

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Кривень Галина Ивановна

Тема диссертации: Прочность модифицированных волокнистых композитов с вискеризованными волокнами

Специальность: 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 11 декабря 2019 года, протокол №24, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Кривень Г.И. является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Кривень Г.И. отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842. На заседании 11 декабря 2019 года, протокол №24, диссертационный совет принял решение присудить Кривень Г.И. ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Тарлаковский Д.В., 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., Дмитриев В.Г., Дудченко А.А., Зверьяев Е.М., Кузнецов Е.Б., Лурье С.А., Медведский А.Л., Меркурьев И.В., Мовчан А.А., Рабинский Л.Н., 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



Федотенков Г.В.

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 «11» декабря 2019 г. № 24

О присуждении Кривень Галине Ивановне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Прочность модифицированных волокнистых композитов с вискеризованными волокнами» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «07» октября 2019 г., протокол заседания №23 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 Кривень Галина Ивановна, 1992 года рождения, в 2015 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) по специальности «160802 Космические летательные аппараты и разгонные блоки». В период подготовки диссертации соискатель, Кривень Галина Ивановна, работала в

должностях инженера в ПАО «Радиофизика» и инженера НИО-9 в ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», проходила обучение в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» с 01.09.2015 по 31.08.2019.

Диссертация выполнена на кафедре 910Б «Механика наноструктурных материалов и систем» института №9 «Общеинженерной подготовки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, **Рабинский Лев Наумович**, профессор, директор дирекции института №9 «Общеинженерной подготовки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Официальные оппоненты:

Белов Петр Анатольевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории неклассических моделей композиционных конструкций федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт прикладной механики Российской академии наук», г. Москва, Министерство науки и высшего образования РФ,

Ченцов Александр Викторович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории механики технологических процессов, института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, г. Москва, Министерство науки и высшего образования РФ,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **МГУ имени М.В. Ломоносова**, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой механики композитов отделения механики механико-математического факультета

Горбачевым В.И., утвержденном доктором физико-математических наук, профессором, проректором МГУ имени М.В. Ломоносова А.А. Федяниным, отметила, что одним из недостатков классических волокнистых композитов являются низкие показатели по трансверсальной прочности, поэтому в последнее время ведутся исследования возможностей устранения этого недостатка, например, путем улучшения взаимосвязи волокно-матрица. К таким разработкам относятся и попытки вискеризации волокон, т.е. модификация поверхности волокна микро-жгутами, микро-проволками, а также нановолокнами. Анализ экспериментальных исследований действительно показывает, что вискеризация волокон приводит к увеличению трансверсальной прочности модифицированного композита по сравнению с классическим более чем в 2 раза. В настоящее время существует большое число работ по описанию эффективных свойств модифицированных композитов с вискеризованными волокнами, однако прочность таких модифицированных композитов обсуждалась, как правило, только в работах, связанных с экспериментальными исследованиями. Поэтому диссертационная работа, в которой впервые развивается метод аналитической оценки прочности волокнистых композитов на всех масштабных уровнях с учетом объемного содержания волокон, длины вискерсов, их объемного содержания в межфазном слое и всего комплекса геометрических и физических параметров модифицированного композита, несомненно, выполнена на актуальную тему. Приведенные в диссертации результаты имеют важное прикладное и фундаментальное значение, их достоверности сомнений не вызывает.

Соискатель имеет 8 опубликованных печатных работ по теме диссертации, из которых 4 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1 Лурье С.А., Рабинский Л.Н., Кривень Г.И., Лыкосова Е.Д. Напряженное состояние в элементах структуры модифицированных волокнистых композиционных материалов с вискеризованными волокнами // Механика композиционных материалов, 2018, т.24, №1, стр. 122-144.

2 Volkov-Bogorodsky D.B., Lurie S.A., Kriven G.I.: Modeling the effective dynamic properties of fiber composites modified across length scales // Nanoscience and Technology: An International Journal, 2018, Vol.9, No 2, pp. 117-138.

3 Sergey A. Lurie, Dmitrii B. Volkov-bogorodskii, Galina I. Kriven and Lev N. Rabinskiy, 2018. On estimating structural stresses in composites with whiskerized fibers // International Journal of Civil Engineering & Technology (IJCIET), 2018, Volume:9, Issue:6, Pages: 294-308.

