

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.09

**Соискатель:** Осман Мазен

**Тема диссертации:** Методика проектирования композитных панелей тонкостенных авиационных конструкций по устойчивости и закритическому состоянию

**Специальность:** 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов (технические науки)».

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 25 мая 2023 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Осману Мазену ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** д.т.н., доц. М.В. Силуянова, к.т.н. Д.Ю. Стрелец, д.т.н., проф. О.М. Алифанов, д.т.н., И.Г. Башкиров, д.т.н. М.В. Белов, д.т.н., доц. А.Г. Викулов, д.ф.-м.н., доц. А.В. Волков, д.т.н., проф. В.Г. Дмитриев, д.т.н., проф. А.А. Дудченко, д.т.н., проф. В.Н. Евдокименков, д.ф.-м.н. А.Л. Медведский, д.т.н., доц. О.В. Митрофанов, д.т.н., доц. А.М. Молчанов, д.т.н., проф. С.Г. Парафесь, д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Рабинский, д.ф.-м.н., доц. Г.В. Федотенков, д.т.н., проф. В.В. Фирсанов, д.т.н. В.И. Шевяков.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.09, к.т.н.

 Д.Ю. Стрелец

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.09**

созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 25.05.2023 г., протокол № 9

О присуждении **Осману Мазену**, гражданину Сирийской Арабской Республики, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика проектирования композитных панелей тонкостенных авиационных конструкций по устойчивости и закритическому состоянию» по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов (технические науки)» принята к защите «20» марта 2023 года, протокол заседания № 6, диссертационным советом 24.2.327.09, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ Минобрнауки России о создании совета № 1738/нк от 13.12.2022 г.

**Соискатель** Осман Мазен, 26 декабря 1982 года рождения. В 2013 году соискатель окончил обучение в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ» по направлению подготовки «151 900 Конструкторско - технологическое обеспечение машиностроительных производств» (диплом магистра с отличием 101624 0005993, регистрационный номер 3241, дата выдачи «05» июля 2013 года).

Справка о сдаче кандидатских экзаменов №19 от 04 апреля 2022 года выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

В период подготовки диссертации соискатель Осман Мазен проходил обучение в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники».

Диссертация выполнена на кафедре 101 «Проектирование и сертификация авиационной техники» Института №1 «Авиационная техника» МАИ, Министерство науки и высшего образования РФ.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент, Митрофанов Олег Владимирович, заместитель начальника НИО прочности, заместитель главного конструктора по прочности филиала ПАО «Корпорация» «Иркут» «Региональные самолеты», профессор кафедры 101 «Проектирование и

сертификация авиационной техники» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», по совместительству.

**Официальные оппоненты:**

1. Бохоева Любовь Александровна – гражданка Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Восточно - Сибирский государственный университет технологий и управления», зав. кафедрой «Информационные технологии и прикладная механика».

2. Бабичев Антон Александрович – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, Акционерное общество «Центральный Научно - исследовательский институт специального машиностроения» АО «ЦНИИСМ», начальник отделения - заместитель главного конструктора.

**Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.**

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» МГТУ ГА, 125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д.20, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» (протокол №11 от 11.04.2023 г.), подписанном заведующим кафедрой, доктором технических наук Киселевым Михаилом Анатольевичем и профессором кафедры, доктором технических наук, доцентом Ефимовым Вадимом Викторовичем, ученым секретарем Ефимовой Мариной Григорьевной и утвержденным проректором по научной работе и инновациям, доктором технических наук, профессором Воробьевым Вадимом Вадимовичем, указала, что 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 (технические науки)».

Соискатель имеет по теме диссертации 17 опубликованных научных работ, в том числе 3 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, 2 статьи - в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, 6 статей в материалах и трудах конференций, индексируемых в базе данных Scopus, а также 6 сборниках тезисов докладов конференций. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

***Научные статьи в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в Перечень Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации***

1. Митрофанов О.В., Осман Мазен. Проектирование гладких металлических панелей при обеспечении устойчивости и прочности при закритическом поведении // Вестник Московского авиационного института. – 2022. – Т. 29. – № 1. – С. 36-47. DOI: 10.34759/vst-2022-1-36-47.

В работе предложена прикладная методика определения оптимальных параметров тонких металлических обшивок с учетом рассмотрения двух уровней нагружения.

2. Митрофанов О. В., Осман Мазен. Оптимальные параметры композитных обшивок многозамкнутого закрылка с учетом ограничений по устойчивости и по закритическому состоянию // Естественные и технические науки. – 2022. – № 2 (165). – С. 216-218.

Предложена прикладная методика проектирования многозамкнутого закрылка при условиях достижения минимальных запасов по устойчивости и по прочности при закритическом поведении обшивки и стенок.

3. Митрофанов О. В., Осман Мазен, Агафонов И.И. Закритическое поведение тонких металлических панелей: актуальные прикладные задачи // Естественные и технические науки. – 2021. – № 12 (163). – С. 263-265.

