

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: 24.2.327.07

Соискатель: Хомченко Антон Васильевич

Тема диссертации: Численное моделирование поведения слоистых элементов конструкций из полимерных композиционных материалов при наличии внутренних дефектов под действием динамических нагрузок

Специальность: 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 14 февраля 2024 года, протокол 30, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Хомченко Антона Васильевича является законченной научно-квалификационной работой и имеет важное прикладное значение. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Хомченко Антон Васильевича отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 14 февраля 2024 года, протокол 30, диссертационный совет принял решение присудить Хомченко Антону Васильевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: Заместитель председателя диссертационного совета Земсков А.В. и Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета Сердюк Д.О.

Члены диссертационного совета: Булычев Н.А., Кузнецова Е.Л., Вестяк В.А., Дмитриев В.Г., Медведский А.Л., Миронова Л.И., Рабинский Л.Н., Федотенков Г.В.

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.2.327.07,
д.ф.-м.н., доцент



Земсков А.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.07,
к.т.н., доцент



Сердюк Д.О.

Начальник отдела
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.07,
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 «14» февраля 2024 г. № 30

О присуждении Хомченко Антону Васильевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Численное моделирование поведения слоистых элементов конструкций из полимерных композиционных материалов при наличии внутренних дефектов под действием динамических нагрузок» по специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите «13» ноября 2023 г., протокол № 29, диссертационным советом 24.2.327.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета 24.2.327.07 – № 1184/нк от «12» октября 2022 г.

Соискатель Хомченко Антон Васильевич, 13 августа 1992 года рождения, в 2015 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет» по специальности 150301 «Динамика и прочность машин» с отличием. В период подготовки

диссертации соискатель, Хомченко А.В., работал начальником бригады конечно-элементного моделирования отдела разработки алгоритмов и программ отделения прочности конструкторского бюро ПАО «Яковлев», проходил обучение в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на очной форме обучения по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика».

Диссертация выполнена на кафедре 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» института №9 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент **Медведский Александр Леонидович**, первый заместитель генерального директора федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского».

Официальные оппоненты:

Константинов Александр Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической, компьютерной и экспериментальной механики института информационных технологий, математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород,

Говорун Максим Валерьевич, кандидат технических наук, начальник отдела общей прочности ПАО «Ил», г. Москва,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой СМ-13 «Ракетно-космические композитные конструкции» **Резником Сергеем Васильевичем**, утвержденном доктором экономических наук, профессором, проректором по науке и цифровому развитию федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» **Дроговозом Павлом Анатольевичем**, указала, что диссертация Хомченко Антона Васильевича по содержанию может считаться завершённой и выполнена на достаточно высоком уровне. Диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 01.10.2018) «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Хомченко Антон Васильевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Соискатель имеет 57 опубликованных работ по теме диссертации, 12 из которых – в журналах из перечня ВАК РФ, 3 статьи – в журналах, индексируемых в Scopus.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Медведский А.Л., Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Поведение пологой композитной панели с внутренними повреждениями под действием нестационарной нагрузки // Научно-технический журнал «Строительная механика и расчет сооружений». № 2, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, 2019. С. 43-47.

2. Медведский А.Л., Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Численный анализ поведения слоистой композитной панели с межслоевыми дефектами под действием динамических нагрузок // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. Т. 15. №2. 2019. С. 127-134.

3. Медведский А.Л., Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Численное исследование разрушения плоской панели из ПКМ с внутренними дефектами под действием нестационарной нагрузки // Научно-технический журнал «Авиационная промышленность». №1, 2019. С. 52-56.

4. Медведский А.Л., Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Динамика подкреплённой композитной панели со смешанной укладкой монослоёв с внутренними повреждениями при нестационарных воздействиях // Вестник Брянского государственного технического университета. №7(80), БГТУ, 2019. С. 35-41.

5. Медведский А.Л., Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Поведение пологой композитной панели с начальными дефектами при ударном воздействии // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Выпуск 12. Тула, ТулГУ, 2019. С. 159-163.

6. Медведский А.Л., Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Поведение пологой композитной четырёхстрингерной панели с внутренними повреждениями при нестационарном воздействии // Учёные записки ЦАГИ. Т. LI, №2, 2020. С. 47-56.

