

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
ФГБОУ ВО «Московский  
государственный технический  
университет гражданской авиации»  
по научной работе и инновациям,  
доктор технических наук, профессор

Воробьев В.В.

« 11 »

2023 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Османа Мазена «Методика проектирования композитных панелей тонкостенных авиационных конструкций по устойчивости и закритическому состоянию», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. – Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.

#### Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа Османа Мазена в целом посвящена повышению весовой эффективности несущих панелей самолетов малой и средней грузоподъемности за счет разработки методик, учитывающих геометрически нелинейные соотношения при нагружении выше эксплуатационного уровня. В работе рассмотрены панели из композитных и металлических материалов при различных вариантах нагружения. В связи с этим актуальность темы не вызывает сомнений.

#### Содержание работы, соответствие паспорту специальности

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 127 наименований, общий объем составляет 150 страниц.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, проанализирована степень разработанности темы исследования, указана цель и задачи работы, определены объекты и предмет исследования. Также приведены положения, определяющие научную новизну, практическую значимость диссертации и основные положения, выносимые на защиту.

В Главе 1 представлен обзор современных проблем и задач поверочных и проектировочных расчетов композитных панелей. Также приведены основные геометрически нелинейные соотношения для тонких композитных панелей.

Глава 2 посвящена проектированию гладких композитных и металлических панелей при обеспечении устойчивости и прочности при закритическом состоянии с учетом достижения минимальных запасов при рассмотрении двух уровней нагружения. Представлено несколько вариантов методики проектирования панелей для случаев шарнирного и жесткого опирания при двух уровнях нагружения и получены компактные формулы для проектирования. Приведены

отдел документационного  
обеспечения МАИ  
« 12 » 04 2023 г.

результаты некоторых параметрических исследований оптимального армирования сжатых ортотропных панелей.

**В главе 3** рассмотрены методики проектирования ортотропных прямоугольных панелей при комбинированном нагружении двухосным сжатием и сдвигом, в том числе с учетом равномерного нагрева. Кроме того, показана возможность применения критериев по статической прочности соотношений, относящихся к расчетным характеристикам многослойного композитного пакета и к характеристикам монослоя композитного материала.

**В главе 4** приведены аналитические решения геометрически нелинейных задач ортотропных цилиндрических панелей малой кривизны с учетом жесткого опирания при сжатии и при сдвиге. Представлен алгоритм для методик проектирования указанных панелей, предполагающий численное решение задачи оптимального проектирования.

**В главе 5** представлены прикладные методики проектирования несущих композитных панелей. В частности, предложена методика проектирования квадратных подкрепленных композитных панелей при действии касательных усилий. Причем было использовано полученное в работе аналитическое решение геометрически нелинейной задачи для квадратной ортотропной панели, нагруженной сдвиговыми усилиями.

Следует отметить, что в работе получены аналитические решения геометрически нелинейных задач гладких композитных стенок ортотропной, анизотропной и несимметричной структур при жестком опирании при действии касательных усилий и приведены алгоритмы методик проектирования панелей по закритическому состоянию. Также в этой главе представлена методика проектирования многозамкнутых конструкций с учетом ограничений по устойчивости и по прочности при закритическом состоянии и использования результатов, полученных в Главе 2.

**В Заключение** диссертации сформулированы основные результаты данного диссертационного исследования и выводы.

Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 2.5.13 – Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.

**Целью** диссертационной работы являлась разработка методики определения параметров несущих панелей композитных и металлических авиационных конструкций минимального веса при ограничениях по устойчивости и по статической прочности при закритическом поведении.

В работе принято, что указанная выше общая методика определения параметров несущих панелей включает в себя несколько методик проектирования, указанных далее в качестве решаемых задач.

#### **Научная новизна**

В диссертационной работе получены аналитические решения геометрически нелинейных задач и предложены новые методики проектирования несущих панелей по закритическому состоянию. Результаты работы являются частью научно-технического задела для создания новых перспективных самолетов малой авиации. Научная новизна работы заключается в следующих результатах:

- разработаны методики проектирования несущих композитных и металлических панелей с учетом ограничений по устойчивости и по прочности при закритическом состоянии при рассмотрении двух уровней нагружения и получения минимальных запасов;

- разработаны методики оптимального проектирования композитных панелей при комбинированном нагружении по закритическому состоянию, в том числе с учетом равномерного нагрева и использовании критериев прочности на уровне композитного пакета или монослоя при использовании различных результатов общей и специальной квалификации композитных материалов;