В работе сформулированы актуальные задачи современных прикладных исследований и разработок методик проектирования металлических панелей при закритическом поведении тонких обшивок, нагруженных сжимающими и касательными потоками.

***Научные статьи в ведущих научных журналах, включенных в международные системы цитирования***

4. Mitrofanov O. and Osman Mazen. Designing of smooth composite panels providing stability and strength at post-buckling behavior // Mechanics of Composite Materials. – 2022. – Vol. 58. – No. 1. – pp. 21-42.

В работе предложена методика проектирования тонких композитных панелей с учетом двух уровней нагружения и обеспечения устойчивости при эксплуатационных нагрузках и прочности при закритическом поведении при расчетных нагрузках.

5. Mitrofanov, O.V., Osman, M. Design of thin orthotropic panels according to the post-buckling state under combined loading taking into account uniform heating // Aerospace Systems. – 2022. – Vol. 5. – No. 1. – pp. 29-36.

В работе предложена методика проектирования композитных панелей по прочности при закритическом поведении с учетом комбинированного нагружения и равномерного нагрева.

***Статьи в материалах международных конференций - в изданиях, включенных в международные системы цитирования***

6. Mitrofanov O., Mazen O. Designing of thin composite panels with the post-buckling behavior considering rigid support and loading with shear flows // Book Conf.: Far East Con – Materials and Construction III, Key Engineering Materials. – 2021. – Vol. 887. – pp. 657-661.

Предложена методика проектирования тонких композитных панелей при закритическом состоянии с учетом жесткого опирания и нагружения касательными потоками.

7. Mitrofanov O., Osman M. Post-buckling behavior estimation of composite panels of asymmetric structure with all-boundary rigid support with shear flows action // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – No 1. – Vol. 1027. – pp. 012020.

Получено аналитическое решение геометрически нелинейной задачи для оценки закритического поведения композитных панелей несимметричной структуры при жестком опирании и действии касательных потоков.

8. Mitrofanov O.V., Osman M. Assessment of the geometrically nonlinear behavior of thin cleavage type surface defects of anisotropic structure under shear // IOP Publishing: Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – No 1. – Vol. 1925. – pp. 012053.

В работе получено аналитическое решение для оценки геометрически нелинейного поведения поверхностных дефектов анизотропной структуры типа тонкого расслоения при сдвиге.

9. Mitrofanov O.V., Osman M. Analysis of stability and bearing capacity of reinforced panels made of composite materials under shear // IOP Publishing: Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – No 1. – Vol. 1925. – pp. 012060.

Приведены аналитические решения задач устойчивости и закритического поведения квадратных композитных панелей при сдвиге.

10. Mitrofanov O.V., Osman M. Post-buckling behavior estimation of rigidly supported cylindrical composite panels in case shear // IOP Publishing: Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – No 4. – Vol. 2094. – pp. 042078.

Получено аналитическое решение геометрически нелинейной задачи при действии касательных потоков для тонкой композитной цилиндрической панели малой кривизны ортотропной структуры.

11. Mitrofanov O.V., Osman M., Gavriiliak V. E. Composite panels design based on post-buckling state with combined loading // IOP Publishing: Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – No 1. – Vol. 1925. – pp. 012055.

В работе предложена методика проектирования композитных панелей при шарнирном опирании по закритическому состоянию при комбинированном нагружении.

#### *Материалы международных и всероссийских конференций*

12. Митрофанов О.В., Осман Мазен, Кайков К.В. Проектирование квадратных подкрепленных композитных стенок при сдвиге с учетом обеспечения устойчивости // Тезисы II-ой Международной конференции «Композитные материалы и конструкции». – М.: МАИ, 2021. – С. 20-22.

13. Митрофанов О.В., Осман Мазен. Определение оптимальных параметров сжатых композитных панелей при обеспечении устойчивости и прочности при закритическом поведении с учетом жесткого опирания // Тезисы II-ой Международной конференции «Композитные материалы и конструкции». – М.: МАИ, 2021. – С. 23-24.

14. Митрофанов О.В., Гавва Л.М., Осман Мазен. Собственные нелинейные колебания тонких прямоугольных композитных панелей

несимметричной структуры // Тезисы II-ой Международной конференции «Композитные материалы и конструкции». – М.: МАИ, 2021. – С. 19-20.

15. Митрофанов О.В., Мазен О. Оценка геометрически нелинейного поведения тонких поверхностных дефектов типа расслоения анизотропной структуры при сдвиге // Тезисы 19-ой международной конференции «Авиация и космонавтика». – М.: МАИ, 2020. – С. 774-775.

16. Osman M. N. Review of calculation methods and experimental studies of structurally anisotropic aircraft panels made of composite materials // Abstracts XLVI Gagarin Science Conference. – М.: МАИ, 2020. – pp. 1679-1680.

