

В диссертационный совет 24.2.327.09
при ФГБОУВО «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университете)»
125993, г. Москва, Волоколамское
шоссе, д. 4

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Корольского Владислава Валентиновича «Метод оптимального проектирования конструктивно анизотропных панелей несущих поверхностей летательных аппаратов из композиционных материалов с ограничениями по устойчивости на основе уточненной теории», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

Диссертация Корольского В.В. *посвящена актуальной и практически важной теме* разработки метода, моделей и вычислительных средств (программных пакетов) для оптимального проектирования (ОП) несущих композитных элементов конструкций летательных аппаратов (ЛА). Критически важными несущими элементами, обеспечивающими прочность и устойчивость конструкции ЛА, являются конструктивно анизотропные панели (КАП). Оптимальному проектированию КАП посвящено чрезвычайно много работ, о чем свидетельствует детальный и объемный обзор работ, проведенный автором диссертации. Соискателем предложена классификация всего множества исследований, что облегчило анализ публикаций. В результате, Корольским В.В. верно выбрана цель работы и сформулированы задачи, обеспечивающие достижение этой цели. **Целью диссертации** является разработка метода ОП и программного пакета для ОП конструктивно анизотропных панелей несущих поверхностей ЛА из композиционных материалов (КМ) с ограничениями по устойчивости на основе уточнённой теории. Именно уточнение условий устойчивости для их использования при формулировке ограничений в оптимизационной задаче является принципиальной особенностью и новизной рассматриваемой работы. Классическая модель Кирхгофа – Лява с предположением о прямой недеформируемой нормали может быть использована

только для тонких анизотропных панелей, когда тонкостенная конструкция состоит из слоёв, жесткости которых сильно различаются. Учет поперечного сдвига необходим при ОП КАП с обшивкой средней и большой толщины. Автором диссертации рассматриваются ответственные несущие элементы конструкции ЛА, поэтому наличие в его расчетном аппарате уточненных моделей устойчивости КАП представляется целесообразным и обоснованным.

Задача ОП несущих элементов конструкций ЛА является многопараметрической и предполагает перебор большого числа вариантов состава и структуры с расчетом их устойчивости. Разумно сочетая аналитический подход с численным, автору диссертации удалось существенно сократить объем вычислений, требующихся для оптимального проектирования КАП.

По нашему мнению, наиболее существенными результатами, полученными соискателем и определяющими *научную новизну, фундаментальную и практическую значимости работы*, являются следующие.

1. Разработаны новые модели деформирования и потери устойчивости КАП с учетом поперечного сдвига. Получены аналитические соотношения для критических усилий потери устойчивости КАП.
2. Сформулирована математическая постановка задачи ОП с аналитическими ограничениями по устойчивости. Предложен и реализован метод решения сформулированной задачи в виде пакета программ в МАТЛАБ для размерно-весовой оптимизации КАП из углепластика. Пакет программ позволяет определять оптимальные параметры многослойной подкрепленной анизотропной панели: толщины слоёв, углы армирования, геометрию стрингеров, массу и критические нагрузки.
3. Пакет программ апробирован в ряде исследовательских проектах и используется в образовательном процессе МАИ по направлению «Авиастроение», что подтверждает практическую значимость диссертации.
4. Полученные в работе конкретные результаты оптимизационных расчетов могут быть использованы при проектировании новых современных конструкций ЛА. Результаты сравнения расчетов по уточненной теории с

учетом поперечного сдвига с расчетами в рамках гипотезы Кирхгофа – Лява позволяют уточнить границы применимости предположения о прямой недеформируемой нормали.

Достоверность научных результатов и выводов диссертации Корольского В.В. обусловлена: корректной физико-математической постановкой рассматриваемых задач; использованием современных численных методов; согласием расчетных и экспериментальными данными в части ограничений по устойчивости (по формам потери устойчивости и по уровню критических сил).

Диссертация Корольского В.В. объемом 186 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений с актами внедрения результатов исследования. В работе содержатся 58 рисунков, 25 таблиц и 110 библиографических ссылок.

Во введении обоснована актуальность исследований, сформулированы цель и задачи работы, показаны ее научная новизна, а также теоретическая и практическая значимости, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы проведен обзор исследований по проектированию КАП из КМ. Использована классификация работ по объектам и методам исследования. Рассмотрены аналитические и численные методы проектирования. Особое внимание уделено ограничениям по прочности, жёсткости и устойчивости, используемым при оптимальном проектировании.

Вторая глава диссертации посвящена оптимальному проектированию конструктивно анизотропных тонкостенных обшивок из КМ. Приведена постановка задачи ОП, в которой на целевую функцию веса накладываются ограничения, обеспечивающие устойчивость обшивки. Решением задачи ОП считается выполнение необходимого условия безусловного экстремума функции Лагранжа.