7. Мартиросов М.И., Медведский А.Л., Хомченко А.В. Поведение слоистых элементов конструкций из полимерного композита с внутренними дефектами при нестационарных воздействиях // Всероссийский научный журнал «Механика композиционных материалов и конструкций». Т. 26, №2, 2020. С. 259-268.

8. Медведский А.Л., Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Механика деформирования и разрушения полимерных композитов при наличии множественных расслоений произвольной формы под действием динамических нагрузок // Труды МАИ, 2022. №124. С. 1-40.

9. Мартиросов М.И., Хомченко А.В. Расчетно-экспериментальное исследование поведения плоской подкрепленной панели из углепластика при ударе // Труды МАИ, №126, 2022. С. 1-20.3. Medvedskiy A.L., Martirosov M.I., Khomchenko A.V., Dedova D.V. Behaviour of a cylindrical reinforced carbon fiber shell under impact load. // TEM Journal. Vol. 10, No. 4. Serbia, 2021, pp. 1597-1604.

10. Medvedskiy A.L., Martirosov M.I., Khomchenko A.V., Dedova D.V. Assessment of the strength of a composite package with internal defects according to various failures criteria under the influence of unsteady load // Periodico Tche Quimica. Vol. 17, No. 35. Brasil, 2020, pp. 1218-1230.

В этих и остальных работах разработаны методы численного моделирования поведения тонкостенных композитных элементов конструкций при наличии внутренних дефектов типа расслоений при динамических воздействиях. В материалах совместных публикаций личный вклад автора является определяющим.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации и официальных оппонентов, отзывы положительные;

от кандидата технических наук, заместителя начальника отделения «Статическая и тепловая прочность ЛА» ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского», **Лимонина Михаила Валерьевича**, отзыв положительный;

от доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Подвижной состав железных дорог» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» **Болдырева Алексея Петровича**, отзыв положительный;

от доктора технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника ФГБУН «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук» **Алешина Александра Константиновича**, отзыв положительный;

от кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника ФГБУН «Институт прикладной механики Российской академии наук» **Жаворонка Сергея Игоревича**, отзыв положительный;

от заместителя главного конструктора по прочности – начальника отделения прочности ПАО «Яковлев» **Гусева Павла Николаевича**, отзыв положительный;

от доктора технических наук, заместителя главного конструктора по прочности ПАО «Яковлев» филиал «Региональные самолёты» **Митрофанова Олега Владимировича**, отзыв положительный;

от доктора технических наук, старшего научного сотрудника, заместителя начальника отделения усталостной и статической прочности ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт им. С.А. Чаплыгина» **Железнова Льва Петровича**, 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 поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве **ведущей организации** Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» имеются следующие замечания:

1. Для учета влияния скорости деформации, в частности, в случае воздействия градом, соискателем были использованы соотношения вязкоупругости с ядром в виде экспоненциального ряда Прони. Не ясно как были использованы предложенные определяющие соотношения и чему равны их параметры.

2. Рисунки в главе 3 (3.2.2, 3.3.6, 3.3.8), иллюстрирующие распределение запасов прочности по критериям Фишера, Пака и LARC требуют пояснения.

3. В работе присутствуют некоторые стилистические и терминологические неточности и опечатки.

Замечания в отзыве **официального оппонента Константинова А.Ю.:**

1. Во введении утверждается, что автором исследования используются методы теории слоистых пластин и оболочек. Однако это не вполне корректная формулировка, поскольку автор использует методы расчета слоистых конструкций, но не теорию слоистых оболочек.

2. В п.1.2.4 приводятся формулы расчёт эффективных упругих характеристик монослоя композиционного материала по характеристикам волокна и матрица (формулы 1.2.19-1.2.23), которые в работе не используются.

3. В п.3.1 утверждается, что целью описанных в главе 3 исследований «является определение несущих свойств тонкостенных конструкций с дефектами в том числе с учётом динамики развития дефектов», однако в этой главе результатов анализа динамики развития дефектов и её влияния на несущую способность конструкции не приводится.

