

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.05

Соискатель: Маковский Сергей Владимирович

Тема диссертации: Динамические характеристики модифицированных волокнистых композитов с вискеризованными волокнами

Специальность: 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 30 декабря 2020 года, протокол 35, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Маковского С.В. является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Маковского С.В. отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 30 декабря 2020 года, протокол 35, диссертационный совет принял решение присудить Маковскому С.В. ученую степень кандидата технических 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., Дмитриев В.Г., Дудченко А.А., Зверьев Е.М., Кузнецов Е.Б., Лурье С.А., Медведский А.Л., Мовчан А.А., Нерубайло Б.В., Рабинский Л.Н., Солдатенков И.А., 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



Федотенков Г.В.

Начальник отдела
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 НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «30» декабря 2020 г. № 35

О присуждении Маковскому Сергею Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Динамические характеристики модифицированных волокнистых композитов с вискеризованными волокнами» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите «26» октября 2020 г., протокол заседания № 34 диссертационным советом Д 212.125.05, созданным 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 Маковский Сергей Владимирович, 1993 года рождения, в 2016 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «150502 Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» с отличием. В период подготовки диссертации соискатель, Маковский С.В., работал младшим научным сотрудником в ФГБУН «Институт прикладной

механики Российской академии наук» (ИПРИМ РАН), освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» МАИ, которую окончил в 2020 году.

Диссертация выполнена на кафедре 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» института №6 «Аэрокосмический» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» МАИ.

Научный руководитель – доктор технических наук, **Дудченко Александр Александрович**, профессор, профессор кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» МАИ.

Официальные оппоненты:

Никабадзе Михаил Ушангиевич, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой механики композитов отделения механики механико-математического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва.

Радченко Валерий Петрович, кандидат технических наук, заместитель генерального директора – главный конструктор направления, ПАО «Радиофизика», г. Москва,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» (ИМАШ РАН)**, г. Москва., в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук,

профессором, главным научным сотрудником ФГБУН ИМАШ РАН, Азиковым Н.С., доктором технических наук, профессором, заведующим отделом «Конструкционное материаловедение» ФГБУН ИМАШ РАН Романовым А.Н., утвержденном доктором технических наук, профессором, временно исполняющим обязанности директора ФГБУН ИМАШ РАН Глазуновым В.А. отметила, что в настоящее время композитные конструкции находят широкое применение в различных областях техники. Механические свойства композитов формируются условиями контакта между волокном и матрицей в композите. На свойства материалов влияет характер взаимодействия фаз в области контакта этих фаз и изучение этого взаимодействия определяет качество интерфейса, в которое входит модификация поверхности волокна, улучшение химических взаимодействий, либо добавление третьей фазы (межфазного слоя) между волокном и матрицей. Это повышает межфазные адгезионные свойства, повышает эффект передачи нагрузок между волокнами и матрицей, что повышает характеристики материала. Для этого, в настоящее время, развивают технологию производства углеродных волокон, на поверхности которых выращивают специальные микроструктуры в виде нанопроволок и углеродных нанотрубок для повышения сдвиговых свойств композита, что подтверждается экспериментальными исследованиями. Кроме того, эта фаза с вискеризованными волокнами характеризуется высокими значениями прочности и жесткости при сдвиге по сравнению с применяемыми в настоящее время композитами. Все это позволяет заниматься прогнозированием свойств новых создаваемых multifunctional материалов с дополнительным вискеризованным слоем, которые влияют не только на прочность, жесткость, демпфирование, но и на усталость, электро- и теплопроводность и другие свойства. Поэтому рецензируемая диссертация посвящена актуальной проблеме моделирования демпфирующих свойств волокнистых слоистых с функциональными волокнами и удовлетворяет всем критериям,

установленным Положением «О порядке присуждения учёных степеней», а её автор, Маковский С.В. заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Соискатель имеет 4 опубликованные печатные работы по теме диссертации, из которых 3 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Dudchenko A.A., Lurie S.A., Makovskij S.V. and Shramko K.K. Stress-strain state of the interfacial layer in a visco-composite composite with longitudinal shear // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 683.

2. Кривень Г.И., Маковский С.В. О демпфирующих свойствах вискеризованного слоя в модифицированных волокнистых композитах т. Влияние характеристик вискерсов на эффективный продольный модуль сдвига композиционных материалов, армированных вискеризованными волокнами // Труды МАИ. – 2020. – №114.

3. Lurie S.A., Rabinskiy L.N., Kriven G.I., Makovskii S.V. Effective dissipative properties of a whiskered layer in modified fibrous composites with whiskered fibres// Periodico Tche Quimica. – 2020. – Vol. 17. – № 36. – Pp. 978-993.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

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

от **Комарова Валерия Андреевича**, профессора, доктора технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов», профессора кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университета имени академика С.П. Королева» (Самарский университет), отзыв положительный.

от **Халиулина Валентина Илдаровича**, профессора, доктора технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство

летательных аппаратов», Заведующего кафедрой производства летательных аппаратов, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева» (КНИТУ-КАИ), отзыв положительный.

