

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.09

Соискатель: Акулин Петр Владимирович

Тема диссертации: Метод расчёта на прочность щелевых обтекателей несущих поверхностей летательных аппаратов из композиционных материалов с учётом деградации свойств матричной структуры

Специальность: 2.5.14. «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 11 декабря 2025 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация полностью удовлетворяет пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Акулину Петру Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: д.т.н., проф. В.Н. Евдокименков, к.т.н., доц. Д.Ю. Стрелец, д.т.н. И.Г. Башкиров, д.т.н. М.В. Белов, д.т.н., доц. А.Г. Викулов, д.т.н. Л.М. Гавва, д.т.н., проф. В.Г. Дмитриев, д.т.н., доц. В.М. Краев, д.ф.-м.н., доц. А.Л. Медведский, д.т.н., доц. О.В. Митрофанов, д.т.н., доц. А.М. Молчанов, д.т.н., проф. А.В. Ненарокомов, д.т.н., доц. С.Г. Парафесь, д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Рабинский, д.т.н., проф. М.В. Силуянова, д.ф.-м.н., доц. Г.В. Федотенков.

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



Д.Ю. Стрелец

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.09,
созданного на базе федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ),

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.12.2025 г. № 27-25

О присуждении **Акулину Петру Владимировичу**, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод расчёта на прочность щелевых обтекателей
несущих поверхностей летательных аппаратов из композиционных
материалов с учётом деградации свойств матричной структуры» по
специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных
аппаратов» принята к защите 10 октября 2025 г., протокол заседания № 13-25,
диссертационным советом 24.2.327.09, созданным на базе федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт),
125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ Минобрнауки России
о создании совета № 1738/нк от 13.12.2022 г., приказ о внесении изменений
в состав совета №1326/нк от 22.06.2023 г., приказ о внесении изменений
№1986/нк от 18.10.2023 г.

Соискатель Акулин Петр Владимирович, 28 марта 1997 года
рождения.

В 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по
направлению подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»
(диплом бакалавра № 107718 1119627, регистрационный номер 2019/6О-
132Д).

В 2021 году окончил федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по
направлению подготовки 24.04.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»
(диплом магистра с отличием № 107718 1243599, регистрационный номер
2021/6О-313Д).

В 2025 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника» (диплом об окончании аспирантуры №107733 0004789, регистрационный номер 2025/6А-0464Д) с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

В настоящее время соискатель учёной степени Акулин Петр Владимирович работает в филиале ПАО «ОАК» – ОТА – ОКБ Сухого в должности начальника бригады 3 – 2 отдела 3 НИО – 6 КБ, в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в должности инженера лаборатории №3 «Моделирование композиционных конструкций» Центра аэрокосмических материалов и технологий института №14 «Передовая инженерная школа» по совместительству.

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий».

Научный руководитель – Дудченко Александр Александрович, доктор технических наук, 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:

1. **Азиков Николай Сергеевич** – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт машиноведения им. А.А.Благонравова Российской академии наук, г. Москва.

2. **Федоренко Алексей Николаевич** – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, старший научный сотрудник автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», г. Москва.

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ»), г. Жуковский, в своем положительном отзыве,

обсужденном и утверждённом на научно-техническом совете ФАУ «ЦАГИ» по прочности, протокол № 8 от 17.11.2025 года, подписанном главным научным сотрудником отделения «Статическая и тепловая прочность ЛА», доктором технических наук, профессором Гришиным В.И., начальником сектора отделения «Статическая и тепловая прочность ЛА» Левченко Е.А., и.о. председателя НТС ФАУ «ЦАГИ» по прочности Лимониным М.В., секретарём НТС ФАУ «ЦАГИ» по прочности Елеонским С.И., утверждённом и. о. заместителя генерального директора по науке ФАУ «ЦАГИ», кандидатом технических наук, доцентом Зиченковым М.Ч., указала, что представленная диссертация отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к работам, поданным на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор – Акулин Петр Владимирович – заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Соискатель имеет 7 опубликованных работ по теме диссертации, включающих 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 2.5.14.

Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

Статьи в рецензируемых журналах Перечня ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 2.5.14:

1. Акулин П.В., Насонов Ф.А. Дegrаdация свойств композиционного материала при многоцикловом нагружении // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия "Машиностроение". – 2025. – №1. – С. 4-13.

В данной статье соискателем определены законы накопления повреждений в щелевых обтекателях из композиционного материала при многоцикловом нагружении.

