A., Karimov S.B., Kolzhanova D.Yu. Universal models of the constitutive relations for transversely isotropic compressible composites with finite strains // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 934. Art. No 012012. DOI: 10.1088/1757-899X/934/1/012012 (0,5 п.л./0,25 п.л.).

В этих и других работах соискателя изложены исчерпывающе полные сведения о проведенных в диссертации научных исследованиях.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

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

от **Каледина Владимира Олеговича**, кандидата технических наук, заместителя главного конструктора по прочности Акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», заверенный секретарем научно-технического совета Акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» Красновой Г.В., 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 ценность. В поступивших отзывах имеются замечания.

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

1. В работе для простоты были введены ограничения на модели материалов с конечными деформациями, и в рамках универсальных моделей рассматривались только т.н. полулинейные модели, которые ограничивались только первым инвариантом тензора деформаций (мерой объемного расширения). Однако, для гиперупругих материалов это позволяет воспроизвести только неогуковский потенциал, но не охватывает наиболее распространенную на практике модель Муни-Ривлина, которая использует и первый, и второй инвариант тензора деформаций. В результате аппроксимация диаграммы деформирования реальных материалов: дуотан-полиуретанового эластомера Duothan QA965 и бутадиен-нитрильный каучука СКН-40, рис. 2.13, 2.14 – демонстрирует не очень качественную картину.

Реальные материалы хорошо описываются потенциалами, которые наряду с первым содержат и второй инвариант тензора деформаций (меру изменения формы материала). Поэтому надо было бы рассмотреть более общие модели материалов, которые бы охватывали также и потенциалы Муни-Ривлина.

2. Применение метода вращений к нахождению главных удлинений (п. 2.2.2, с. 51-53 диссертации) представляется избыточным, т.к. матрица имеет малую размерность, и проще найти ее главные значения аналитически.

3. Отсутствие прямых сравнений полученных результатов с экспериментальными данными, а использованы сравнения с уже известными аналитическими результатами, что сужает область применения полученных в работе соотношений и результатов моделирования.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. В формулах (6), (8) на с. 8 в автореферате имеются нижние индексы, которые начинаются со знака наклонной черты. Желательно было пояснить в автореферате смысл этого обозначения так же, как это сделано в диссертации.

2. В автореферате было бы желательно более подробно раскрыть практическое применение научно-квалификационной работы.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области и имеют публикации, связанные с направлением исследований диссертации.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что в ведущей организации проводится разработка, исследования и производство композиционных материалов, в ней работают специалисты, достижения которых широко известны, в том числе и в области науки, соответствующей тематике диссертации. Статус Акционерного общества «Композит», как головной научно-исследовательской организации Госкорпорации «Роскосмос» по созданию и использованию материалов, покрытий и

технологий их производства подтвержден приказом Госкорпорации № 168 от «23» августа 2016 года.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый вариант метода асимптотического осреднения слоистых композиционных материалов при конечных деформациях с использованием универсального представления определяющих соотношений для комплекса различных моделей сжимаемых и несжимаемых сред;

предложен новый подход к построению определяющих соотношений для трансверсально-изотропных сжимаемых и несжимаемых композитов с конечными деформациями на основе аналитической аппроксимации серий численного решения локальных задач;

доказана перспективность применимости разработанной методики и алгоритма для расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций из слоистых композиционных материалов;

новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность применения разработанного модифицированного метода асимптотического осреднения слоистых композиционных материалов при конечных деформациях с использованием универсального представления определяющих соотношений для комплекса различных моделей сжимаемых и несжимаемых сред, что вносит существенный вклад в развитие методов анализа деформированного состояния элементов конструкций летательных аппаратов, многослойных шин, амортизаторов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых положений механики деформируемого твердого тела, общие подходы механики сплошной среды и асимптотических методов, а также современные пакеты математического моделирования;

изложены этапы построения методики эффективных определяющих соотношений для анизотропных слоистых композиционных материалов с конечными деформациями и периодической структурой, с использованием универсальных моделей сред;

раскрыты особенности моделирования эффективных характеристик слоистых композиционных материалов с конечными деформациями;

изучены эффективные диаграммы деформирования, связывающие компоненты осредненных тензоров напряжений Пиолы-Кирхгофа и градиента деформаций, а также распределение напряжений в слоях композита;

проведена модернизация подхода к расчету компонент осредненного тензора напряжений Пиолы-Кирхгофа и градиента деформаций.

Значения полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

разработаны новые подходы к моделированию и эффективному расчету процессов деформирования при цилиндрическом изгибе путем разделения осредненной задачи нелинейной теории упругости анизотропных сред и локальных задач на ячейке периодичности;

определены практически важные зависимости момента от кривизны цилиндрического изгиба панели;

создан новый расчетный подход к решению задачи о цилиндрическом изгибе слоистой композиционной пластины;

представлены результаты вычислений, в виде графиков зависимостей осредненного тензора напряжений от среднего градиента деформаций, а также распределение компонент тензора напряжений Коши по радиусу панели при цилиндрическом изгибе;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных положениях механики деформированного твердого тела и апробированных ранее моделей сжимаемых и несжимаемых сред;

идея базируется на методах построения эффективных определяющих соотношений для трансверсально-изотропных сжимаемых и несжимаемых композитов на основе аналитической аппроксимации серий численного решения локальных задач;

использованы сравнения результатов расчета с аналитическими решениями; **установлена** реализуемость предложенной методики расчета напряженно-деформированного состояния конструкций из слоистых композиционных материалов;

использованы современные программные комплексы компьютерного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач и разработке алгоритма численного решения задач на ячейке периодичности для слоистых композиционных материалов с конечными деформациями с использованием комплекса различных универсальных моделей для сжимаемых и несжимаемых сред, а также в проведении серии численного моделирования эффективных диаграмм деформирования, в обосновании их достоверности и анализе результатов моделирования.

В ходе защиты диссертации было высказано замечание об использовании римских и арабских цифр вместе в математических выражениях и отсутствию пояснения данных обозначений по тексту диссертации.

Соискатель Кольжанова Д.Ю. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию появления в формулах римских цифр для обозначения энергетических пар и сопряженных пар тензоров напряжений-деформаций для определяющих соотношений.

На заседании «29» сентября 2021 года принял решение присудить Кольжановой Дарье Юрьевне ученую степень кандидата физико-математических наук, поскольку представленная диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, которое содержит решение задачи с элементами научной новизны, имеющей важное

прикладное и фундаментальное значение для развития механики композиционных материалов и механики деформируемого твердого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

Диссертационного совета Д 212.125.05

д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 212.125.05

к.ф.-м.н., доцент

Федотенков Г.В.

29.09.2012.

Начальник отдела АДС МАИ

Т.А. Аникина

