

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Хамед Мемарианфард

Тема диссертации: Двухуровневый метод в механике толстостенных намоточных оболочек из армированных полимеров (при их создании и эксплуатации)

Специальность: 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 26 апреля 2017 года диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет критериям, утвержденным Постановлением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 и принял решение присудить Хамед Мемарианфард ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Зам. председателя диссертационного совета д.т.н., проф., Фирсанов В.В.,

ученый секр. дисс. совета к.ф.-м.н., Федотенков Г.В., д.т.н., проф., Антуфьев Б.А., д.т.н., проф., Бирюков В.И., д.ф.-м.н., проф., Гришанина Т.В., д.т.н., проф., Дмитриев В.Г. д.т.н., проф., Дудченко А.А. д.т.н., проф., Зверьев Е.М. д.ф.-м.н., проф., Кузнецов Е.Б., д.т.н., проф., Лурье С.А., д.ф.-м.н., доц., Медведский А.Л., д.т.н., проф., Нерубайло Б.В., д.ф.-м.н., проф., Рабинский Л.Н., д.ф.-м.н., проф., Рыбаков Л.С., д.ф.-м.н., проф., Солдатенков И.А. д.т.н., проф., Туркин И.К., д.т.н., проф., Тютюнников Н.П.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.125.05

Федотенков Г.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05

на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «26» апреля 2017 г. № 9

О присуждении Хамед Мемарианфард, гражданину Ирана, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Двухуровневый метод в механике толстостенных намоточных оболочек из армированных полимеров (при их создании и эксплуатации)» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите «20» февраля 2017 г., протокол № 8 диссертационным советом Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального 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 Хамед Мемарианфард 1983 года рождения, в 2013 году окончил с отличием Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный строительный университет».

В 2017 году соискатель окончил обучение в аспирантуре ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Соппротивление материалов» ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Турусов Роберт Алексеевич**, главный научный сотрудник Института химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН (ИХФ РАН).

Официальные оппоненты:

Кузнецов Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН),

Курбатов Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша» дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» (ИМАШ РАН)** в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук, профессором **Думанским А.М.**, заведующим лабораторией механики композиционных материалов ФГБУН Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, указала, что, Диссертация соответствует всем критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, 3 из них опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК; и 2 статьи опубликованы в зарубежном журнале, входящем в список, индексируемых в SCOPUS и ISI (Web of Science). Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Турусов Р.А., Мемарианфард Х. Дискретная модель в анализе остаточных напряжений однонаправленных намоточных цилиндров из армированного пластика в процессе охлаждения // Вестник МГСУ. 2015. № 1. С. 27—35.
2. R.A. Turusov., H. Memarianfard, Stress-Strain State of Thick-Walled Filament-Wound Cylinders at the Macro-, Meso-, and Microscales During Cooling // Mechanics of Composite Materials, Vol. 52, No. 3, July, 2016, pp 411–420.

3. Мемарианфард М., Турусов Р.А., Мемарианфард Х. Численные и экспериментальные исследования монолитности толстостенной анизотропной оболочки // Вестник МГ СУ. 2016. № 7. С. 36—45.
4. Мемарианфард Х., Турусов Р.А, Многомасштабный анализ остаточных напряжений, возникающих в процессе охлаждения однонаправленных толстостенных намоточных цилиндров // МЕХАНИКА КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ. — 2016. — Т. 52, № .4 Июль — август. С. 737—750.
5. H. Memarianfard, R. A. Turusov., A Multiscale Analysis of the Residual Stresses Occurring During Cooling of Thick-Walled Unidirectionally Filament-Wound Cylinders // Mechanics of Composite Materials, Vol. 52, No. 4, September, 2016. pp 521–530.

Особое внимание уделено исследованию остаточных напряжений, возникающих на этапах изготовления толстостенного намоточного цилиндра из армированного полимера на макро и микроуровнях.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от **ведущей организации**, отзыв положительный;

от официального оппонента, **Кузнецова Сергея Владимировича**, отзыв положительный;

от официального оппонента, **Курбатова Алексея Сергеевича**, отзыв положительный;

от начальника сектора Уральского научно-исследовательского института композиционных материалов ОАО «УНИИКМ» **Лимонова С.В.**, утвержденный генеральным директором Чунаевым В.Ю., отзыв положительный;

от доктора технических наук, заведующего лабораторией армированных пластиков Института химической физики Российской академии наук (ИХФ РАН) им. Н.Н. Семенов **Купермана А.М.**, отзыв положительный;

от доктора технических наук, профессора, заведующего лабораторией отдела полимеров и композитов ИХФ РАН им. Н.Н. Семенова **Маневича Л.И.**, отзыв положительный.

от начальника отделения ОАО «Композит» кандидата технических наук, **Богачева Е.А.**, отзыв положительный.

от доктора технических наук, профессора кафедры ТКМ, Ким ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» **Бухарова С.В.**, отзыв положительный;

от кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника, Института прикладной механики (ИПРИМ) Российской академии наук **Жаворонка С.И.**, отзыв положительный;

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В отзыве ведущей организации ИМАШ РАН имеется пять замечаний.

- 1) Условия идеального адгезионного контакта между волокном и матрицей, используемые в ПОЭ не в полной мере соответствуют реальности. На самом деле между волокном и матрицей формируется контактный слой, имеющий собственные механические свойства.
- 2) Из текста не совсем ясно, почему в работе используется термин «толстостенный намоточный кокон». Не совсем ясно, о каких толщинах оболочки идет речь? Целесообразно указать, сколько слоев однонаправленного материала и какова структура армирования поперечного пакета оболочки.
- 3) Не проведено сравнение экспериментальных данных по остаточным напряжениям с теоретическими результатами, полученными автором.
- 4) Автор предлагает ПОЭ, для которого в ходе прямых преобразований формирует тензор модулей вязкоупругости матрицы, решена прямая задача, при этом отсутствует решение обратной задачи. Не вполне ясно, как влияет нелинейная микроструктура на макрофизические характеристики всей ортотропной оболочки.
- 5) В тексте встречаются опечатки, которые в ряде случаев искажают смысл решаемых задач.

