

УТВЕРЖДАЮ»



Проректор Московского государственного
технического университета гражданской
авиации по научной работе и инновациям,
доктор технических наук, профессор


20 ноября 2025 г.

В.В. Воробьев

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Торопылиной Екатерины Юрьевны «Обеспечение прочности и устойчивости несущих композитных панелей средней толщины авиационных конструкций с учетом геометрической нелинейности», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

Актуальность темы

Диссертационная работа Торопылиной Е.Ю. посвящена разработке новых методик обеспечения прочности и устойчивости несущих панелей самолетов малой и средней грузоподъемности с учетом геометрической нелинейности и влияния дефектов. В исследовании рассмотрены различные варианты нагружения и условий закрепления для композитных и металлических панелей. Особое внимание уделено влиянию дефектов на критические напряжения потери устойчивости. Отмечено, что для композитных панелей данный вопрос требует дальнейшего уточнения, так как ударные воздействия могут вызывать локальные повреждения в виде пробоев или расслоений. Важным направлением работы является получение аналитических решений геометрически нелинейных задач и разработка методик поверочных расчетов, а также определение минимально допустимых толщин гладких и цилиндрических панелей малой кривизны из композитных материалов. Представленные исследования отличаются научной новизной и высокой практической значимостью для современного авиастроения. Актуальность темы, глубина проработки и результаты, имеющие прикладное значение, подтверждают целесообразность и обоснованность исследования, выполненного Торопылиной Е.Ю.

Научная новизна

Созданы новые методики расчёта композитных и металлических панелей с учётом геометрической нелинейности, дефектов и мембранных и

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

24.11.2025 г.

изгибных напряжений при различных видах нагрузок и схем закрепления. Разработаны методики определения напряженно-деформированного состояния и минимальных толщин панелей, обеспечивающих прочность и устойчивость при критическом деформировании. Эти результаты расширяют базу знаний для проектирования перспективных самолётов малой и средней грузоподъемности.

Практическая значимость работы заключается в возможности применять разработанные методики на ранних стадиях проектирования самолетов малой и средней грузоподъемности для расчёта прочности и устойчивости композитных панелей с учётом дефектов, и нелинейных напряжений.

Достоверность и обоснованность результатов

Достоверность результатов, полученных в исследовании, обеспечена путем сопоставления с общепризнанными аналитическими моделями и численными расчетами аналогичных случаев для металлических и композитных панелей.

Соответствие паспорту специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.5.14. – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов», п. 2 «Обеспечение прочности объектов авиационной, ракетной и космической техники на основе современных аналитических и численных методов, методов натурного и полунатурного моделирования в условиях стационарных и нестационарных внешних воздействий».

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 122 наименований и приложения. Общий объем работы составляет 140 страниц.

Во введении подробно раскрыта важность выбранной темы, дана оценка текущего уровня её изученности специалистами отрасли, чётко обозначены цели и поставленные задачи, определены объекты и предмет исследования. Также приведены положения, определяющие научную новизну, практическую значимость диссертации и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проводится детальное рассмотрение актуальных научных и практических задач, стоящих перед разработчиками при выборе решений по обеспечению прочности, устойчивости и несущей способности деталей конструкции средней. Отдельно уделено внимание изложению основных геометрически нелинейных зависимостей, характерных для подобного класса конструкций.

Во второй главе показаны итоги численного моделирования влияния местоположения дефектов и их влияние на значения критических напряжения потери устойчивости панелей, закреплённых различными способами при варьируемых геометрических характеристиках панелей. Определено расчетным и экспериментальным способами потенциально критическое место дефекта для панелей при потере устойчивости.

В третьей главе разработаны модифицированные аналитические методики расчёта композитных подкреплённых панелей, построенные на концепции обеспечения устойчивости конструкции и учете появления допустимых дефектов в обшивке. Представленные алгоритмы позволяют учитывать возможные эксплуатационные нарушения целостности обшивок, сохраняя необходимую устойчивость конструкции даже при выявлении распространённых дефектов.

Четвертая глава посвящена методикам расчёта композитных и металлических панелей при закритическом деформировании, учитывая мембранные и изгибные напряжения. Показано, как определить минимальные толщины панелей, удовлетворяющих требованиям прочности. Приводится пошаговая процедура вычислений с использованием формул, основанных на методе Бубнова-Галёркина. Применение указанных методик способствует снижению толщины обшивки и стенок закрылков самолета средней грузоподъемности приблизительно на 7%.

В пятой главе рассмотрены методики расчета композитных цилиндрических панелей малой кривизны при закритическом деформировании. Учитываются мембранные и изгибные напряжения, полученные аналитическими методами и решением нелинейных задач методом Бубнова-Галёркина. Определены способы нахождения минимально необходимых толщин панелей для обеспечения прочности при разных типах закрепления и нагрузок.

В заключении диссертационной работы сформулированы основные результаты исследования и выводы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации по необходимым квалификационным признакам: цели, задачи, новизне, актуальности, достоверности, научной и практической значимости, правильно отражает содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе:

1. В главах 4 и 5 диссертации рассмотрены только длинные гладкие прямоугольные ортотропные панели при закритическом деформировании. При этом не рассмотрены короткие панели средней толщины при $a/b < 2$, для которых аналитические решения геометрически нелинейных задач могут иметь более сложный вид.

2. Предложенные автором методики основаны на известных соотношениях теории гибких пластин, тем не менее, желательно было бы представить в работе доказательства их адекватности.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и могут быть учтены автором при проведении дальнейших исследований.

Основные положения диссертации изложены в 6 научных трудах в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ и 7 публикациях в сборниках тезисов докладов конференций.

Заключение по диссертации

Диссертация Торопылиной Е.Ю. выполнена на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, решающей научную проблему. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Основные ее положения опубликованы в рецензируемых научных изданиях и представлены на научных конференциях. Данная работа имеет научную новизну, достаточную практическую значимость и отвечает всем требованиям ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Торопылина Е.Ю., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.14 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов», протокол №4 от 11 ноября 2025 года.

Заведующий кафедрой «Аэродинамика,
конструкция и прочность летательных
аппаратов» МГТУ ГА,
доктор технических наук, профессор

Почтовый адрес: 125993, г. Москва,
Кронштадтский бульвар, 20,
тел. (499) 459-07-91
e-mail: m.kiselev@mstuca.ru



Киселев М.А.

Профессор кафедры «Аэродинамика,
конструкция и прочность летательных
аппаратов» МГТУ ГА,
доктор технических наук, доцент

Почтовый адрес: 125993, г. Москва,
Кронштадтский бульвар, 20,
тел. (499) 459-07-37
e-mail: v.efimov@mstuca.ru



Ефимов В.В.

Ученый секретарь кафедры
«Аэродинамика, конструкция и
прочность летательных аппаратов»
МГТУ ГА,
кандидат технических наук, доцент

Почтовый адрес: 125993, г. Москва,
Кронштадтский бульвар, 20,
тел. (499) 459-07-37
e-mail: m.efimova@mstuca.ru



Ефимова М.Г.

С отзывом ознакомлена
24.11.2025г. Торопы