

Отзыв официального оппонента на диссертацию Л.М. Гавва  
«Методы анализа статической прочности и устойчивости  
конструктивно-анизотропных панелей  
летательных аппаратов из композиционных материалов  
на основе уточнённой теории с учётом технологии изготовления»,  
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук  
по специальности 05. 07. 03  
«Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

**Актуальность темы диссертации.** Совершенствование авиационных конструкций, с точки зрения повышения прочностной надёжности, идёт по пути оптимизации формы и размеров, но, также и по выбору материалов каждого из элементов. При этом приходится принимать во внимание, что современные материалы по своей внутренней структуре представляют собой своеобразную конструкцию, строение которой следует учитывать в расчётах прочности и устойчивости.

Учёт всех этих обстоятельств, большинство из которых не имеет в настоящее время уточнённых моделей, представляет собой непростую проблему, решению которой и посвящена представленная работа по созданию методов расчёта конкретных авиационных конструкций. В данном случае рассматриваются несущие плоскости крыльев летательных аппаратов, представляющие собой конструктивно анизотропные панели в виде обшивок с продольным и поперечным набором подкреплений - лонжеронов, стрингеров и нервюр, в свою очередь, также состоящих из анизотропных элементов. Существующие методы расчёта оболочечных конструкций нуждаются в модернизации с целью учёта отмеченных особенностей конструкции современных образцов авиационной техники, что позволяет считать тему представленной диссертации актуальной и своевременной.

**Достоверность и новизна основных выводов и результатов работы.**

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и приложения.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 20 04 2022 »

Во **введении** обоснована актуальность решаемой проблемы, степень её разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, отмечены научная новизна, теоретическая и практическая ценность работы, изложена методология исследования, перечислены положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности полученных результатов, представлена апробация диссертации.

**В первой главе** приведены классификация и обзор работ, посвящённых построению расчётных моделей, разработке аналитических, численных и экспериментальных методов исследования напряжённо-деформированного состояния и устойчивости конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов.

**Вторая глава** посвящена построению математических моделей конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов, находящихся под действием произвольной поперечной нагрузки и температуры, с учётом технологии изготовления.

**Третья глава** посвящена разработке аналитических методов исследования проблем статической прочности при определении сложного напряжённо-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов с граничными условиями общего вида.

**В четвёртой главе** представлены результаты численной реализации разработанных алгоритмов на основе уточнённой теории при определении общего напряжённого состояния с краевыми эффектами и основного напряжённо-деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей.

**Пятая глава** содержит исследование различных аспектов проблем устойчивости конструктивно-анизотропных панелей из композиционных материалов с граничными условиями общего вида.

**В шестой главе** представлены результаты численной реализации разработанных алгоритмов на основе уточнённой теории при исследовании проблем устойчивости конструктивно-анизотропных панелей.

**Седьмая глава** демонстрирует верификацию математических моделей, приведены результаты экспериментальных исследований устойчивости и деформированного состояния конструктивно-анизотропных панелей.

**Приложение** содержит акты внедрения полученных в диссертации результатов в практику исследовательской, опытно-конструкторской работы ОКБ Сухого и в учебные процессы двух специализированных кафедр МАИ.

Заключение по содержанию диссертации содержит восемнадцать основных разделов.

Первые семь разделов заключения констатируют формулировку и разработку новой обобщённой универсальной математической модели для исследования на основе уточнённой теории статической прочности и устойчивости класса конструктивно анизотропных панелей. Построены и решены уравнения равновесия, исходно восемнадцатого порядка, но которое удалось, с помощью теории асимптотического интегрирования, свести к уравнению восьмого порядка. Решение выполнено в быстросходящихся тригонометрических рядах, а также методом однородных решений с естественными краевыми условиями. Дана оценка поправок, возникающих от краевых эффектов, на прочностные характеристики. Доказано, что можно пренебречь краевыми эффектами при определении компонентов основного напряжённо-деформированного состояния в широком диапазоне изменения жёсткостей конструкции. В пунктах с восьмого по одиннадцатый отражено исследование, в пределах модифицированной теории тонкостенных стержней, сложного напряженно-деформированного состояния подкреплённых панелей при статическом нагружении. Выяснилось, что корректный учёт сдвиговых деформаций приводит к заметному уменьшению прогибов и нормальных напряжений в панелях. Пункты с двенадцатого по четырнадцатый посвящены результатам исследований условий бифуркации форм равновесия и потере