Основные замечания в отзыве официального оппонента С.В. Кузнецова.

- 1) В методе двухмасштабных асимптотических разложений, как правило, осуществляется построение корректирующего тензора (корректора), причем можно доказать, что корректор «не повышает» упругие модули (изотропного) композита по сравнению с методом Фойгта. В этой связи не совсем понятно, как

соотносятся, по-видимому, эмпирические формулы (2.3), с методом, основанным на двухмасштабных асимптотических разложениях, применявшимся в диссертации.

- 2) В диссертации отмечена необходимость учета нелинейных эффектов, причем в случае больших деформаций, естественно проводить расчеты в рамках конечных деформаций. Между тем, в соотношениях Коши (2.21) почему-то отсутствуют нелинейные слагаемые.

Замечание в отзыве официального оппонента А.С. Курбатова.

- 1) В автореферате и диссертации не достаточно четко отмечен личный вклад в работу, что затрудняет ее оценку;
- 2) К сожалению, в работе не представлен анализ сходимости расчета гомогенизации свойств материала в зависимости от размеров представительного объема.

Основные критические замечания, содержащиеся в отзывах на автореферат диссертации:

- 1) Не рассмотрено взаимодействие намотанного композиционного толстостенного кокона и титановых заглушек, оказывающих влияние на напряженно-деформированное состояние кокона.
- 2) В автореферате отсутствуют сведения о поведении материала намоточных цилиндров вблизи торцов, что представляет определенный научный и практический интерес.
- 3) Автореферат не содержит какой-либо информации об обосновании выбора представительного элемента объема и сходимости решения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит исследования в области нелинейной механики твёрдых тел.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан новый нелинейный многоуровневый численный алгоритм для прогнозирования остаточных локальных микронапряжений в микроструктуре толстостенных намоточных оболочек в процессе отверждения и охлаждения;

предложены новые подходы к анализу и прогнозированию напряженно-деформированного состояния толстостенного двухсвязного анизотропного композиционного цилиндра на макро и микроуровнях;

доказана применимость разработанных методов к анализу и выявлению опасных зон на уровне микроструктуры толстостенного анизотропного армированного пластика в приложении к конструкции толстостенного сосуда высокого давления;

новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана применимость разработанной методики для расчета кинетики напряженно-деформированного состояния анизотропного толстостенного намоточного цилиндра.

Применительно к проблематике диссертации результативно, с получением обладающих новизной результатов, использован комплекс существующих базовых положений механики деформируемого твердого тела и подходы к решению задач о кинетике напряженно-деформированного состояния толстостенных анизотропных цилиндров от процессов отверждения и охлаждения до эксплуатации;

изложены результаты исследования напряженно-деформированного состояния модели методами конечно-элементного анализа с помощью разработанного автором представительного объемного элемента на всех структурных уровнях;

раскрыты особенности применения численного двухуровневого алгоритма для прогнозирования остаточных технологических напряжений. Показано, что напряжения в опасных зонах на микроуровне может в три раза превышать напряжения в том же месте, по сравнению с решением, полученным при использовании модели сплошной среды;

изучены влияния способов взаимодействия толстостенного намоточного анизотропного цилиндра с оправкой или лейнером;

проведена модернизация двухуровневого нелинейного численного метода расчета для точного прогноза остаточных технологических напряжений анизотропного цилиндра.

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

разработаны методы анализа трехмерного изменения напряженно-деформированного состояния анизотропных двухсвязных толстостенных композитных структур на макро и микроуровнях, применяемых в авиационной, ракетной технике, в супербаллонах и в глубоководных аппаратах;

определены направления практического использования результатов исследований, в частности, – для расчета кинетики напряженно-деформированного состояния сложных двухсвязных толстостенных анизотропных элементов конструкций;

создана двухуровневая нелинейная модель для определения напряженно-деформированного состояния на всех структурных уровнях с привлечением физически нелинейной теории вязкоупругого поведения анизотропного композита с учетом влияния температуры на вязкоупругие свойства полимерной матрицы;

представлены полученные результаты в виде текста, программ, таблиц и графиков, а также приведены рекомендации для проведения практических расчетов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на основе использования классических представлений механики упругого и неупругого деформированного твердого тела;

идея базируется на анализе экспериментальных, теоретических результатов и подходов к исследованию, физико-механического поведения элементов конструкций из армированного пластика;

в работе использованы сравнения авторских результатов численного расчета с имеющимися в научной литературе экспериментальными и теоретическими, включая вычислительные, результатами исследований;

установлено качественное и количественное соответствие результатов расчета с результатами, представленными в литературе для частных случаев, выполнение

закона сохранения энергии для всех численных примеров расчета и численная сходимость решений;

использованы современные программы для численного интегрирования по времени систем нелинейных дифференциальных уравнений.

Личный вклад соискателя состоит в:

разработке математических моделей, обосновании принятых допущений для решения рассматриваемых задач, построении алгоритмов численных решений, анализе результатов исследований и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация Хамед Мемарианфард является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные научно-технические решения и численные методы для прогнозирования остаточных локальных микронапряжений в микроструктуре толстостенных намоточных оболочек в процессе отверждения и охлаждения, имеющие существенное значение для развития страны.

На заседании 26 апреля 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Хамед Мемарианфард ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 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 17, 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.

26.04.2017г