2. Акулин П.В. Накопление повреждений в композиционных панелях при малоцикловом нагружении // Вестник Московского авиационного института. – 2023. – №2. – С. 84-90

В данной статье соискателем приведена методика численного расчёта накопления повреждений в щелевых обтекателях при статическом нагружении.

3. Акулин П.В., Гаврилов Г.А. Влияние структуры многослойного композиционного материала на деградацию свойств // Вестник Московского авиационного института. – 2023. – №3. – С. 78-84.

В данной статье соискателем приведено исследование влияния различных типов укладок слоистых композиционных материалов на деградацию жесткостных свойств щелевых обтекателей при статическом нагружении.

4. Акулин П.В., Турбин Н.В., Дудченко А.А. Определение параметров модели накопления повреждения в монослое композиционного материала с использованием численного моделирования // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2025. – №10 (166).

В данной статье соискателем разработана модель, отражающая накопление повреждений в элементарном слое композиционного материала.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. **Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»**, ведущая организация. **Отзыв положительный.** Подписан главным научным сотрудником отделения «Статическая и тепловая прочность ЛА», доктором технических наук, профессором Гришиным В.И., начальником сектора отделения «Статическая и тепловая прочность ЛА» Левченко Е.А. Отзыв обсуждён и одобрен на научно-техническом совете ФАУ «ЦАГИ» по прочности (выписка из протокола №8 от 17.11.2025). Подписан и.о. председателя НТС ФАУ «ЦАГИ» по прочности Лимониным М.В., секретарём НТС ФАУ «ЦАГИ» по прочности Елеонским С.И. Отзыв утверждён и.о. заместителя генерального директора по науке ФАУ «ЦАГИ», кандидатом технических наук, доцентом Зиченковым М.Ч.

К работе имеются следующие замечания:

- Выбор кусочно-линейных функций для моделирования (рисунок 2.5) не вполне обоснован. Формула 2.12 допускает нелинейную зависимость, использование которой могло бы улучшить соответствие с результатами испытаний.
- В формуле 2.12 последнее слагаемое « $c_1 l^{c_2}$ », однако непонятно, в чём смысл возводить единицу в степень.
- На рисунках 5.7 и 5.12 показаны графики зависимости параметра деградации модуля упругости от средних действующих напряжений. При малых значениях напряжений коэффициент деградации превышает единицу,

что указывает на повышение жёсткости материала. Необходимо объяснить причины данного явления.

- На странице 38 в последнем предложении говорится, что конечно-элементная модель с явными граничными условиями показывает значительные локальные всплески в зоне заделки. Однако из текста не ясно, о каких именно физических величинах идет речь.

- В формуле 2.33 нет пояснений для обозначений F_1 и F_{66} .

- В тексте диссертации встречаются опечатки, частые повторы слов и стилистические неточности:

- На стр. 4 второе предложение начинается с маленькой буквы.

- На стр. 5 при перечислении фамилий сделан перенос на следующую строку в середине предложения.

- В формуле 2.3 используется обозначение σ_{yy} , а в пояснении обозначение σ_y

- На рис. 2.6 представлен график зависимости касательных напряжений, при этом ось y обозначена как σ , (ранее касательные напряжения обозначались символом τ)

- На рис. 2.13с опечатка в порядке значения вертикальной оси. «3481, 3300,3314,3329...».

- На рис. 2.14 на шкале по оси x следует указать большее число разрядов для избежания повторения одинаковых значений.

2. **Азиков Николай Сергеевич**, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А.А.Благонравова Российской академии наук. **Отзыв положительный.** Заверен заместителем начальника отдела кадров ИМАШ РАН Демидовой С.И.

К работе имеются следующие замечания:

- Не соблюдается размерность данных: размерность исходного материала дана в системе СИ, результаты расчетов приведены в системе СГС;

- В разделах 5.2 и 5.3, по мнению оппонента, не хватает ссылок на ГОСТ. В диссертации использована терминология: «малоцикловое нагружение», «многоцикловое нагружение». В последнем случае приведена величина 768000 циклов. В тексте отсутствует информация каким периодам эксплуатации изделия они соответствуют?

- В тексте встречаются «остаточные перемещения». Чем они вызваны? Если пластическими деформациями связующего, то каков их уровень в препреге до и после формования? В диссертации не приводятся относительные или абсолютные значения остаточных перемещений. Предложена борьба с этими перемещениями в виде предварительного натяга.

Не указан уровень натяга в зависимости от величины остаточных перемещений.

3. Федоренко Алексей Николаевич, официальный оппонент, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Сколковский институт науки и технологий». **Отзыв положительный.** Заверен руководителем отдела кадрового администрирования Тук О.С.

