

# СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.05

**Соискатель:** Бабайцев Арсений Владимирович

**Тема диссертации:** Моделирование напряженно-деформированного состояния толстостенных композитных конструкций, работающих в условиях динамического нагружения

**Специальность:** 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 25 декабря 2019 года, протокол 36, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Бабайцева А.В. является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Бабайцева А.В. отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 25 декабря 2019 года, протокол 36, диссертационный совет принял решение присудить Бабайцеву А.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., Дудченко А.А., Кузнецов Е.Б., Лурье С.А., Зверьев Е.М., Меркурьев И.В., Рабинский Л.Н., Рыбаков Л.С., Сибиряков А.В., Сидоренко А.С., 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.

**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 «25» декабря 2019 г. № 36

О присуждении Бабайцеву Арсению Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование напряженно-деформированного состояния толстостенных композитных конструкций, работающих в условиях динамического нагружения» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите «23» октября 2019 г., протокол заседания № 35 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 Бабайцев Арсений Владимирович, 1991 года рождения, в 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «150301 Динамика и прочность машин» с отличием. В период подготовки диссертации соискатель, Бабайцев А.В., работал инженером-



конструктором в ЗАО «АэроКомпозит», работал младшим научным сотрудником в НИО-9 ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», проходил обучение в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». Год окончания аспирантуры – 2018 г.

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:

**Сарбаев Борис Сафиулович**, доктор технических наук, заместитель заведующего кафедрой по научной работе, профессор кафедры "Космические аппараты и ракеты-носители" МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Министерство науки и высшего образования РФ,

**Волков-Богородский Дмитрий Борисович**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН), г. Москва, Министерство науки и высшего образования РФ,  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский**

государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (СГТУ), г. Саратов, в своем положительном заключении, подписанном доктором технических наук, профессором кафедры «Прикладная математика и системный анализ» Поповым В.С. и доктором физико-математических наук, профессором, заведующий кафедрой «Прикладная математика и системный анализ» Землянухин А.И. утвержденном доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям СГТУ им. Гагарина Ю.А. Сытник А.А. отметили, что рассмотренная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научно-техническая проблема механики деформируемого твердого тела. Новизна полученных результатов, их достоверность и практическое значение сомнений не вызывает, работа удовлетворяет пунктам 9-11, 13, 14 Положения «О порядке присуждения учёных степеней», а ее автор, Бабайцев А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 - «Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 9 опубликованных печатных работ по теме диссертации, из которых 5 опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. A.V. Babaytsev, A.A. Zotov. Designing and Calculation of Extruded Sections of an Inhomogeneous Composition // Russian Metallurgy (Metally), Vol. 2019, No. 13, pp. 134–137.

2. А.В. Бабайцев, Л.Н. Рабинский, А.Ю. Бурцев, Ю.О. Соляев. Методика приближенной оценки напряжений в толстостенной осесимметричной композитной конструкции. Труды МАИ. 2019. Выпуск №107.

3. А.В. Бабайцев, Л.Н. Рабинский, А. В. Инюхин, А.В. Лисицын, П.А. Моссаковский, Ю.О. Соляев Влияние искривления волокон на прочность углепластика при высокоскоростном нагружении. Механика композиционных материалов и конструкций. Том 25. №3 2019.



4. А.В. Бабайцев, А.А. Зотов, А.Н. Волков. Определение НДС многослойного ламината с использованием ступенчатой аппроксимации. Известия Тульского государственного университета. Выпуск 12. Часть 2. с175-185.

5. А.В. Бабайцев, А.А. Зотов. Проектирование и расчет прессованных профилей неоднородного состава. Технология металлов. 2018. № 11. С. 16-20. DOI: 10.31044/1684-2499-2018-11-16-20

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

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

от **Головина Николая Николаевича** зам. начальника отделения – начальник отдела, кандидат технических наук, старший научный сотрудник и **Майской Елены Викторовны** начальника сектора – зам. начальника отдела, заверенный ученым секретарем научно-технического совета АО «Корпорация «МИТ» М.Б. Горбунова, отзыв положительный;

от **Серебряковой Натальи Юрьевной**, кандидата технических наук, начальник сектора «Слоистые алюмокомпозиты и гибридные материалы на их основе, бериллиевые сплавы» лаборатория №634 «Алюминиевые деформированные сплавы» ФГУП ВИАМ, заверенный ученым секретарем кандидата технических наук, доцента Свирденко Д.С., отзыв положительный;