4. При решении задач оценки прочности элементов конструкций при динамическом воздействии часто требуется учитывать влияние скорости деформации на жёсткостные и прочностные характеристики материалов. Исследовался ли вопрос влияния скорости деформации на свойства используемых в работе композиционных материалов?

5. Отсутствуют описание параметров R и Q в п.1.6.1 про критерии прочности.

6. В описании задачи п.2.2 не указано между какими слоями расположены дефекты.

7. В некоторых местах в работе присутствует ряд незначительных опечаток (отсутствует рисунок 4.4.9, хотя ссылка на него в тексте есть; в

п.3.2 имеется ссылка на формулу 1.4.14 расчёта коэффициента запаса прочности, такой формулы в работе нет, по-видимому, должны быть формула 1.6.14 и пр.).

Замечания в отзыве **официального оппонента Говоруна М.В.:**

1. В главе 1 при описании уравнения состояния града описаны не все константы, входящие в уравнение.

2. На рис. 1.5.3 не ясно, что такое «g».

3. В описании используемых типов конечных элементов (п. 1.4.1) не приведена формула определения шага по времени для центрально-разностной схемы для объёмного конечного элемента, приведена зависимость только для слоистой оболочки.

4. В таблице 3 величина модуля сдвига для первого материала, видимо, указана в МПа, а должна в ГПа.

5. В главе 3, на рис. 3.4.1 не указано расположение эпицентра взрыва.

6. В главе 4 не приведены коэффициенты трения между ударниками и конструкцией.

7. В работе присутствует ряд незначительных опечаток.

В отзывах на автореферат следует отметить следующие замечания:

1. Отсутствует описание модели, используемой для описания взрывной волны в п. 1.2

2. В п. 1.2 не указан закон упруго-пластического поведения модели материала града.

3. Не указан тип критерия разрушения межслоевой связи.

4. Не указан критерий разрушения рассматриваемого в работе композиционного материала.

5. В тексте автореферата не приведены краевые условия для панели, реализуемые при проведении экспериментального исследования.

6. В работе представлены результаты валидации по результатам испытаний на примере удара стальным бойком с энергиями 90 и 136 Дж по

подкреплённой панели, но не указано обоснование выбора этих значений энергии.

7. В общем случае расслоения композитной панели могут иметь различную структуру, в том числе несимметричную. Из автореферата не ясно, какие структуры расслоений рассмотрены в работе.

8. В тексте ничего не сказано о программной реализации разработанных автором методик.

9. В главе 1 не даны рекомендации по практической применимости критериев разрушения. В главе 4 (валидация) не указан критерий разрушения.

10. В описании результатов исследования согласно п. 4.2 не ясно, как направлен вектор начальной скорости полусферического импактора.

11. На рис. 11 представлена диаграмма деформирования материала пневматика, но не указан стандарт, по которому проводились данные испытания.

12. Не приведены материалы по методу расчета собственных форм и частот колебаний, заявленного в п.3 новизны. Необходимо отметить в чем здесь новизна.

13. Из автореферата неясно, представленные результаты расчёта получены на основе собственной программы МКЭ или автор заимствовал одну из известных: ANSYS, NASTRAN и т.д.

14. Приведённые материалы рассматривают дефекты расслоения ПКМ между всем слоями по толщине пакета. На практике, как правило, расслоение материала присутствует только между отдельными слоями.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит исследования в области механики деформируемого твердого тела. Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют значительное количество публикаций по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель нестационарного деформирования, повреждения и разрушения слоистого полимерного композиционного материала (ПКМ) с дефектами при действии динамических нагрузок;

предложены метод расчёта собственных форм и частот колебаний, а также определения амплитудно-частотной характеристики тонкостенных элементов конструкций из ПКМ при наличии дефектов; метод расчёта несущих свойств элементов конструкций из ПКМ при наличии дефектов с учётом динамики развития дефектов в случае нестационарных воздействий;

доказана применимость подходов, изложенных в диссертации, к решению задач поведения композитных конструкций с дефектами;

новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана правомерность и обоснованность разработанной математической модели нестационарного деформирования, повреждения и разрушения слоистого ПКМ с дефектами при действии динамических нагрузок.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс методов, в том числе методы механики деформируемого твёрдого тела, метод конечных элементов, метод гидродинамики сглаженных частиц;