4 Лурье С.А., Кривень Г.И., Рабинский Л.Н. О прочности модифицированного композита с вискеризованными волокнами// Композиты и наноструктуры, 2019, т. 11, №1, стр. 1-15.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации и официальных оппонентов, отзывы положительные;

от **Трусова Петра Валентиновича**, доктора физико-математических наук по специальности «Механика деформируемого твердого тела», профессора, заведующего кафедрой математического моделирования систем и процессов ПерНИПУ, Заслуженного деятеля науки РФ, заверенный ученым секретарем ПНИПУ Макаревичем В.И., отзыв положительный;

от **Князевой Анны Георгиевны**, доктора физико-математических наук по специальности «Механика деформируемого твердого тела», профессора, главного научного сотрудника ИФПМ СО РАН, заверенный И.О. ученого секретаря ИФПМ СО РАН Бочкаревой А.В., отзыв положительный;

от **Семенова Владимира Николаевича**, доктора технических наук, главного научного сотрудника НИО-3 ФГУП «ЦАГИ», профессора МФТИ, члена диссертационного совета ФГУП «ЦАГИ» - ОАО «НИАТ» Д 999.84.01, заверенный заместителем генерального директора ФГУП «ЦАГИ» - Начальником комплекса прочности ЛА, кандидатом технических наук Зиченковым М.Ч., 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 разделе, посвященному обзору литературы и критериям прочности композитов не затронута важная область, связанная с методами дискретного моделирования. Это позволило бы более полно связать рассматриваемые слои композита с дефектной структурой.

2. На стр.38 Необоснованное утверждение: «Очевидно, что межфазный слой имеет переменные свойства в направлении длины вискерсов, однако, в связи с тем, что длина вискерсов довольно мала, полагаем, что вискеризованный межфазный слой является материалом с трансверсально изотропными свойствами с плоскостью изотропии поперек вискерсов и его свойства являются постоянными по длине вискерсов»

Считаю, что multiscale-эффекты вполне могут быть порядка длины вискерса и даже короче. Было бы логично привести анализ длины multiscale-эффекта от базового волокна без вискерсов, сравнить его с длиной вискерса и тогда уже делать выводы о пренебрежимости переменности свойств матрицы вдоль вискерса.

Справедливости ради следует отметить, что в обоснование этого утверждения сделаны ссылки на четыре источника, хотя не мешало бы привести их в диссертации в виде цитат.

3. Не исследовано влияние объемного содержания вискерсов на прочностные свойства модифицированного композита с вискеризованными волокнами в то время как сделан очень большой анализ по оценке влияния объемного содержания волокна и длины вискерсов на прочностные характеристики. Уместнее было бы сократить объем работ по оценке влияния объемного содержания волокна и длины вискерсов на прочностные характеристики модифицированного композита и добавить оценку влияния

на прочность объемного содержания вискерсов и плотности упаковки вискерсов.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания:

1. Практическое применение предлагаемого метода оценки прочности модифицированных композитов ограничено, поскольку, судя по автореферату, позволяет делать лишь сравнительные оценки улучшения прочности композита с вискеризованными волокнами по сравнению с традиционным волокнистым композитом.

2. Из текста автореферата не понятно, для какого объемного содержания вискерсов в межфазном слое осуществлялась оценка прочности. Неясно, является ли этот параметр микроструктуры существенным для оценки прочности.

3. Вероятно, при определении эффективных характеристик композита принималась некоторая идеальная геометрия волокон и вискерсов. Оценивалось ли влияние на свойства материалов отклонения геометрических параметров от номинальных значений?

4. Введенные гипотезы об определении прочности композита (по предельным деформациям для матрицы и предельным напряжениям для волокон) требуют более детального обоснования. Не понятно отсутствие даже упоминания об адгезионных характеристиках межфазных соединений.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области.

Белов Петр Анатольевич имеет ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела». Его научная деятельность связана с исследованиями разрушения композитных материалов. За предыдущие 5 лет имеет 15 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, 13 публикации в

журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. П. А. Белов, С. А. Лурье, К. Д. Харченко, Е. Д. Лыкосова. Моделирование механических свойств изотропных межфазных слоёв в теории сред с полями дефектов // Механика композиционных материалов и конструкций. — 2016. — Т. 22, № 2. — С. 159–174.

2. S. A. Lurie, D. B. Volkov-Bogorodsky, P. A. Belov, E. D. Lykosova . Do nanosized rods have abnormal mechanical properties: on some fallacious ideas and direct errors related to the use of the gradient theories for simulation of scale-dependent rods // Nanomechanics Science and Technology. — 2016. — Vol. 7, no. 4. — P. 261–295.

