

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 «15» декабря 2021 г. № 21

О присуждении Прокудину Олегу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Расчетно-экспериментальный метод исследования деформирования многослойных металлополимерных композитов с учетом эффектов межслоевого сдвига» по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите «14» октября 2021 г., протокол заседания № 20 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 Прокудин Олег Александрович, «22» августа 1992 года рождения, в 2016 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный

институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Динамика и прочность машин».

Диплом специалиста серия 107724, номер 0897343, выдан 1 марта 2016 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В период подготовки диссертации с 01.09.2016 по 31.08.2020 соискатель Прокудин Олег Александрович обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». Работает инженером 2 категории в отделе 16 АО «Корпорация «МИТ» Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос».

Диплом об окончании аспирантуры серия 107718, номер 1178956, выдан 9 июля 2020 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация «Расчетно-экспериментальный метод исследования деформирования многослойных металлополимерных композитов с учетом эффектов межслоевого сдвига» выполнена на кафедре 910Б «Механика наноструктурных материалов и систем» института №9 «Институт общепрофессиональной подготовки» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Рабинский Лев Наумович**, профессор, директор Дирекции института № 9 «Институт общепрофессиональной подготовки», заведующий кафедрой 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения», профессор кафедры 902 «Сопротивление материалов, динамика и прочность машин» федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»).

Официальные оппоненты:

Митряйкин Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Машиноведения и инженерной графики» ФГБОУ ВО «Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ»,

Кондратов Дмитрий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Математического и компьютерного моделирования» ФГБОУ ВО «Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского», **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН)**, г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном **Власовым Александром Николаевичем**, доктором технических наук, директором ФГБУН Института прикладной механики РАН и **Волков-Богородским Дмитрием Борисовичем**, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником ФГБУН Института прикладной механики РАН, утвержденном **Власовым Александром Николаевичем** доктором технических наук, директором ФГБУН Института прикладной механики РАН указала, что представленная к защите диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование и соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертационным работам, в том числе соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, а автор работы, Прокудин Олег Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в том числе 3 научные статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и одна научная статья в издании, входящем в международные реферативные базы данных и системы цитирования SCOPUS.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Y. Solyaev, S. Lurie, O. Prokudin, V. Antipov, L. Rabinskiy, N. Serebrennikova, V. Dobryanskiy. Elasto-plastic behavior and failure of thick GLARE laminates under bending loading. Composites Part B 200 (2020) 108302, Volume 200, 1 November 2020, 108302 <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108302>;

2. Антипов В. В., Прокудин О. А., Лурье С. А., Серебренникова Н. Ю., Соляев Ю. О., Коновалов А. Н. Оценка межслоевой прочности алюмокомпозитов по результатам испытаний образцов на трехточечный изгиб. Вестник Московского авиационного института – 2019. –Т. 26. – №. 2. – С. 229-237;

3. О. А. Прокудин, Ю. О. Соляев, А. В. Бабайцев, А. В. Артемьев, М. А. Коробков. Динамические характеристики трехслойных балок с несущими слоями из алюмокомпозитов. Вестник ПНИПУ, Механика – № 4, 2020. doi: 10.15593/perm.mech/2020.4.22;

4. Прокудин О. А., Рабинский Л. Н., Чан Куэт Тханг. Определение динамических характеристик металлополимерного слоистого стержня// Труды МАИ. 2021 – № 120. DOI: 10.34759/trd-2021-120-06

В этих и остальных работах изложены и обоснованы результаты автора в области исследования деформирования многослойных металлополимерных композитов с учетом эффектов межслоевого сдвига. Вклад в публикации, выполненные в соавторстве, состоит в участии в формулировке постановок задач, разработке расчетно-экспериментальных методов исследования, выполнении расчетов и анализе результатов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от официальных оппонентов и ведущей организации, **отзывы положительные;**

