

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Белоусова Ильи Сергеевича
**“Влияние межслойных дефектов на прочность и
устойчивость композитных элементов конструкций
летательных аппаратов”**,

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.14 – Прочность и тепловые режимы летательных
аппаратов

Диссертационная работа Белоусова Ильи Сергеевича посвящена оценке влияния межслойных дефектов на несущую способность многослойных композитных пластин при действии одноосного сжимающего нагружения. Актуальность диссертационной работы Белоусова И.С. определяется широким применением многослойных композиционных материалов в авиационной технике для создания легких и прочных элементов конструкции. Одним из наиболее распространенных типов повреждений таких конструкций являются межслойные дефекты (расслоения), которые могут возникать в процессе производства и эксплуатации и приводить к заметному снижению несущей способности. Увеличение доли композиционных материалов в авиационных конструкциях требует современных методов оценки опасности таких дефектов, однако на текущий момент не существует единого стандартного подхода к решению данной проблемы. В этой связи разработанная автором расчетная параметрическая модель и проведенный анализ влияния подобных дефектов являются своевременными, полностью соответствуют актуальным задачам обеспечения прочности авиационных конструкций и вносят значимый вклад в научно-методическую базу проектирования летательных аппаратов.

Научная новизна исследования заключается в определении оценки влияния параметров межслойного дефекта круглой формы на несущую способность многослойных композитных пластин при одноосном сжимающем воздействии на основании новых экспериментальных данных. Помимо этого, автором разработана и валидирована новая расчетная параметрическая модель композитной пластины с межслойным дефектом в виде круглого непроклея, позволяющая моделировать процесс расслоения и определять несущую способность изделия. С использованием предложенной модели также получены новые результаты, детально описывающие влияние параметров межслойного дефекта на критическую нагрузку и общую несущую способность композитных пластин при одноосной сжимающей нагрузке.

Предложенная методика опирается на комплексный подход, включающий метод конечных элементов для численного решения задач теории упругости, а также использование методов виртуального закрытия трещины (*VCCT*) и модели когезионной зоны (*CZM*). Автор корректно обосновывает выбор ключевых характеристик вязкости разрушения (G_{IC}^{ini} и G_{IC}^{prop}) и формирует алгоритм оценки процесса расслоения, что усиливает теоретическую ценность работы.

Практическая значимость работы заключается в валидации предложенных моделей и получении экспериментальных и расчетных зависимостей, которые внедрены и используются в ФАУ «Сибирский научно-исследовательский институт авиации имени С.А. Чаплыгина» при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, о чем имеется соответствующий акт.

Структура и содержание автореферата

Автореферат логично структурирован, последовательно раскрывает обзорную часть, результаты экспериментальных исследований, процесс численного моделирования и итоги параметрического исследования. Каждый раздел сопровождается необходимыми иллюстрациями, графиками зависимости нагрузок от перемещений и таблицами, что способствует наглядности и ясности изложения.

Методика проведения натуральных испытаний подробно и корректно описана, включая использование испытательных машин (*Instron 8801*, *Instron 5985*), лазерных триангуляционных измерителей и ультразвукового оборудования (*Omniscan X3*) для фиксации размеров зон дефектов.

К достоинствам работы можно отнести:

1. Комплексный подход, объединяющий масштабные натурные испытания образцов из препрегов *Torayca T800* и *АСМ-102С 130UD* с современным конечно-элементным анализом.

2. Выявление практически важных сценариев разрушения. Показано, что малые дефекты, расположенные достаточно глубоко по толщине пластины, могут оказаться наиболее «опасными», приводя к глобальной потере устойчивости.

3. Высокую степень достоверности разработанной модели. Разница между экспериментальными и расчетными величинами разрушающей нагрузки для большинства типов образцов не превышает 13%.

При общей положительной оценке работы есть ряд замечаний к автореферату:

1. Исследование и валидация расчетной модели сосредоточены исключительно на межслойных дефектах идеальной круглой формы. Обоснование применимости данной методики к оценке дефектов произвольной (или вытянутой) формы, чаще встречающихся в реальной эксплуатации, могло бы расширить практическую базу исследования.

2. Результаты испытаний и параметрического моделирования получены для условий одноосного сжимающего нагружения. Автор не приводит анализа возможного поведения конструкции при сложных видах нагружения (например, комбинированном воздействии сжатия и сдвига).

Вместе с тем отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

В целом, автореферат отражает содержание диссертации полно и корректно, демонстрируя значительный вклад автора в обеспечение прочности элементов авиационных конструкций из многослойных композиционных

материалов. Исследование обладает высокой степенью научной новизны, практической значимости и соответствует паспорту специальности 2.5.14 «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов». Работа И.С. Белоусова заслуживает положительной оценки, а ее автор – присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Мы, Просунцов П.В. и Федюнина Е.Р., даем согласие на обработку своих персональных данных в документах, связанных с работой Диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
105005, г. Москва, ул.2-я Бауманская, д.5, стр.1

Профессор кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции», доктор технических наук, доцент (специальности 05.07.01 и 05.07.07)

prosuntsovp@bmstu.ru,
+7(499)263-66-20

тел.

 Просунцов Павел Викторович

Доцент кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции», кандидат технических наук (специальность 2.5.14)

08.06.2026

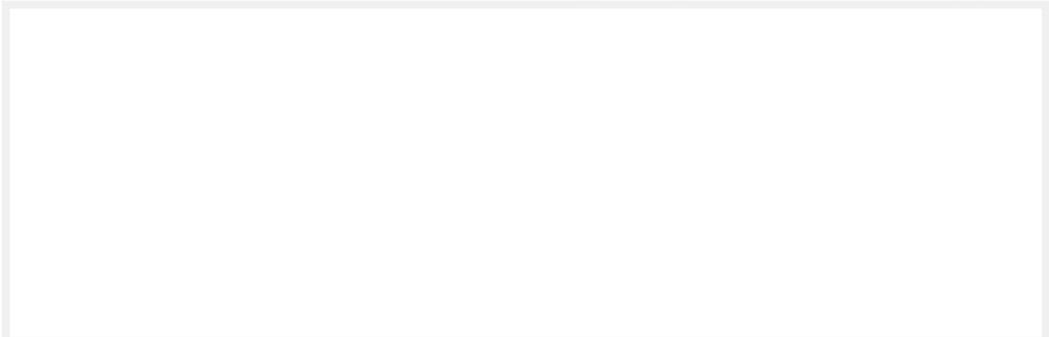
ashikhmina_er@bmstu.ru,
+7(499)263-66-20

тел.

105005, г. Москва, ул.2-я Бауманская, д.5, стр.1

 Федюнина Екатерина Руслановна

Подпись Просунцова П.В. и Федюниной Е.Р. заверяю


Ломыгин в след 15.06.2026 