от **Резника Сергея Васильевича**, профессора, доктор технических наук по специальности 05.07.01 «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов», заведующего кафедрой СМ13 «Ракетно-космические композитные конструкции», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 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 отзывах имеются следующие основные критические замечания:

1. В работе в явном виде не обсуждается способ контакта вискерсов различного типа с волокном или гипотеза об этом контакте.
2. Не показано как от увеличения толщины межфазного слоя изменяется предельная для волокон в композите.
3. Отсутствует сравнение результатов используемых методов осреднения для всего композита в 4 главе

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 механики композитов. За предыдущие 5 лет имеет 14 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-

аналитических баз данных Web of Science и Scopus, 7 публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. Nikabadze M.U., Ulukhanyan A.R. (2016) Analytical Solutions in the Theory of Thin Bodies. In: Altenbach H., Forest S. (eds) Generalized Continua as Models for Classical and Advanced Materials. Advanced Structured Materials, vol 42. Springer, Cham.

2. Никабадзе М.У. К расщеплению начально-краевых задач в анизотропной линейной теории упругости. Вестн. Московс. ун-та. Серия 1: Математика. Механика. 2019. № 5, 23-30.

Радченко Валерий Петрович имеет ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела». Его научная деятельность связана с исследованиями в области механики композитов, За предыдущие 5 лет имеет 3 публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. Добрянский В.Н., Рабинский Л.Н., Радченко В.П., Соляев, Ю. О. Оценка ширины зоны контакта между плоскоовальными каналами охлаждения и корпусом приёмо-передающего модуля активной фазированной антенной решётки //Труды МАИ. – 2018. – №. 101.

2. Бабайцев А.В., Венценосцев Д.Л., Рабинский Л.Н., Радченко В.П. Оценка тепловых режимов приемопередающего модуля активной фазированной антенной решетки //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – №. 9-1.

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. Ruslantsev A.N., Portnova Y.V., Tairova L.P., Dumansky A.M. Analysis of mechanical properties anisotropy of nanomodified carbon fibre-reinforced woven composites. //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016, V. 153, 012003, P .1-8.

2. Dumansky A.M., Liu H., Alimov M.A. Strain-rate effect on mechanical behavior of unidirectional carbon fiber reinforced plastic //Materials Today: Proceedings. – 2019. – Т. 19. – С. 2377-2381.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика оценки эффективных динамических свойств модифицированных композитов с вискеризованными волокнами, включающая двухэтапное моделирование: сначала определение эффективных свойств вискеризованного слоя, и на их основании эффективных свойств всего композита;

предложен алгоритм расчета эффективных динамических свойств волокнистых композитов с вискеризованными волокнами в целом, основанный на методе самосогласования Эшелби и методе комплексных модулей, позволяющий давать обоснованные оценки эффективных характеристик с учетом реальной микро- и наноструктуры вискеризованного слоя с возможностью использования в качестве матрицы межфазного слоя вязкоупругого полимера, обеспечивающего повышение демпфирующих свойств;

доказана возможность использования упрощенных предельных соотношений типа Рейсса для проведения экспресс оценок эффективных диссипативных характеристик вискеризованного слоя и модифицированного композита в целом;

НОВЫЕ ПОНЯТИЯ не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность использования упрощенных предельных соотношений типа Рейсса для проведения экспресс оценок эффективных диссипативных характеристик вискеризованного слоя и модифицированного композита в целом;

использован комплекс существующих базовых положений механики деформируемого твердого тела, механики композитов и микромеханики, применен метод самосогласования Эшелби и метод комплексных потенциалов;

изложены алгоритмы аналитического и численного решения задач определения эффективных динамических характеристик модифицированных композитов с учетом реальной микро- и наноструктуры;

раскрыты особенности поведения элементов вискеризованного композита,

изучены степени влияния свойств и концентраций матрицы и вискерсов в межфазном слое на эффективные демпфирующие и упругие свойства модифицированного композита в целом;

проведена модернизация существующей методики оценки эффективных динамических свойств модифицированных композитов с вискеризованными волокнами.

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

разработана и внедрена методика оценки эффективных динамических свойств модифицированных композитов с вискеризованными волокнами, включающая двухэтапное моделирование: сначала определение эффективных свойств вискеризованного слоя, и на их основании эффективных свойств модифицированного композита;

определены практически важные зависимости демпфирующих свойств межфазного слоя от свойств матрицы и вискерсов;

созданы подходы к решению задач по определению демпфирующих свойств модифицированных композитов с вискеризованным межфазным слоем;

представлены графики зависимости демпфирующих свойств от объемной доли связующего в вискеризованном слое, используемых материалов и методов осреднения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

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

идея базируется на аналитических методах решения задач и особенностях поведения вязкоупругих полимеров;

использованы метод самосогласования Эшелби, метод комплексных модулей, методы осреднения характеристик трех фаз и метод Рейсса рассматриваемых в диссертационной работе задач;

установлено качественное и количественное соответствие, полученных с использованием метода Рейсса и метода трех фаз, эффективных свойств вискеризованного межфазного слоя. Возможность использования метода Рейсса для определения эффективных демпфирующих свойств вискеризованного слоя модифицированного композита;

использованы современные программные комплексы математического моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач и получении новых аналитических и численных решений для определения демпфирующих характеристик модифицированных композитов с вискеризованным межфазным слоем..

Приведенные положения позволяют заключить, что представленная диссертация является законченным научно-квалификационным исследованием, содержащем элементы научной новизны, имеющим важное прикладное и фундаментальное значение для развития механики композитов и механики деформируемого твердого тела. В ней представлены новые, обоснованные результаты, что соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 30 декабря 2020 года диссертационный совет принял решение присудить Маковскому С.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 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 **16**, против **1**, недействительных бюллетеней **1**.

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.

30.12.2020г

Начальник отдела

Т.А. Аникина