от **Украинского Леонида Ефимовича**, член-корреспондента РАН, доктора технических наук, профессора, заместителя директора по научной работе Филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова» Российской академии наук «Научный центр нелинейной волновой механики и технологии РАН», **отзыв положительный;**

от **Гаврюшина Сергея Сергеевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Компьютерные системы автоматизации производства» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», **отзыв положительный;**

от **Насонова Федора Андреевича**, кандидата технических наук, ведущего технолога 3 класса отдела научно-исследовательского отделения технологии КБ АО «Компания «Сухой», **отзыв положительный;**

от **Абдуллина Марата Равильевича**, кандидата технических наук, начальника бригады проектно-конструкторского центра «Прочность» ПАО «Туполев», **отзыв положительный.**

В отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены новизна, достоверность полученных автором результатов, а также их научная и практическая значимость.

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

1. в работе не говорится о том, какой тип конечных элементов применён при численном моделировании (в отзыве от официального оппонента Митряйкина В. И.);

2. для оценки влияния эффектов межслоевого сдвига на динамические характеристики GLARE, было бы неплохо провести динамические испытания образцов алюминия тех же геометрических размеров, однако в диссертации такого

исследования не проводилось (в отзыве от официального оппонента Кондратова Д. В.);

3. следовало бы дать пояснения к графикам разброса на рис. 3.4 и 3.5 диссертации. На графиках разброса коэффициентов демпфирования наблюдается достаточно сильный разброс (в отзыве ведущей организации);

4. из текста диссертации на стр. 95 не ясно, как находились собственные частоты ω (в отзыве ведущей организации).

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания:

1. в качестве замечания можно отметить отсутствие в работе рекомендаций и планов по дальнейшей разработке темы исследования (в отзыве от Украинского Л. Е.)

2. было бы целесообразно обосновать выбор конкретных материалов, составляющих объект исследования – алюмокомпозит. Какой именно композит применялся, на основе наполнителя какой марки и какого типа плетения? (в отзыве от Насонова Ф. А.)

3. в качестве замечания следует отметить отсутствие в автореферате аналитических зависимостей, отражающих основную суть используемой в главе аналитической модели (в отзыве Гаврюшина С. С.);

4. в тексте автореферата стоило бы более подробно остановиться на порядке проведения испытаний с применением метода корреляции цифровых изображений (в отзыве Абдуллина М. Р.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в области диссертационного исследования и имеют публикации, связанные с направлением темы диссертации, а в ведущей организации работают специалисты, достижения которых широко известны, в том числе и в области науки, соответствующей тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны расчетно-экспериментальные методы исследования деформирования многослойных металлополимерных алюмоплексостеклопластиков;

предложены оригинальные подходы к исследованию распределения межслоевых сдвиговых деформаций в металлополимерном композите на основе алюмоплексостеклопластика;

доказана перспективность идей, изложенных в диссертации, применительно к развитию в области механики композиционных материалов;

новые термины и понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны правомерность и эффективность применения предложенных расчетно-экспериментальных методов исследования для определения статических и динамических характеристик многослойных металлополимерных алюмоплексостеклопластиков;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых положений механики композиционных материалов, механики деформируемого твердого тела, теории упругости, теории дифференциальных уравнений, а также современные программные комплексы конечно-элементного моделирования;

изложены новые идеи и подходы для анализа деформирования металлополимерного многослойного композиционного алюмоплексостеклопластика;

раскрыто существенное влияние эффектов межслоевых сдвиговых деформаций на значение межслоевой прочности многослойного металлополимерного композита на основе алюмоплексостеклопластика;

изучены механизмы и факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние исследуемого материала;

проведена модернизация аналитических, численных и экспериментальных методов исследования деформирования многослойных металлополимерных композитов на основе алюмоплексостеклопластика.