К работе имеются следующие замечания:

- В уравнениях 2.1-2.12 имеется ряд неточностей, и использованы неудачные обозначения. Это сразу видно из анализа размерностей, так как эффективные пробные напряжения (формула 2.4) зависят от квадрата напряжений, и поэтому в формуле либо представлен квадрат эффективных напряжений, либо нужна корректировка представленного выражения. Параметры, называемые в работе параметрами пропорциональности материала при растяжении и сжатии, имеют размерность давления (МПа) согласно приведенным таблицам значений. В выражении 2.5 эти параметры перемножаются и прибавляются к величине N_p , имеющей размерность давления. Это приводит одновременно к противоречиям в размерностях в 2.4 и 2.5. Использование символа точки в обозначениях 2.7 также неудачно, так как обычно она используется для скоростей величин. В целом, представленную в 2.1-2.12 модель с учетом небольших корректировок можно было бы свести к стандартной записи обобщенного критерия Друкера-Прагера, для которого обозначения величин и их физический смысл подробно описаны в литературе, а потому изложение материала в работе стало бы более ясным.

- Формула 2.12: не отмечено явно, учитывает ли данная формула разный характер деградации при растяжении и сжатии.

- Раздел 2. При построении ячейки стоило бы рассмотреть несколько конфигураций распределения волокна в ячейке, а также увеличение рассмотреть влияние размера ячейки для верификации.

- Результаты рисунка 2.12. Недостаточно подробно описан эффект малоциклового нагружения. По графикам видно, что после разгрузки и последующего нагружения напряжения возвращаются в исходную точку, т.е. эффекта циклического нагружения нет. Возможно, стоило бы рассмотреть циклы растяжение-сжатие.

- Таблица 2.5. Термин "погрешность расчета" не очень подходит, так как речь идет в целом о соответствии определяемых в работе параметров модели разрушения значениям, представленных в других работах.

- Позволяет ли представленная модель на основе жгутов описать эффекты разномодульности при растяжении-сжатии, и нелинейного упругого деформирования в целом?

- Глава 4. Не совсем понятно, как именно используются результаты предыдущих глав для модели материала при расчетах щелевых обтекателей. На уровне ячеек и моделей жгутов были получены данные о характере нелинейного деформационного поведения, определены некоторые параметры для модели эффективного материала, но для какой модели материала они в итоге использовались четко не написано.

- В работе имеется существенное количество опечаток.

4. **ФГБУН Институт прикладной механики Российской академии наук (ИПРИМ РАН)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный.** Подписан к.т.н., старшим научным сотрудником Корневым Ю.В. Заверен и.о. директора ИПРИМ РАН Жаворонком С. И.

К работе имеются следующие замечания:

- В формуле (1) величины, трактуемые как напряжения, имеют размерности квадратов напряжений.

- В автореферате не приводится хотя бы краткое обоснование выбора величины представительного объема ПКМ.

5. **АО «НЦВ Миль и Камов».** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный.** Подписан к.т.н., главным конструктором по направлению НКЦ ПП ВКЛА Гришко А.А.. Заверен начальником службы кадров Нырковой Г.И.

К работе имеются следующие замечания:

- Автореферат не лишен некоторых неясностей изложения и содержит досадные опечатки;

- Расчетная схема конечно-элементной модели периодического элементарного объема (ПЭО), представленная на рисунке 5, предполагает «мягкое» нагружение. В тоже время, для расчета ПЭО было бы более логичным задать «жесткое» нагружение;

- Разработанная методика позволяет прогнозировать изменение жесткостных и прочностных свойств щелевых обтекателей в зависимости от уровня и циклов механического нагружения, но не учитывает деградация свойств изделий из полимерных композиционных материалов вследствие температурного циклического нагружения и влагонасыщения, что существенно ограничивает ее применимость.

6. **Филиал ПАО «Яковлев» «Региональные самолеты».** Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный.** Подписан доктором технических наук, доцентом, заместителем начальника НИО прочности – заместителем главного

конструктора по прочности Митрофановым О.В. Заверен руководителем направления по работе с филиалами и ДЗО Сеницыным И.В.

К работе имеются следующие замечания:

- В Главе 3 не рассмотрены вопросы разрушения и накопления повреждений в тканом композиционном материале при сжатии. Также не проанализировано влияние накопленных повреждений при растяжении на прочностные параметры материала в условиях обратного нагружения сжатием.

7. Акционерное общество «Центр перспективных разработок». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный.** Подписан д.т.н., доцентом, директором, главным конструктором Склезовым А.А.