Ченцов Александр Викторович имеет ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела». Его научная деятельность связана с исследованиями прочности и разрушения материалов и конструкций, в частности композитных материалов и конструкций из композитных материалов. За предыдущие 5 лет имеет 3 научных публикации в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, 5 публикаций в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. Гольдштейн Р.В., Попов А.Л., Ченцов А.В. Расчетно-экспериментальная методика прогнозирования релаксационных свойств тонких полимерных волокон в условиях длительного нагружения // Деформация и разрушение материалов. - 2016. - № 3. - С. 36–41.

2. Goldstei R.V., Mokryakov V.V., Chentsov A.V. Anisotropy of the effective elastic modulus of a steel plate with a lattice of circular // Russian Metallurgy (Metally). — 2017. — no. 10. — P. 838–841.

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. Горбачёв В. И. Об эффективных коэффициентах упругости неодородного тела // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. — 2018. — № 4. — С. 114–125,

2. Хохлов А. В. Общие свойства диаграмм деформирования линейных моделей вязкоупругости при постоянной скорости деформации // Проблемы прочности и пластичности. — 2015. — Т. 77, № 1. — С. 60–74

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод определения прочности модифицированных композитов с вискеризованными волокнами при статическом нагружении, а также новый подход определения эффективного модуля поперечного сдвига;

предложено для композитов использовать структурный критерий, согласно которому прочность композита определяется его слабой фазой;

доказана применимость разработанного метода по оценке прочности к аналитическому и численному расчету сравнительных характеристик несущих способностей модифицированных композитов и классических композитов;

новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана эффективность применения структурного критерия по максимальным напряжениям и деформациям к оценке прочности модифицированного композита с вискеризованными волокнами;

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

трех фаз, основанный на разрешающих уравнениях классической теории упругости, структурные критерии прочности, а также современные пакеты математического моделирования;

изложены принципы выбора слабых фаз модифицированного композита с вискеризованными волокнами, контролирующими прочность таких композитов при различных видах статического нагружения;

раскрыты особенности поведения модифицированных композитов с вискеризованными волокнами, образованными двумя фазами – волокном и матрицей, где роль матрицы выполняет вискеризованный межфазный слой;

изучены степени влияния объемного содержания волокна и длины вискерсов на напряженно-деформированные состояния модифицированных композитов при следующих видах нагружения: одноосное растяжения вдоль оси волокна, чистый сдвиг в плоскости вдоль волокна, чистый сдвиг в плоскости поперек волокна и всестороннее нагружение в плоскости поперек волокна;

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

разработаны и внедрены математические методы оценки прочности модифицированных композитов с вискеризованными волокнами, которые позволяют прогнозировать прочность таких композитов с любыми геометрическими и физическими характеристиками элементов структур в условиях статического нагружения без проведения соответствующих испытаний;

в зависимости от вида статического нагружения **определены** рациональные структуры модифицированных композитов с вискеризованными волокнами, состоящие из углеродного волокна Т-650, углеродных нанотрубок и эпоксидной матрицы;

создана система практических рекомендаций по применению модифицированных композитов с вискеризованными волокнами вместо классических волокнистых композитов;

представлены графики напряженных и деформированных состояний во всех фазах различных по объемному содержанию волокна и длине вискерсов

модифицированных композитов, состоящих из углеродного волокна T-650, углеродных нанотрубок и эпоксидной матрицы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на определении локальных полей напряжений и деформаций по известному методу трех фаз, расширенного на многофазную среду, показавшего себя как наиболее точный метод для определения характеристик композита для достаточно высоких концентраций включений, а также на структурном критерии прочности, в рамках которого оцениваются особенности строения анизотропного тела;

идея базируется на исследовании характеров разрушений модифицированных композитов с вискеризованными волокнами при различных видах нагружений и выявлении слабых фаз;

использованы сравнения результатов численного расчета напряженно-деформированных состояний модифицированных композитов с напряженно-деформированными состояниями аналогичных классических композитов;

установлено что модифицированные композиты с вискеризованными волокнами обладают более высокими показателями по трансверсальной прочности, нежели аналогичные композиты, особенно такой эффект наблюдается, когда модифицированный композит состоит из двух фаз: волокна и матрицы представленной в виде вискеризованного межфазного слоя;

использованы современные программные комплексы математического моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задачи и получении новых численных решений локальных полей напряжений и деформаций в фазах различных модифицированных композитов с вискеризованными волокнами, в обосновании их достоверности и разработке метода оценки прочности модифицированных композитов на основе полученных данных о напряжениях и деформациях.

Приведенные положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченным научно-квалификационным