- получены аналитические решения геометрически нелинейных задач определения напряженно-деформированного состояния ортотропных цилиндрических панелей малой кривизны при сжатии и при сдвиге с учетом всестороннего жесткого опирания;

- получено аналитическое решение задачи устойчивости и определения напряженно-деформированного состояния при геометрически нелинейном поведении для квадратной ортотропной панели при сдвиге;

- разработана методика проектирования подкрепленных панелей минимального веса с учетом квадратной формы при нагружении касательными усилиями при использовании ограничений по устойчивости;

- получены аналитические решения геометрически нелинейных задач гладких композитных панелей с различными структурами (ортотропных, анизотропных и несимметричных) при сдвиге, а также соответствующие методики оптимального проектирования композитных панелей, основанные на указанных решениях;

- разработаны прикладные методики определения параметров многозамкнутых закрылков из композитных материалов с учетом допустимости закритического поведения несущих панелей и стенок при нагрузках выше эксплуатационного уровня.

### **Практическая значимость полученных результатов**

Практическая значимость работы состоит в возможности применения на начальных этапах проектирования композитных и металлических панелей самолетов малой и средней грузоподъемности, использования аналитических решений для оценки геометрически нелинейного поведения, а также использования методик проектирования панелей с учетом обеспечения устойчивости и прочности при закритическом поведении.

### **Степень достоверности результатов работы**

Достоверность полученных в диссертации результатов определяется сопоставлением с известными аналитическими и численными решениями частных задач для изотропных и композитных панелей.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов**

Результаты диссертационной работы предлагается использовать в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по созданию конструкций перспективных самолетов малой авиации, а также материалах специальных курсов лекций для студентов старших курсов и аспирантов авиационных ВУЗов.

### **Замечания по диссертационной работе**

В работе имеются некоторые недостатки:

1. В работе представлены аналитические решения геометрически нелинейных задач с условием, что рассматривается начальный этап закритического поведения. Желательно было бы привести оценки нагрузок, при которых возможно перестроение форм волнообразования при потере устойчивости.

2. Записанные в диссертации соотношения для изгибных жесткостей позволяют учитывать расположение слоев по толщине композитного пакета. В работе не приведены параметрические исследования влияния расположения различных слоев стандартной укладки ( $0^\circ/\pm 45^\circ/90^\circ$ ) при закритическом поведении. Указанные исследования могли бы дополнить практическую значимость работы.

3. Материал пункта п.2.1.3, посвященный задачам комбинированного нагружения при продольном сжатии и сдвиге, находится в Главе 2, что может быть методически оправдано – после п.2.1.1 (проектирование при нагружении продольными сжимающими потоками) и п.2.1.2 (проектирование при нагружении сдвиговыми потоками). Идеологически указанный материал пункта п.2.1.3 следовало изложить в Главе 3, посвященной проектированию при двухосном сжатии и сдвиге.

4. Также необходимо отметить отдельные стилистические ошибки и опечатки, другие незначительные замечания, на что было указано автору.

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

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

Основные положения диссертации отражены в 17 печатных работах, 3 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи – в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, Web of Science, 6 статей в материалах и трудах конференций, индексируемых в базе данных Scopus, а также сборниках тезисов докладов на 8 международных и российских конференциях.

### **Заключение по диссертации**


Диссертация Османа Мазена выполнена на актуальную тему, является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение. Она обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, достоверность которых не вызывает сомнений. Основные ее положения опубликованы в рецензируемых научных изданиях и доложены на научных конференциях. Данная работа имеет неоспоримую научную новизну, достаточную практическую значимость и отвечает всем требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Осман Мазен, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по

специальности и 2.5.13 – Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.


Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» 11.04.2023, протокол № 11.

Отзыв составили:


Заведующий кафедрой «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации»,  
125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, 20, каб. 206А,  
тел.: 8 (499) 495-07-91, e-mail: m.kiselev@mstuca.aero  
доктор технических наук, профессор

  
\_\_\_\_\_ Киселев Михаил Анатольевич  
(подпись) (Ф.И.О. полностью)  
« 11 » 04 2023 г.

Профессор кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации»,  
125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, 20, каб. 105А,  
тел.: 8 (499) 495-07-37, e-mail: akpla@yandex.ru  
доктор технических наук, доцент

  
\_\_\_\_\_ Ефимов Вадим Викторович  
(подпись) (Ф.И.О. полностью)  
« 11 » 04 2023 г.

ученый секретарь кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов»

  
\_\_\_\_\_ Ефимова Марина Григорьевна  
(подпись) (Ф.И.О. полностью)  
« 11 » 04 2023 г.

с отзывом о Знаком-лет

 12/04/2023