от **Насонова Федора Андреевича**, инженера-технолога 1 кат. НИО-21 Материалов и технологий ПАО «Компания «Сухой», кандидата технических наук по специальности 05.16.09, заверенный заместителем директора ОКБ Сухого-директор по проектированию Е.П. Савельевских, отзыв положительный;

от **Шаныгина Александра Николаевича**, кандидата технических наук, начальника лаборатории ФГУП «ЦАГИ», **Гришина Вячеслава Ивановича**, главного научного сотрудника ФГУП «ЦАГИ», доктора технических наук, профессора, **Крючкова Евгения Ивановича**, кандидата

технических наук, ведущего научного сотрудник ФГУП «ЦАГИ», отзыв положительный;

от **Брагова Анатолия Михайловича**, доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией динамических испытаний материалов НИИ механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ) и **Ломунова Андрея Кирилловича**, доктора физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ), заверенный управлением персонала №10 «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ), отзыв положительный;

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

1. Расчетная модель, предложенная в разделе 2.1, перегружена упрощениями. Например, предполагается, что КМ является квазиизотропным материалом (см. табл.2.1 на стр.25). При этом не указывается, является ли композит намоточным углепластиком или углерод-углеродным композитом. Несмотря на то, что в обзорной главе 1 подчёркивается важность обеспечения прочности резьбового соединения и анализа концентрации касательных напряжений на границе «металл-композит», в предлагаемой расчетной схеме не учитывается податливость резьбового слоя. Следует заметить, что в рамках одномерного подхода при осевом нагружении это сделать несложно. Такой подход приводил бы к более достоверным значениям касательных напряжений в области контакта «металл-композит». В частности, он позволил бы описать концентрацию касательных



напряжений по краям тела, а также в сечениях, где стыкуются цилиндрические и конические части.

2. В методике расчета, предложенной в главе 2, используется модуль упругости применяемых материалов. Поэтому в разделе 3 помимо анализа значений пределов прочности и предельных деформаций хотелось бы увидеть сравнение величин модулей упругости, определённых экспериментально статическим и динамическим способами.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. В автореферате применено сокращение ВУ, однако его расшифровка не приведена, она есть только в тексте диссертации.

2. На стр. 27 после формулы (2.1.1) (автореферат - на стр. 7, после формулы (1)) приведена формула без номера, в пояснении к которой присутствует,  $\rho_c$  - плотность материала стержня, однако в самой формуле данной плотности нет, в тоже время в формуле (2.1.4) (автореферат - формула (3)) данная плотность есть, а в описании входящих в нее членов данная плотность отсутствует.

**Выбор официальных оппонентов обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области. **Сарбаев Борис Сафиулович** имеет ученую степень доктора технических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела». Его научная деятельность связана с исследованиями в области механики СПФ. За предыдущие 5 лет имеет 2 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, 11 публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. Bobrov, A.V., Sarbaev, B.S., Shirshov, Y.Y. Deformation and strength properties of a carbon-carbide composite with 2D reinforcement under plane stress state // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. Volume 45, Issue 2, 2016, Pages 145-151. DOI: 10.3103/S1052618816020035

2. Сарбаев Б.С., Ширшов Ю.Ю., Галаджиев С.В. Способ расчета напряжений и деформаций в многослойном композиционном материале в области технологического дефекта в виде складки // *Конструкции из композиционных материалов*. 2018. № 4 (152). С. 26-34.

**Волков-Богородский Дмитрий Борисович** имеет ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 «Вычислительная математика». Его научная деятельность связана с исследованиями в области механики. За предыдущие 5 лет имеет 10 научных публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus, 15 публикации в журналах, входящих в Перечень РФ рецензируемых научных изданий. Тематика публикаций связана с направлением исследований диссертации:

1. Lurie, S.A., Volkov-Bogorodskiy, D.B., Knyzeva, A.G., Panin, S.V., Kornienko, L.A. Scale effects in tribological properties of solid-lubricating composites made of ultra-high molecular weight polyethylene filled with calcium stearate particles // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Volume 124, Issue 1, 2 June 2016, № 012035. DOI: 10.1088/1757-899X/124/1/012035

