

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 09.07.2024 г. № 1

О присуждении Ле Вьет Туан, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Расчётная оценка повреждаемости композитных авиационных панелей при множественном низкоскоростном ударе» по специальности 2.5.14 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» принята к защите 06 мая 2024 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом 24.2.347.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, об утверждении № 717/нк от 09 ноября 2012 г.

Соискатель – Ле Вьет Туан, «09» апреля 1986 года рождения.

В 2016 году соискатель окончил Академию противовоздушной обороны и военно-воздушных сил Министерства образования и обучения Социалистическая республика Вьетнам, присуждена квалификация «Магистр» по специальности «Механическая и динамическая техника», выдан диплом магистра.

В 2020 Ле Вьет Туан поступил в аспирантуру очной формы обучения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 24.06.01 – «Авиационная и ракетно-космическая техника» (профиль: «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»), на

кафедру Прочности летательных аппаратов, нормативный период обучения с 01.09.2020 г. по 31.08.2024 г.

С 2011 года по настоящее время Ле Вьет Туан работает в Академии противовоздушной обороны и военно-воздушных сил Социалистической Республики Вьетнам в должности преподавателя факультета «Авиационная техника». Трудовую деятельность на территории Российской Федерации Ле Вьет Туан не осуществляет.

Диссертация выполнена на кафедре «Прочность летательных аппаратов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель — доктор технических наук, доцент Бурнышева Татьяна Витальевна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра прочности летательных аппаратов, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Кургузов Владимир Дмитриевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория механики композитов, главный научный сотрудник;

Каледин Валерий Олегович, доктор технических наук, профессор, Кузбасский гуманитарно-педагогический институт федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», научно-исследовательская лаборатория математического моделирования, заведующий лабораторией.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара, в своем положительном отзыве, подписанном Комаровым Валерием Андреевичем,

доктором технических наук, профессором, директором Научно-образовательного центра авиационных конструкций, подписанном Болдыревым Андреем Вячеславовичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой конструкции и проектирования летательных аппаратов и утвержденном Гареевым Альбертом Минеасхатовичем, доктором технических наук, доцентом, исполняющим обязанности первого проректора - проректором по научно-исследовательской работе, **указала, что основное содержание работы соответствует** пп. 1, 2 Паспорта научной специальности 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов. Считают, что диссертационная работа Ле Вьет Туан «Расчётная оценка повреждаемости композитных авиационных панелей при множественном низкоскоростном ударе», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» отвечает требованиям пункта 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842). Автор работы Ле Вьет Туан заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликован **7** работ, из них 2 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 публикаций в сборниках трудов всероссийских научно-технических конференций.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Общий объем опубликованных работ — 2,16 п.л., авторский вклад — 2,06 п.л.

Перечень работ автора, в которых отражено основное содержание диссертационной работы и ее результатов:

Публикации в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ по специальности 2.5.14:

1. Ле. В.Т. Деформирование слоистых композитных пластин при низкоскоростном контакте с жестким индентором // Инженерный журнал: наука и инновации. 2023. Вып. 10. С. 1–13.
2. Ле. В.Т. Численное моделирование ударных повреждений льдом

композитных панелей самолета // Вестник московского авиационного института. 2023. Т. 30, № 4. С. 120-129.

Публикации в материалах всероссийских конференций:

3. Ле В.Т. Моделирование разрушения композитной пластины при низкоскоростном контакте с жестким телом / В.Т. Ле; [науч. рук. Т. В. Бурнышева] // Наука. Технологии. Инновации // Сборник научных трудов в 9 ч. / под ред. А.В. Гадюкиной, 30 нояб. – 4 дек. 2020 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – Ч. 9. – С. 27–28.

4. Ле. В.Т. Численное моделирование разрушения слоев тканевого композита при низкоскоростном контакте // XLI Всероссийскую конференцию по проблемам науки и технологий, посвященную 60-летию полета Ю.А. Гагарина в космос, 8-10 июня 2021 г. – Миасс, 2021. – Т.1. – С. 84–89.

5. Ле В.Т., Бурнышева Т.В. О моделировании разрушения тканевого композита при точечном воздействии // Наука. Промышленность. Оборона: тр. 22 Все рос. науч.-техн. конф., посвящ. 60-летию со дня первого полета человека в космос, Новосибирск, 21–23 апр. 2021 г. В 4 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. – Т. 1. – С. 116–120.

6. Ле. В.Т. Численное моделирование воздействия града на композитную пластину // Наука. Промышленность. Оборона: тр. 19 Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 19–21 апр. 2023 г. В 4 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. – Т. 1. – С. 63–67.