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

разработан расчетно-экспериментальный метод решения широкого класса задач механики композиционных материалов по определению упругих, прочностных и динамических характеристик слоистых металлополимерных композитов;

определены и уточнены по сравнению с более ранними исследованиями, величины диапазонов удлинения образцов слоистого металлополимерного алюмоплексостеклопластика при которых происходит чистое межслоевое разрушение при изгибе, определена межслоевая прочность исследуемого материала;

создана аналитическая и конечно-элементная модель, позволяющая прогнозировать механические и динамические свойства металлополимерного алюмоплексостеклопластика с любым количеством слоев в структуре;

представлены рекомендации по выбору величины удлинения образцов исследуемой структуры материала для определения его межслоевой прочности при изгибе. Представлены значения собственных частот и коэффициентов демпфирования алюмоплексостеклопластика и трёхслойных балок с несущими слоями из алюмоплексостеклопластика.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовалось сертифицированное экспериментальное оборудование. Подготовка образцов и порядок проведения испытания проведен в строгом соответствии с отечественными и зарубежными стандартами ГОСТ и ASTM;

теория и методы исследования построены на известных и обоснованных методах механики композиционных материалов, механики деформируемого твердого тела, теории упругости, теории дифференциальных уравнений. Полученные теоретические результаты согласуются с опубликованными экспериментальными данными;

идея базируется на использовании упрощающих гипотез, в том числе гипотезы о обобщенном плоском деформированном состоянии, позволяющей свести задачу о деформировании образцов металлополимерного слоистого композита к задаче о деформировании балки единичной ширины;

использованы сравнения авторских данных с результатами других авторов, а также сравнения результатов, полученных с помощью разных методов;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках для частных случаев;

использованы современные программные комплексы математического и численного моделирования с визуализацией полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии на всех этапах процесса, в том числе в формулировке постановок задач, разработке аналитических, экспериментальных и численных методов исследования, проведении экспериментов, обработке и анализе полученных результатов, подготовке статей по теме диссертации, опубликованных в журналах, входящих в перечень ВАК РФ и статьи, опубликованной в журнале, индексируемом в Scopus.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Скажи пожалуйста, чем определяется число используемых слоев (17 слоев)?
2. Исследовались ли варианты модели с учетом прогрессирующего разрушения?
3. Что понимается под «истинным расслоением», «истинная прочность»? Это прозвучало в результатах.
4. Скажите, а какой критерий прочности использовался при оценке межслоевой прочности?

5. У вас в результатах работы написано, что Вы разработали конечно - элементную модель. Чем она отличается от имеющихся уже программных комплексов?

6. Скажите пожалуйста, проводились ли оценки по весовому совершенству с применением исследуемых в работе материалов?

Соискатель Прокудин О. А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Структура в 17 слоев определена разработчиком данного материала ФГУП «ВИАМ» с перспективой его применения в силовых конструкциях летательных аппаратов.

2. Нет. Варианты моделей с учетом прогрессирующих повреждений не проводилось. Это работа, которая планируется в дальнейшем.

3. Под этим понятием подразумевается момент достижения в образце значения касательных напряжений такого уровня, при котором образуется межслоевая трещина.

4. Использовался критерий прочности по максимальным напряжениям.

5. Отличие заключается в том, что в разработанной конечно - элементной модели, в качестве исходных данных, были запрограммированы нетипичные модели пластического деформирования слоев стеклопластика, модель Рамберга – Осгуда, а для слоев алюминиевого сплава использована модель Людвика-Холломона.

6. Да. Выигрыш в весовом совершенстве составляет порядка 15-20%.

На заседании «15» декабря 2021 года диссертационный совет принял решение, за вклад в развитие направления механики композиционных материалов и полученные результаты, имеющие практический интерес при проектировании конструкций аэрокосмического и иного назначения, присудить Прокудину Олегу Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 4 доктора технических наук по специальности 01.02.06 –

«Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя

диссертационного совета Д 212.125.05,

д.т.н., профессор

Фирсанов

Валерий Васильевич

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 212.125.05,

к.ф.-м.н., доцент

Федотенков

Григорий Валерьевич

«15» 12 _____ 2021 г.

Начальник УДС МАИ

Т.А.

