

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.05

**Сонскатель:** Русланцев Андрей Николаевич

**Тема диссертации:** Разработка моделей деформирования полимерных волокнистых слоев с различной укладкой.

**Специальность:** 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» (технические науки)

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании «17» октября 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Русланцеву Андрею Николаевичу ученую степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела» (технические науки), участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

**Присутствовали:** Заместитель председателя диссертационного совета, д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; ученый секретарь диссертационного совета, к.ф.-м.н., доц. Федотенков Г.В.; д.т.н., проф. Антуфьев Б.А., д.т.н., проф. Бирюков В.И.; д.ф.-м.н., доц. Вестяк В.А.; д.ф.-м.н., проф. Гришанина Т.В.; д.т.н., проф. Дмитриев В.Г.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.ф.-м.н., проф. Кузнецов Е.Б.; д.т.н., проф. Лурье С.А.; д.ф.-м.н. проф. Медведский А.Л.; д.т.н., проф. Меркурьев И.В.; д.т.н., проф. Нерубайло Б.В.; д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н., проф. Сибиряков А.В.; д.т.н., проф. Сидоренко А.С.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Тютюников Н.П.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.05



Г.В. Федотенков

И.о. начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «17» октября 2018 г. № 6

О присуждении Русланцеву Андрею Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка моделей деформирования полимерных волокнистых слоев с различной укладкой» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите «06» июня 2018 г., протокол № 5 диссертационным советом Д 212.125.05 созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 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 Русланцев Андрей Николаевич 1991 года рождения, в 2014 году окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» по специальности «Материаловедение и технологии материалов».

Соискатель ученой степени кандидата наук освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». В 2018 году соискатель окончил обучение в аспирантуре ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Соискатель ученой степени кандидата наук работает научным сотрудником в ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук, лаборатория механики композиционных материалов и по совместительству ассистентом в ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», факультет Специального машиностроения, кафедра СМ-13 «Ракетно-космические композитные конструкции», Министерство образования и науки РФ, г. Москва.

Диссертация выполнена на кафедре ракетно-космических композитных конструкций федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки Российской Федерации

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Думанский Александр Митрофанович**, доцент, заведующий лабораторией механики композиционных материалов ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

**Горбачев Владимир Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой механики композитов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

**Каюмов Рашит Абдулхакович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»** в своем положительном заключении, подписанном кандидатом технических наук, заместителем начальника НИО-3 Голованом Владимиром Ивановичем, кандидатом технических наук, начальником лаборатории №8 НИО-3 Шаныгиным Александром Николаевичем, утвержденном заместителем Генерального директора ФГУП «ЦАГИ» - начальником комплекса прочности ЛА Зиченковым Михаилом Чеславовичем, указала, что диссертация Русланцева Андрея Николаевича представляет собой завершённую квалификационную работу, в которой решена актуальная задача разработки математических моделей деформирования полимерных волокнистых слоев с различной укладкой. Диссертация соответствует всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ по теме диссертации, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Думанский А.М., Русланцев А.Н., Таирова Л.П. Модель нелинейного деформирования углепластиков // Конструкции из композиционных материалов. 2013. – №4 (132). – С. 6-12. (0.440 п.л./0.150 п.л.)

Диссертантом предложена модель нелинейного деформирования полимерных композиционных материалов, выполнен расчет диаграмм деформирования углепластика КМУ-4Л.

2. Русланцев А.Н., Думанский А.М., Алимов М.А. Модель напряженно-деформированного состояния криволинейной слоистой композитной балки // Труды МАИ. – 2017. – №96. – С. 1-21. [http://trudymai.ru/upload/iblock/ef2/Ruslantsev\\_Dumanskiy\\_Alimov\\_rus.pdf](http://trudymai.ru/upload/iblock/ef2/Ruslantsev_Dumanskiy_Alimov_rus.pdf) (1.125 п.л./0.375 п.л.)

Соискателем предложена модель для определения напряженно-деформированного состояния криволинейной композитной балки при изгибе, выполнена верификация модели путем сравнения с результатами, получаемыми другими методами.