изложены принципы разработки конечно-элементных моделей, позволяющие численно исследовать влияние дефектов на собственные формы и частоты композитных конструкций с дефектами, а также позволяющие исследовать изменение прочности и несущей способности;

раскрыты возможности применения разработанной математической модели и методов численного моделирования элементов конструкций с

дефектами различных форм, размеров и расположений к решению задач о динамических воздействиях;

изучено влияние наличия дефектов на прочностные свойства элементов конструкций;

проведена модернизация функционала пре/постпроцессора Simcenter Femap применительно к разработке конечно-элементных моделей с дефектами и расчёту коэффициентов запаса прочности для ПКМ.

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

разработаны методы, которые используются при оценке влияния дефектов типа расслоений на слоистые элементы конструкций из ПКМ при динамических воздействиях на этапах проектирования, разработки, сертификации и эксплуатации летательных аппаратов;

определены перспективы практического использования разработанных методов применительно к решению задач о поведении композитных конструкций с дефектами при динамических воздействиях;

созданы программа для автоматизированной разработки конечно-элементных моделей тонкостенных композитных конструкций при наличии дефектов произвольной формы, размеров и расположения; программа для вычисления коэффициентов запаса прочности по различным критериям прочности для ПКМ.

представлены результаты решения нового класса задач о нестационарном поведении элементов конструкций из ПКМ при наличии внутренних дефектов произвольной формы, размеров и расположения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных уравнениях механики деформируемых твердых тел, методы решения математически строги и непротиворечивы, приведено сравнение полученных автором результатов с натурным экспериментом;

идея базируется на известных и обоснованных методах механики деформируемого твёрдого тела, теории оболочек, механики разрушения. Для решения задач используется метод конечных элементов и метод гидродинамики сглаженных частиц;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, полученными на основе экспериментальных данных;

использованы современные методы математического моделирования, численные алгоритмы решения задач, информационные и компьютерные методы визуализации полученных результатов, современные программные комплексы конечно-элементного анализа: LS-DYNA, Simcenter Femap/NASTRAN.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

1. Решен новый класс задач поведения элементов тонкостенных конструкций, изготовленных из слоистых композиционных материалов при наличии внутренних дефектов типа расслоений произвольной формы, размеров и расположений при стационарных и нестационарных воздействиях.

2. Разработан метод решения задач стационарного и нестационарного воздействия на тонкостенные композитные элементы конструкций канонической формы, имеющие межслоевые дефекты.

3. Решены задачи о нестационарном воздействии абсолютно жестких и гиперупругих ударников на слоистые пластины, панели и цилиндрические оболочки при наличии дефектов. Показано, что учёт деградации адгезионной связи между слоями при наличии дефектов может приводить к росту дефектов, вплоть до критических значений.

4. Разработана программа для автоматизированного создания конечно-элементных моделей оболочек, панелей, пластин с подкреплениями и без них при наличии дефектов.

5. Разработана программа для вычисления коэффициентов запаса прочности по различным критериям разрушения.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

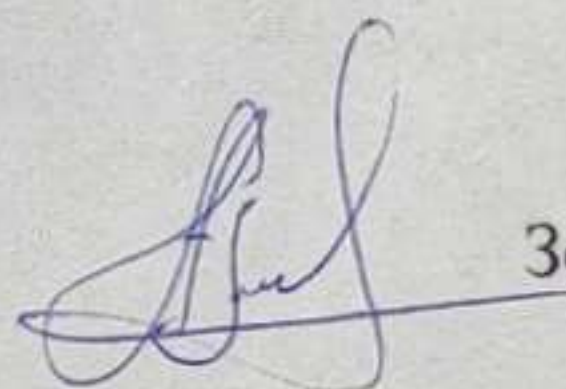
На заседании «14» февраля 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Хомченко Антону Васильевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 4 докторов технических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 11, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя

Диссертационного совета 24.2.327.07

д.ф.-м.н., профессор




Земсков А.В.

Ученый секретарь

Диссертационного совета 24.2.327.07

к.т.н., доцент



Сердюк Д.О.

«14» 02 2024 года

Начальник отдела УДО МАИ

Т.А. Аникина