7. Ле. В.Т. Модель с высокой скоростью деформации с разрушением для льда // Наука. Технологии. Инновации // Сборник научных трудов в 11 ч. / Под ред. Соколовой Д.О., 4–8 дек. 2023 г. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2024. – Ч.10. – С. 61–64.

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, все положительные:

1) Отзыв заведующего кафедрой «Строительная механика» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», кандидата технических наук, доцента **Адеговой Л.А.** (замечания о граничных условиях при определении напряжённо-деформированного состояния элемента обшивки крыла).

2) Отзыв заведующего кафедрой «Техническая механика и подъемно-транспортные машины» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», кандидата технических наук, доцента **Сажина П.В.** (замечания о переходе от изучения механических свойств града к испытаниям композиционных материалов ударом).

3) Отзыв ведущего научного сотрудника ФГБУН «Институт прикладной механики Российской академии наук», доктора физико-математических наук **Соляева Ю.О.** (замечания о измерении деформации и значений модуля упругости льда при одноосном сжатии образцов града).

4) Отзыв заведующего кафедрой «Вычислительная математика и математическая физика» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кандидата технических наук, доцента **Захаровой Ю.В.** (замечания об описании задач и результатов в тексте автореферата).

5) Отзыв заведующего кафедрой №24 «Авиационная техника и диагностика» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова», кандидата технических наук, доцента **Петровой Т.В.** (замечания о возможности решения контактных задач некоторыми программными продуктами).

6) Отзыв главного технолога филиала ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» – Новосибирский авиационный завод имени В.П. Чкалова, **Григорьева А.С.** (без замечаний).

7) Отзыв доцента кафедры Физики ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации», кандидата физико-математических наук, доцента **Степановой В.А.** (замечания о соответствии текста и рисунка при анализе контакта жесткого шара с композитной пластиной и выводах о росте трещины при контакте).

8) Отзыв профессора кафедры «Аэро-гидродинамика, прочность машин и сопротивление материалов» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», доктора технических наук, доцента **Миронова А.А.** (замечания об описании характеристик свойств льда и выборе

зоны удара в расчете композитной панели крыла самолета).

9) Отзыв заведующего кафедрой «Механика деформируемого твердого тела» ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», доктора технических наук, доцента **Санникова В.А.** (замечания о объеме разрушения, диапазонах скоростей деформирования, собственных частотах пластины и длительности ударов).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в данной отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» – широко известная организация своими научными трудами в области прочностных расчетов конструкций летательных аппаратов из композитов и решения динамических контактных задач, специалисты профильных подразделений имеют значительное количество публикаций по теме диссертации. Официальный оппонент доктор физико-математических наук, доцент Кургузов Владимир Дмитриевич – широко известный специалист в области математического моделирования прочности композитных панелей при статическом нагружении. Официальный оппонент доктор технических наук, профессор Каледин Валерий Олегович – ведущий специалист в области численного решения краевых задач на определение напряженно-деформированного состояния конструкций из композиционных материалов, решения задач контактного взаимодействия жестких инденторов с композитными пластинами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика оценки повреждаемости авиационных композитных панелей при множественном низкоскоростном ударе частицами града;

предложен подход к оценке повреждаемости авиационных композитных панелей, основанный на определении числа поврежденных слоев композита с помощью численного моделирования множественного низкоскоростного удара на основе

общепризнанных критериев прочности слоистого материала;

доказана перспективность использования разработанного подхода в практике испытаний и конструкторской доводки изделий авиационной техники.

введены — новые понятия и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность использования предлагаемой расчетной оценки повреждаемости авиационных композитных панелей при множественном низкоскоростном ударе частицами града для выполнения поверочных расчетов на этапе проектирования отдельных элементов летательных аппаратов;

создан подход к построению расчётных моделей при исследовании прочности многослойных композиционных панелей в условиях ударного нагружения с использованием методов конечного элемента и частиц (SPH);

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы совместно метод конечных элементов для решения задач определения напряженно-деформированного состояния композитных пластин, метод частиц для решения задачи о деформировании хрупкого индентора и расширенный метод Лагранжа для моделирования взаимодействия индентора с композитной панелью; методы экспериментального анализа и статистической обработки для представления результатов испытаний; методы вычислительного эксперимента для получения аппроксимирующих зависимостей поврежденности композитных панелей от скорости удара и модуля упругости ледяного индентора;