3. Русланцев А.Н., Думанский А.М. Деформирование углепластиков под действием переменных во времени нагрузок // Труды МАИ. – 2017. – №97. – С. 1-17. [http://trudymai.ru/upload/iblock/46b/Ruslantsev\\_Dumanskiy\\_rus.pdf](http://trudymai.ru/upload/iblock/46b/Ruslantsev_Dumanskiy_rus.pdf) (0.875 п.л./0.438 п.л.).

Диссертантом предложена модель деформирования углепластиков при переменном нагружении, выполнен расчет деформаций при длительном и переменном во времени нагружении, рассчитаны вязкоупругие характеристики материала с заданной укладкой.

4. Ruslantsev A.N., Portnova Ya.M., Tairova L.P., Dumansky A.M. Analysis of mechanical properties anisotropy of nanomodified carbon fiber-reinforced woven composites // IOP Conference Series: Material Science and Engineering (MSE). Электрон. журн. - 2016. - Vol.153. DOI: 10.1088/1757-899 (0.500 п.л./0.125 п.л.)

Автором диссертации выполнены испытания углепластика БМИ-3/3692 при переменном во времени нагружении, предложена модель, позволяющая учесть реологические свойства материала и произведена верификация модели путем сравнения экспериментальных и расчетных данных.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации, отзыв положительный, имеются замечания:

1. Глава 1, в частности параграф 1.1, в котором дается описание применения КМ в авиации и космической технике, написаны слишком обобщенно. Автору следовало бы более четко сформулировать те проблемы

использования КМ на решение которых направлено исследование, описываемое в диссертационной работе.

2. Для расчетов МКЭ, результаты которых описаны в параграфе 5.5, не представлен общий вид КЭ-сетки и не проиллюстрировано моделирование граничных условий, что не позволяет сделать заключение о качестве моделирования.

3. Содержатся синтаксические и стилистические ошибки, страница 15 строка, 15; страница 42, строки 23 и 24; страница 88, строка 11; страница 121, строка 6.

от официального оппонента, **Горбачева Владимира Ивановича**, отзыв положительный, имеются замечания:

1. В частности на странице 20 первой главы, где рассматриваются различные методы расчета НДС конструкций из композиционных материалов, дается ссылка на работу [64] – книга Гантмахера по теории матриц. Диссертант видимо имел в виду какую-то другую работу. В списке литературы теория матриц Ф.Р. Гантмахера указана дважды: под номером [64] и [124].

2. При анализе критериев разрушения композитов не указаны критерии, представленные в работах Б.Е. Победри, основанные на совместных инвариантах тензора напряжений и единичных векторов главных направлений анизотропии материала.

3. На странице 56 приведены графики изменения модуля Юнга и коэффициента Пуассона для композита, перекрестно армированного волокнами. Классический коэффициент Пуассона изменяется в пределах -1 до 0.5. Видимо автор имел в виду коэффициент поперечной деформации, поскольку у него этот коэффициент изменяется от 0 до 2.5.

4. На странице 64 на графиках зависимости напряжений от деформаций используются разные обозначения для деформаций.

5. Нигде не указаны объемные доли волокон и матрицы.

6. В работе не используются многочисленные результаты по теоретическим методам вычисления эффективных определяющих соотношений упругих и вязкоупругих композитов. Было бы интересно сопоставить эксперименты, проведенные диссертантом с аналитическими формулами для эффективных характеристик.

от официального оппонента, **Каюмова Рашида Абдулхаковича**, отзыв положительный, имеются замечания:

1. В главе 5 задача решалась в плоской постановке. При этом в случае слоистых балок и арок не может учитываться кромочный эффект, который возникает ввиду появления стеснения деформированию слоев поперек балки, вызываемого наличием разных коэффициентов Пуассона в разных слоях. Поэтому задача становится трехмерной, а не плоской. Таким образом, решение справедливо только при одинаковых коэффициентах Пуассона слоев.