К работе имеются следующие замечания:

- Имеется ряд стилистических недочетов по тексту, например, неправильные склонения, опечатки, обозначение сдвиговых напряжений греческой буквой "сигма" на рисунке 2

- На рисунке 7 автореферата изображено распределение напряжений по Мизесу в периодической структуре ПКМ, что является некорректным с учётом рассматриваемых в работе критериев разрушения, характерных для композитных материалов, в то время как критерий Мизеса применяется преимущественно для оценки изотропных конструкционных материалов, таких как металлические сплавы.

8. АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный.** Подписан к.ф.-м.н, начальником лаборатории Абашевым Д.Р., к.т.н., начальником сектора, Воробьевым И.А. Заверен д.т.н., старшим научным сотрудником, главным ученым секретарём АО «ЦНИИмаш» Ключниковым В.Ю.

К работе имеются следующие замечания:

- Наблюдается некая небрежность в оформлении автореферата и диссертации, так, например, "МПа" принимает вид "Мпа" или "Мра", а некоторые формулы, подписи и таблицы выполнены шрифтом меньшего размера, что затрудняет чтение;

- Блок-схема программного кода не совсем соответствует алгоритму, приведенному в приложении Б диссертации. Также в алгоритме присутствуют дублирующие строки, в связи с чем, алгоритм можно и нужно оптимизировать;

- В работе отсутствует информация о том, каким образом реализована деградация свойств и нелинейное поведение пакета ПКМ при проведении расчетов конструктивно подобного образца.

9. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». Отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан к.т.н., доцентом кафедры СМ-13 «Ракетно-космические композиционные конструкции» Михайловским К.В.

К работе имеются следующие замечания:

- В автореферате имеются отдельные опечатки и неточности в формулировках, в частности: «однонаправленные углеродные волокна», «органопластиковые волокна», а также в размерностях в табл. 1, 6.
- В работе рассматривается влияние деградации характеристик матрицы, однако не изучается граница раздела «волокно - матрица», а также деградация характеристик углеродных и арамидных волокон.
- При изучении конструктивно подобного образца щелевых обтекателей из ПКМ при нагружении консольным изгибом и формировании рекомендации необходимо было рассмотреть выбор рациональной схемы армирования.
- В автореферате желательно было бы обосновать как использованы в расчетах результаты экспериментальных исследований, представленных в главе 5.

10. Федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова». Отзыв на автореферат. Отзыв положительный. Подписан к.т.н., начальником отдела 200-06 «Прочность композиционных материалов» Мыктыбековым Б., ведущим инженером отдела 200-06 Чернышевым А.А. Утвержден д.т.н., с.н.с., заместителем генерального директора – директором исследовательского центра «Динамика, прочность, надёжность» Ножницким Ю.А.

К работе имеются следующие замечания:

- В работе приводится методика численного моделирования накопления повреждений в обтекателях из композитных материалов при статическом нагружении. однако в разделе 5.3 приведены экспериментальные данные, свидетельствующие о снижении жесткостных свойств образцов при многоцикловом нагружении. поэтому для проведения полного цикла проектировочных и поверочных расчетов необходима методика, учитывающая механику накопления повреждений как при статическом, так и при многоцикловом нагружении.
- Не указывается на необходимость анализа деградации свойств матрицы ПКМ с учетом возможных производственных отклонений и эксплуатационных повреждений (например, влагонасыщение, грибки, попадание посторонних предметов и т.д.), которые позволяют произвести

оценку допустимости повреждений (в соответствии с АП 25,571), связанных с усталостью, коррозией или случайным повреждением. в оценке должны быть учтены результаты расчетов прочности при действии статических повторяющихся нагрузок, подтвержденные результатами испытаний, и (если имеется) опытом эксплуатации.

11. АО «Казанский вертолётный завод». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный.** Подписан д.т.н., доцентом, начальником отдела расчетов Неделько Д.В., к.т.н., учёным секретарём научно-технического совета Сафиуллиным А.Ф. Заверен заместителем генерального директора – главным конструктором ОКБ – председателем научно-технического совета Гариповым А.О.

К работе имеются следующие замечания:

- Не указана величина допустимых остаточных деформаций в щелевых обтекателях.
- Не в полной мере раскрыт вопрос конструктивных решений, призванных нивелировать образование зазора между щелевыми обтекателями и прилегающим к нему поверхностью механизации.

12. АО «Уральский завод гражданской авиации». Отзыв на автореферат. **Отзыв положительный.** Подписан к.т.н., начальником отдела статической прочности НИО прочности ОКБ ИЦ Кравченко Е.Е. Заверен начальником управления кадрового администрирования Андреевой О.В.