общей устойчивости панелей с разными видами подкреплений. Пятнадцатый и шестнадцатый пункты общего заключения констатируют проведение экспериментов, показавших приемлемую взаимную согласованность аналитических и экспериментальных результатов по критическим нагрузкам и формам потери устойчивости при сжатии. Отмечено определенное расхождение в критических нагрузках при крутильной форме потери устойчивости коротких панелей. Проведено также сопоставление прогибов в рамках аналитических решений с результатами зарубежных экспериментов на основе литературных данных. Последние два пункта (семнадцатый и восемнадцатый) заключения констатируют возможность проведения расчётов с использованием разработанных автором вычислительных пакетов на языке операционной среды Matlab.

**Обоснованность научных положений, заключений и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** сделанные общие выводы по результатам диссертационной работы сомнений не вызывают.

**Достоверность** результатов диссертации определяется использованием в работе фундаментальных положений механики деформируемого твёрдого тела и строгих аналитических методов. Полученные теоретические выводы подтверждаются сравнением с численными решениями и согласуются с экспериментальными результатами, полученными соискателем, а также заимствованными из литературы.

**Научная новизна** диссертации состоит в построении универсальной математической модели для расчётов на прочность и устойчивость конструкционно-анизотропных панелей несущих плоскостей летальных аппаратов при силовых и температурных нагрузках. При этом учтены деформации сдвига при кручении подкрепляющего элемента при его контакте с обшивкой. Также приняты во внимание эффекты, вносимые технологическим процессом изготовления изделий из полимерных композиционных материалов. Разработана методология определения критических сил при разных формах потери устойчивости конструкционно-

анизотропных панелей с учётом неравномерности и сложности докритического напряжённого состояния.

**Практическое значение работы** определяется снижением и оптимизацией весовых характеристик конструкции как результат расчётов на прочность и устойчивость с учётом технологических факторов, с использованием, при этом, разработанных автором алгоритмов для вычислительной работы и программ с такими готовыми продуктами для персональных компьютеров, как Matlab.

**Оценка содержания диссертации.** Диссертация написана ясно, логически совершенно, хорошо иллюстрирована. По содержанию диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Не принято во внимание возможное наличие узлов крепления плоскостей к центроплану, которые могут могут составлять единое целое с лонжеронами и плоскостями.

2. Было бы желательно привести формы потери устойчивости рассмотренных панелей.

3. Используемый в тексте диссертации термин «конструктивная...» не вполне корректен со смысловой с точки зрения, на наш взгляд, следует использовать термин «конструкционная...».

Основное содержание диссертации опубликовано в периодической печати и доложено на семинарах и конференциях. Автореферат диссертации объективно и в полной мере отражает содержание диссертации.

**Заключение.** Диссертация Л.М. Гавва представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решена актуальная научная проблема, имеющая важное народно-хозяйственное значение. Получены новые научно обоснованные методы обеспечения прочностной безопасности и надёжности современной авиационной техники. Это исследование актуально и имеет существенное значение для обоснования и развития наших знаний в области прочности и устойчивости композиционных конструкций и

материалов с практическим приложением полученных результатов. Таким образом, диссертация Л.М. Гавва выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет требованиям п. 9 – 14, п. 23 и критериям, установленным Положением ВАК о присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 N 842, с изменениями, которые утверждены Постановлением Правительства РФ от 20.03.2021 N 426, а автор диссертации, Любовь Михайловна Гавва, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.07.03 - Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов.

Официальный оппонент,

Профессор кафедры физики прочности, доктор технических наук,  
Национального исследовательского ядерного университета МИФИ,  
Почётный профессор НИЯУ МИФИ, Заслуженный деятель науки РФ,



Морозов Евгений Михайлович  
19.04.2022

115409, г. Москва, Каширское ш., 31, НИЯУ МИФИ

+7(499) 324-87-66

[evgeny.morozof@gmail.com](mailto:evgeny.morozof@gmail.com), 8 906 7932196

Подпись Морозова Евгения Михайловича заверяю


ЗАМ. ДИРЕКТОРА ПО  
ПЕРСОНАЛУ НИЯУ МИФИ  
Л. В. ВАСИЛЬЧЕНКО

(должность)



(подпись)

(Ф.И.О.)

С отзывом оручивающего директора  
Морозова Е.М. ознакомлена  
 Гавва Л.М.  
21.04.2022г.