2. Нелинейно упругие соотношения для касательных напряжений приняты в виде, предложенном в работе Образцова И.Ф., Васильева В.В., но уже конкретизированные для рассматриваемых материалов или в виде полилинейной, или в виде степенной функции. Однако не поясняется, в каких случаях (в каких задачах) можно пользоваться таким вариантом физических соотношений, поскольку в них не учитывается деформация ползучести (наследственно упругая или необратимая), которая зависит от скорости деформации. Таким образом, неясно, как выбирать параметры нелинейных соотношений, поскольку при разных скоростях нагружения в эксперименте они будут получаться разными. Т.е., неясно, в каких случаях задачу ползучести или релаксации можно заменить задачей нелинейной теории упругости.

3. В работе модуль упругости образца определяется как обычно по линейному участку диаграммы деформирования. Однако при использовании ядра Абеля даже при малых временах нагружения деформация ползучести может иметь значение того же порядка, что и упругая составляющая. В

работе нет оценки вклада деформации ползучести при вычислении начального модуля упругости. Вычисление и уточнение начального модуля упругости можно было бы делать апостериорно, поскольку параметры ядра ползучести уже определены, пусть даже вначале приближенно. Если этот вклад большой, то нужно уточнять начальный модуль упругости и параметры ядра ползучести итерационно. Но при этом остается все же открытым вопрос о единственности решения задачи идентификации модуля упругости и параметров ползучести.

от **КБ «Салют» АО ГКНПЦ им. М.В. Хруничева**, подписанный начальником службы К010 КБ «Салют» АО ГКНПЦ им. М.В. Хруничева кандидатом технических наук Бахтиным Александром Георгиевичем, утвержденный Генеральным конструктором КБ «Салют» АО ГКНПЦ им. М.В. Хруничева Кузнецовым С.В., отзыв положительный, имеется замечание:

предложенная автором методика расчета усилий для корректировки формы не сопровождается сведениями о технической возможности реализовать корректирующую нагрузку в виде распределенного момента.

от **Акционерного общества «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина»**, подписанный начальником научно-исследовательской лаборатории прочностных испытаний и неразрушающего контроля конструкций из ПКМ, кандидатом технических наук Поповым А.Г., заверенный начальником ОКА Чукановой Е.А., отзыв положительный, замечаний нет.

от **Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-производственное объединение «Техномаш»**, подписанный главным научным сотрудником ФГУП «НПО «Техномаш», доктором технических наук Должанским Юрием Михайловичем, заверенный ученым секретарем научно-технического совета, кандидатом технических наук Муртазиным Джамилем Азадовичем, отзыв положительный, замечаний нет.



от **ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»**, подписанный профессором кафедры «Робототехника, мехатроника, динамика и прочность машин», д.ф.-м.н. профессором Дуйшеналиевым Т.Б., заверенный заместителем начальника управления по работе с персоналом ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» Полевой Л.И., отзыв положительный, имеется замечание:

На рисунке 12 соискатель приводит расчетные значения напряжений в пятислойной балке толщиной всего 2 мм. При этом нет данных о других размерах этой балки. Какова причина скачков окружных напряжений на границе слоев? Сохранится характер распределения напряжений при других значениях изгибающего момента?

от **ПАО «Корпорация «Иркут»**, подписанный начальником отделения прочности – зам. Главного конструктора по прочности ПАО «Корпорация «Иркут» Яшутиным Андреем Григорьевичем, заверенный руководителем Департамента управления персоналом Бахаревым А.Р., отзыв положительный, замечаний нет.

от **ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет»**, подписанный профессором кафедры «Прочность летательных аппаратов», доцентом, д.т.н. Олегиным Игорем Павловичем, отзыв положительный, есть замечание:

Из автореферата неясно, о решении каких дифференциальных уравнений идет речь в последнем предложении на странице 13.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит исследования в области ого деформирования и прочности материалов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны** расчетные модели деформирования волокнистых полимерных слоев с различной укладкой с учетом физической нелинейности, сложного напряженного состояния и переменных во времени нагрузок;
- **предложена** расчетная модель, позволяющая определять напряженно-деформированное состояние криволинейной слоистой композитной балки при воздействии изгибающего момента;
- **доказана** важность учета слоистости материала при расчете напряженно-деформированного состояния криволинейных балок при изгибе;
- **новые понятия** не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** перспективность использования разработанных моделей для повышения точности изготовления и корректировки формы главных зеркал космических радиотелескопов типа «Миллиметрон»;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** современные эффективные численно-аналитические методы для расчета напряженно-деформированного состояния волокнистых полимерных слоев с различными укладками;
- **изложены** новые подходы к расчету напряженно-деформированного состояния полимерных волокнистых слоев с различными укладками, позволяющие на основе матричной алгебры и соотношений теории слоистых пластин описать анизотропию нелинейных механических характеристик композитных слоистых материалов на основе терморезистивных и термопластичных матриц, а также углерод-углеродных композиционных материалов и повысить точность расчета деформирования полимерных слоев с различной укладкой по сравнению с линейными моделями;
- **раскрыто** существенное влияние схемы армирования на проявление нелинейных временных эффектов при деформировании слоистых композиционных материалов;
- **изучены** закономерности нелинейного деформирования полимерных волокнистых слоев с различными укладками;

- **проведена модернизация** теории слоистых пластин и разработана расчетная модель прогнозирования ползучести и релаксации слоистых волокнистых композиционных материалов с различными схемами армирования и связующими, позволяющая при помощи ограниченного набора параметров описать анизотропию наследственно-упругих характеристик материалов с использованием матричных преобразований и соотношений наследственной механики.

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

- **разработаны и внедрены** алгоритмы для численного и аналитического определения и оценки напряженно-деформированного состояния полимерных волокнистых слоев с различной укладкой и применяемыми связующими с учетом физической нелинейности и при переменных во времени нагрузках; алгоритмы для определения и оценки напряженно-деформированного состояния криволинейной слоистой балки при изгибе;
- **определены** перспективы практического использования предложенных моделей и методов применительно к расчету главных зеркал космических радиотелескопов;
- **созданы** алгоритмы, которые позволяют определять напряженно-деформированное состояние криволинейных слоистых балок при изгибе и могут быть использованы для рационального выбора исходных материалов и оценки предельного состояния элементов конструкций. Предложенные алгоритмы использованы для расчета усилий для коррекции главных зеркал космических радиотелескопов;
- **представлены** результаты экспериментального анализа анизотропии механических характеристик углепластика БМИ-3/3692, изготовленного на основе углеродной ткани и высокотемпературного бисмалеимидного связующего, которые позволяют уточнить его временные и нелинейные свойства и могут быть использованы при расчетно-экспериментальной отработке характеристик длительного деформирования и разрушения

композитных элементов конструкций авиационной и ракетно-космической техники.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- **теоретические результаты согласуются** с экспериментальными данными, полученными как в рамках настоящей работы, так и в опубликованных работах других авторов;
- **теория построена** на основе известных и обоснованных методах механики композиционных материалов;
- **идея базируется** на анализе практики и обобщении передового опыта в области нелинейного деформирования композиционных материалов и конструкций;
- **использованы** апробированные математические методы расчета и экспериментальные данные;
- **установлено** качественное совпадение авторских результатов с данными, опубликованными в других источниках по тематике работы;
- **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Личный вклад** соискателя состоит в:

разработке расчетных моделей деформирования волокнистых композитных слоев с различной укладкой с учетом физической нелинейности и временных эффектов, разработке модели деформирования криволинейной балки с произвольно изменяющимся окружным модулем упругости, проведении механических испытаний образцов из углепластика БМИ-3/3692 и испытаний на ползучесть и релаксацию образцов из углепластика КМУ-4Л, верификации предложенных моделей на основе сравнения расчетных и экспериментальных данных и расчете деформирования сектора главного зеркала космического аппарата «Спектр-М».

Диссертация Русланцева А.Н. является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные модели расчета напряженно-деформированного состояния полимерных композитных слоев с

различной укладкой, имеющие существенное значение при повышении точности расчета сопротивления композиционных материалов деформированию с учетом комплекса физико-механических характеристик. Полученные результаты имеют существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела.

На заседании 17 октября 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Русланцеву А.Н. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов технических 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 0.

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

Федотенков Г.В.

18.10.2018 г.

И.о.начальника отдела УДС МАИ

Т.А. Аникина