К работе имеются следующие замечания:

- Из автореферата не очевидно, почему при моделировании использовался явный метод моделирования интегрирования (Abaqus Explicit) и возможно ли применение разработанных методик для неявного решения Abaqus или Nastran.
- Следует отметить, что для современных авиационных конструкций большой интерес представляет деградация свойств материала не при статическом, а при многопиковом нагружении и остаточная прочность, что может является дальнейшим продолжением работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся большим опытом работы в области, соответствующей паспорту специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», – ведущая исследовательская организация в стране, вносящая значительный

вклад в научно-техническое развитие авиационной отрасли. Отзыв на диссертационную работу подписан учеными и ведущими специалистами, которые непосредственно занимаются вопросами исследования прочности и накопления повреждений в конструкциях летательных аппаратов из композиционных материалов.

Азиков Николай Сергеевич – доктор технических наук, профессор, специалист в области механики разрушения композиционных материалов, автор большого количества работ в данной области.

Федоренко Алексей Николаевич – кандидат технических наук, специалист в области механики разрушения композиционных материалов, автор большого количества работ в данной области.

Диссертационный совет отмечает, что диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, на основании выполненных соискателем исследований разработана методика расчёта прочностных и деформационных параметров щелевых обтекателей из композиционных материалов с учётом накопления повреждений.

Новизна полученных результатов заключается в том, что:

1. Предложена методика многоуровневого расчета прочностных и деформационных параметров щелевых обтекателей из тканых и однонаправленных полимерных композиционных материалов (ПКМ) с учётом деградации свойств матрицы и геометрической кривизны волокна в элементарном слое.

2. Предложена модель для исследования напряженно-деформированного состояния элементарного слоя однонаправленных ПКМ, содержащего углеродные волокна, с учётом деградации матричной структуры.

3. Предложена модель для исследования напряженно-деформированного состояния элементарного слоя тканых ПКМ с учётом деградации матричной структуры и геометрической нелинейности волокна.

4. Получены новые экспериментальные данные о деградиационных свойствах тканого органопластика при растяжении вдоль основы и утка.

5. Получены новые экспериментальные данные о деградиационных свойствах щелевых обтекателей из ПКМ при нагружении консольным изгибом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации для получения результатов, обладающих научной новизной, использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе численных и экспериментальных, изложены методики расчёта прочностных и деформационных параметров щелевых обтекателей с учётом накопления повреждений. Проведена

модернизация существующих моделей и алгоритмов, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработанная методика позволяет на ранних этапах проектирования рассчитывать прочностные и деформационные параметры щелевых обтекателей и определять параметры предварительного натяжения волокон для недопущения образования зазора. Методика внедрена в ПАО «ОАК» – ОТА – ОКБ Сухого.

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в конструкторских бюро и профильных научно-исследовательских организациях, разрабатывающих перспективные летательные аппараты с применением композиционных материалов.

Достоверность результатов подтверждается применением апробированных методов численного моделирования в программном комплексе Abaqus, а также сопоставлением результатов численного моделирования с экспериментальными данными.

Достоверность результатов, полученных в ходе натурных испытаний, обусловлена:

- использованием сертифицированного и поверенного оборудования;
- соблюдением методик проведения испытаний в соответствии с государственными стандартами.

Личный вклад автора состоит:

в разработке методики расчёта прочностных и деформационных параметров щелевых обтекателей из ПКМ в уточнённой постановке;

в реализации алгоритма численного расчёта напряжённо-деформированного состояния эпоксидной смолы с учётом нелинейного поведения, свойств разнсопротивляемости и снижения модуля упругости при действующем статическом нагружении;

в разработке моделей, определяющих напряжённо-деформированное состояние элементарного слоя однонаправленного и тканого ПКМ на микроуровне;

в идентификации прочностных, деформационных и деградационных параметров элементарного слоя ПКМ на основе результатов численного моделирования;

в идентификации параметров деградации тканого органопластика по результатам натурных испытаний.

В ходе защиты критических замечаний высказано не было.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа

удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 11 декабря 2025 г. диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли страны в области расчёта прочностных и деформационных параметров конструкции летательных аппаратов из композиционных материалов, присудить Акулину Петру Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 16, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.2.327.09,
д.т.н., профессор
Евдокменков Вениамин Николаевич

Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.09, к.т.н., доцент
Стрелец Дмитрий Юрьевич

«11» декабря 2025 г.