2. Volkov-Bogorodskiy, D.B., Lurie, S.A., Kriven, G.I. Modeling the effective dynamic properties of fiber composites modified across length scales // *International Journal of Nanomechanics Science and Technology*. Volume 9, Issue 2, 2018, Pages 117-138. DOI: 10.1615/NanoSciTechnolIntJ.2018026537

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. Землянухин А. И., Бочкарев А. В. Метод возмущений и точные решения уравнений нелинейной динамики сред с микроструктурой. // Вычислительная механика сплошных сред. 2016. Вып. N 2. Т. 9. №N 2. С. 182-191

2. Zemlyanukhin A. I., Bochkarev A. V., Mogilevich L. I., Tindova E. G. Axisymmetric Longitudinal-Bending Waves in a Cylindrical Shell Interacting with a Nonlinear Elastic Medium. // Modelling and Simulation in Engineering. 2016. С. 7 р..

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** комплексная методика расчета и проектирования композитных тел вращения при осесимметричном динамическом нагружении;

**предложены** новые подходы для аналитического расчета составных композитных тел вращения при осесимметричном нагружении;

**доказана** применимость разработанных методик и алгоритмов для аналитических и численных расчетов напряженно-деформированного (НДС) толстостенных композитных конструкций, работающих в условиях динамического нагружения;

**новые понятия** не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** эффективность применения полученных результатов и разработанных моделей к решению задач определения НДС толстостенных композитных конструкций, работающих в условиях динамического нагружения. Это вносит существенный вклад в развитие методов анализа

НДС элементов конструкций из композитных материалов, работающих в условиях динамического нагружения;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых положений механики деформируемого твердого тела, теории упругости, механики композиционных материалов, а также современные пакеты математического моделирования;

**изложены** алгоритмы аналитического и численного решения задач механики расчета композитных тел вращения при осесимметричном нагружении работающих в условиях интенсивного нагружения поверхностными и объемными нагрузками;

**раскрыты** особенности поведения толстостенных композитных конструкций при динамическом нагружении. Представлены результаты экспериментального исследования физико-механических характеристики КМ на основе углеродных волокон при статическом и высокоскоростном нагружении. Установлено влияние изменения механических характеристик при высокоскоростном нагружении и влияние искривления волокон (характерного для толстостенных композитов);

**изучены** степени влияния явления изменения геометрических параметров конструкции на напряженно-деформированное состояние, а также влияние изменения механических характеристик, укладки и искривления волокон на уровень напряжений и характер разрушения толстостенных композитов;

**проведена модернизация** существующего подхода решения модели, а также представлен уточняющий метод расчета данных конструкций.

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

**разработаны и внедрены** новые подходы к расчету и анализу НДС элементов конструкций, работающих в условиях динамического нагружения;

**определены** практически важные зависимости влияние скорости нагружения, а также влияние геометрии на НДС конструкции;



**созданы** подходы к решению задач механики тела вращения при осесимметричной нагрузке;

**представлены** характерные диаграммы напряжения-деформации, полученные в результате высокоскоростных и квазистатических испытаний образцов различных типов, а также представлены результаты характерные деформированные модели и результаты при высокоскоростном нагружении.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**теория** построена на известных положениях механики деформируемого твердого тела, общепринятых гипотезах, многократно апробированной ранее моделей деформирования при динамическом нагружении;

**идея базируется** на аналитических методах решения теории упругости, механики твердого тела, механики композиционных материалов, теории дифференциальных уравнений;

**использованы** сравнения результатов аналитического расчета с численными расчетами, полученными путем использования апробированных конечно-элементных моделей для ряда рассматриваемых в диссертационной работе задач;

**установлено** качественное и количественное соответствие полученных аналитических решений задач с численными решениями, влияние скорости нагружения на изменение механических характеристик, влияние изменения геометрии и механических характеристик на уровень распределение напряжений по конструкции;

**использованы** современные программные комплексы математического моделирования, численные комплексы, испытательные установки и соответствующие им измерительные приборы.

**Личный вклад** соискателя состоит в постановке задач и получении новых аналитических и численных решений и результатов исследований, в проведении статических и динамических испытаний толстостенных композиционных материалов и получении экспериментальных результатов в зависимости от типа и характера укладки волокон, в анализе и обосновании