Для реализации ограничений по устойчивости требуется расчет критических усилий потери устойчивости анизотропной обшивки. Поскольку обшивка предполагается тонкой, то в этой главе используется гипотеза Кирхгофа – Лява. В

результате находится аналитическое решение для спектра критической силы потери устойчивости, минимум которого дает искомое критическое значение.

В заключительной части главы приведены результаты ОП гладких тонких обшивок с учетом ограничений по устойчивости.

В третьей главе работы строится модель для определения ограничений по устойчивости для ОП обшивок ЛА средней и большой толщины с несимметричной по толщине структурой пакета. В данном случае учет поперечного сдвига представляется необходимым. С учетом поперечного сдвига найдено аналитическое решение для задачи устойчивости в рамках полученного в диссертации уравнения в частных производных десятого порядка (без учета поперечного сдвига, при выполнении гипотезы Кирхгофа – Лява порядок уравнения был бы восьмым).

На основе полученных результатов проведена оценка пределов применимости аналитических ограничений по устойчивости, соответствующих различным теориям.

В четвёртой главе диссертации рассматривается ОП тонкостенных КАП, подкреплённых системой стрингеров. Решение задачи ОП сводится к поиску условного экстремума многопараметрической целевой функции веса. Ограничения на устойчивость используются в аналитическом виде, что существенно упрощает задачу. При поиске экстремума используются методы нелинейного программирования.

В заключении сформулированы семь основных новых научных результатов, соответствующих задачам, обеспечивающих достижение цели диссертационной работы. Намечен план дальнейшей работы, планируется продолжить исследования в направлении уточнения ограничений по устойчивости и прочности при ОП.

Таким образом, диссертационная работа Корольского В. В. выполнена на высоком научном уровне, содержит ряд новых теоретических результатов, имеющих практическое значение. Выводы диссертации, сделанные на основе полученных расчетных результатов, являются обоснованными и их достоверность

не вызывают сомнений. Результаты диссертации неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях. Опубликованные в 12 печатных изданиях (2 статьи, рекомендованные ВАК по специальности 2.5.13; 2 статьи в ведущих научных журналах и изданиях, включенных в международные системы цитирования; 7 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях, одно свидетельство о регистрации программ для ЭВМ) данные содержат полную информацию о полученных результатах. Приведенная в диссертации библиография отражает современный уровень проблемы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

В качестве замечаний следует отметить:

- хотя соискатель и упоминает о согласии расчетных данных с экспериментальными, полученном в опубликованных работах, но в самой диссертации таких сравнений не приводится;

- диссертантом не обсуждается вопрос о влиянии на устойчивость панелей геометрической и физической нелинейностей, несмотря на то, что линейный анализ потери устойчивости во многих работах рассматривается лишь как предварительный этап;

- при ОП в работе используются лишь необходимые условия экстремума, что не гарантирует минимальность целевой функции.

Сделанные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертации Корольского В. В. и имеют характер рекомендации для дальнейших исследований.

Общая оценка работы. В целом, диссертация Корольского В. В. представляет собой завершённую **научно-квалификационную работу**, выполненную на актуальную тему и на высоком теоретическом уровне. Достоверность полученных результатов сомнений не вызывает.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Полученные результаты могут быть использованы в практической деятельности научно-исследовательских учреждений, занимающихся проектированием

композитных конструкций ЛА, таких как: АО «ЦНИИСМ», АО «Корпорация „МИТ“», ЦАГИ им. проф. Н. Е. Жуковского и др.

Заключение. Диссертационная работа Корольского Владислава Валентиновича «Метод оптимального проектирования конструктивно анизотропных панелей несущих поверхностей летательных аппаратов из композиционных материалов с ограничениями по устойчивости на основе уточненной теории» полностью удовлетворяет квалификационным требованиям, изложенным в пункте 9 "Положения о порядке присуждения ученых степеней", утвержденным постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Корольский Владислав Валентинович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Официальный оппонент,

г.н.с. отдела экстремальных состояний вещества

ФИЦ ПХФ и МХ РАН,

доктор технических наук по специальности 20.00.14 «Вооружение и военная техника. Комплексы и системы военного назначения», профессор

“_27_” ноября 2025

Острик Афанасий Викторович

e-mail: ostrik@ficp.ac.ru

служебный телефон: +7 (496-52) 2-52-44, моб. телефон +7 (926) 981-32-43

служебный адрес: 142432, г. Черноголовка, просп. Акад. Н.Н. Семенова, д. 1, ИПХФ РАН

домашний адрес: 142432, г. Черноголовка, ул. Коммунальная 3-А, кв. 31.

Я, Острик Афанасий Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Корольского В.В. и их дальнейшей обработкой.

Подпись А.В. Острика заверяю,
ученый секретарь ФИЦ ПХФ и МХ РАН,

доктор химических наук



Б.Л. Психа

Сопровождаю Острожанин В.В. Корольский В.В. 2.12.25.