изложены тенденции развития зон разрушения по толщине композитной пластины в зависимости от материала панели и размеров жестких и хрупких инденторов;

раскрыта целесообразность использования результатов оценки повреждаемости композитных панелей жестким или хрупким индентором при одиночном или множественном ударах в прочностных расчетах на этапах проектирования отдельных элементов летательных аппаратов;

изучено влияние скорости индентора и модуля упругости льда на повреждаемость композитных панелей, экспериментальным путем исследовано влияние технологии замерзания льда на модуль упругости материала при одноосном сжатии;

модернизация существующих математических моделей, алгоритмов и численных методов не выполнялась;

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

разработанная методика оценки повреждаемости авиационных композитных панелей при множественном низкоскоростном ударе частицами града позволяет повысить достоверность расчета на прочность летательных аппаратов; результаты исследований использованы в испытаниях регионального самолёта, о чём имеется акт о внедрении, предоставленный ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С. А. Чаплыгина»;

определены перспективы практического применения разработанной методики в обеспечении прочности композитных авиационных панелей - элементов конструкций летательных аппаратов при низкоскоростных ударных воздействиях внешних объектов;

создана система практических рекомендаций по масштабированию модели одиночного удара хрупким индентором по композитной панели с целью моделирования множественного низкоскоростного удара ледяными градинами;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию методов моделирования ударного воздействия, рекомендовано оценивать остаточную прочность композитных панелей после множественного удара частицами града.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

расчетные исследования выполнены с корректным использованием современных методов вычислительной механики деформируемого твердого тела, использованием известных программных комплексов определения напряженно-деформированного состояния конечно-элементным методом и моделирования хрупкого тела методом частиц; использованием сертифицированных измерительных машин и инструментов при проведении натурных испытаний;

теория построена на основных положениях механики, численных методах решения задач контакта, согласуется с основными опубликованными по теме диссертации результатами;

идея работы базируется на обобщении передового отечественного и зарубежного

опыта исследования повреждений композитных материалов при ударном взаимодействии;

использованы известные методы моделирования деформирования хрупких и/или твердых ударников и композитных панелей, методы моделирования контактного взаимодействия; экспериментальные данные и опубликованные результаты расчетов, полученные другими авторами, выполняющими исследования по рассматриваемой тематике;

установлено качественное совпадение результатов моделирования воздействия града на композитные панели с результатами, представленными в независимых литературных источниках по данной тематике;

экспериментальные исследования выполнены с использованием испытательных машин Instron и BiSS и автоматической обработкой результатов с помощью встроенных специализированных программ. Вторичная обработка и представление результатов выполнены в программах, реализованных на языке программирования Python.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании задач, подготовке исходных материалов для экспериментальных исследований, проведении математического моделирования, проведении механических испытаний материалов и натурных испытаний воздействия частиц града на композитные панели (совместно с сотрудниками ЦКП «Механические испытания материалов»), обобщении и анализе экспериментальных данных, сопоставлении результатов проведенных исследований с известными литературными данными, формулировании выводов по результатам исследований, подготовке материалов исследований к опубликованию.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: В работе рассмотрена зависимость повреждаемости авиационных панелей от значений модуля упругости и скорости удара ледяной частицей. В докладе недостаточно раскрыта технология получения образцов льда для проведения натурных испытаний. Автор не рассматривал влияние технологических несовершенств материала композитной панели в разработанной им расчетной модели.

Соискатель Ле Вьет Туан согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему вопросы относительно моделирования деформирования композитных слоистых панелей, учета перехода от хрупкого состояния льда к пластическому, причин разброса экспериментальных данных упругих характеристик льда в условиях испытаний на одноосное сжатие, привел собственную аргументацию, в соответствии с которой приводится универсальность моделирования деформирования композитов при ударном воздействии, возможными причинами разброса значений модуля упругости льда при одноосном сжатии выступают структурная неоднородность образцов и несовершенство их формы, отсутствие учета вязкости льда при температуре таяния в модели хрупкого индентора.

На заседании 09 июля 2024 г. диссертационный совет принял решение за новую научно обоснованную расчетную оценку повреждаемости композитных авиационных панелей при множественном низкоскоростном ударе, внедрение которой существенно повысит точность выполнения поверочных расчетов композитных элементов летательных аппаратов на стадии проектирования, присудить Ле Вьет Туан ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук (по специальности рассматриваемой диссертации 2.5.14), участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: «за» 16, «против» нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного

Пустовой Николай Васильевич

Ученый секретарь
диссертационного

Тюрин Андрей Геннадиевич

«09» июля 2024 г.