17. Osman M. N. Actual problems of designing the main power elements of the wing caisson made of composite materials with the possibility of loss stability of thin skin // Abstracts XLVII Gagarin Science Conference. – М.: МАИ, 2021. – pp. 1478.

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

**На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:**

**1) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» МГТУ ГА, ведущая организация. Отзыв положительный.**

В работе отмечены 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.

**2) Бохоева Любовь Александровна**, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Восточно - Сибирский государственный университет технологий и управления», заведующий кафедрой «Информационные технологии и прикладная механика». **Отзыв положительный**, заверен начальником управления делами.

Замечания по диссертации:

1. В работе рассмотрены панели при статическом нагружении. Для современных авиационных тонкостенных конструкций интерес также представляют задачи обеспечения ресурсных характеристик. Диссертацию следовало бы дополнить исследованиями, касающимися деградации прочностных и жесткостных характеристик композитных материалов при усталостным нагружении.

2. В предложенных в диссертационной работе методиках проектирования тонких панелей рассматривались только мембранные напряжения. Известно, что композитные панели склонные к расслоениям, причиной которых могут быть трансверсальные касательные напряжения. Используемая в диссертации методология проектирования по закритическому состоянию позволяет учитывать указанные поперечные касательные напряжения, и в диссертационной работе необходимо было бы дать соответствующие комментарии.

3. Решение нелинейных задач выполнено аналитически, но, к сожалению, нет проверки полученных результатов с экспериментальными данными или численными расчетами с использованием современных программных продуктов

4. При решении тестовых задач показаны ограниченные результаты. Например, раздел 3.2 решение нелинейной задачи о закритическом деформировании ортотропной прямоугольной панели из КМУ-4. Результаты представлены на двух рисунках 3.2, 3.3, без численных данных и выводов.

**3) Бабичев Антон Александрович**, официальный оппонент, кандидат технических наук, Акционерное общество «Центральный Научно - исследовательский институт специального машиностроения» АО «ЦНИИСМ», начальник отделения - заместитель главного конструктора. **Отзыв положительный**, заверен секретарем НТС «ЦНИИСМ» Красновой Г.В.

Замечания по диссертации.

1. В работе при решении поставленной задачи закритической деформации прогиб представляется в виде одного члена тригонометрического ряда, что не позволяет учесть возможную перестройку системы волн в процессе закритического деформирования, однако, для проектировочных расчетов, этого можно считать достаточным, поскольку после проектирования и выбора оптимальных параметров конструкции, проводятся дополнительные поверочные расчеты.

2. В тексте диссертации и автореферата допущены отдельные орфографические и пунктуационные ошибки.

**4) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан главным научным сотрудником, д.ф.-м.н. Думанским Александром Митрофановичем, заверен ведущим специалистом по кадрам С.М. Розановым.**

В качестве замечаний по автореферату следует отметить:

1. Для современных тонкостенных композитных конструкций достаточно критичными являются удары по несущим обшивкам. В приведенных в автореферате методиках не рассмотрено влияние ударных воздействий.

2. В диссертационной работе учитывается геометрическая нелинейность. Для металлических панелей было бы интересно одновременно учитывать геометрическую и физическую нелинейность.

**5) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана)», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан заместителем по научной работе заведующего кафедрой «Прикладная механика» д.т.н., профессором Покровским Алексеем Михайловичем, заверен заместителем начальника управления кадров О.В. Назаровой.**

Замечания по автореферату диссертационной работе:

1. В автореферате на стр.21 указана не верная ссылка на равенство (30) (должна быть ссылка на уравнение (31)). Также в правых частях формул для безразмерных параметров касательных напряжений на стр. 20 и 21 пропущены члены  $(1/E1)$ .

2. В диссертации получены аналитические соотношения для определения минимальных толщин с учетом двух уровней нагружения, при которых должны быть обеспечены устойчивость и прочность при закритическом состоянии. Целесообразно было бы провести и представить более широкие параметрические исследования для различных материалов и различных отношений двух уровней нагрузок. В итоге мог бы появиться рекомендательный материал, имеющий практическое значение для конструкторских бюро, которые занимаются разработкой конструкций самолетов малой авиации.

**6) АО «Уральский завод гражданской авиации» (УЗГА), отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан генеральным конструктором – заместителем генерального директора АО «УЗГА» Мининым Олегом Петровичем и начальником отдела ресурса АО «УЗГА» Коробейниковым Евгением Владимировичем.**

Замечания и рекомендации по автореферату диссертационной работе:

1. В автореферате не достаточно ясно указаны границы применимости предложенных методик проектирования несущих панелей по закритическому состоянию.

2. В работе предложена методика проектирования квадратных подкрепленных панелей при действии касательных потоков. Желательно было бы более подробно описать особенности использования принципа равноустойчивости и разработать методику проектирования для варианта комбинированного нагружения сдвиговыми потоками и сжимающими усилиями.



3. Полученные результаты научных исследований сложно напрямую применить в инженерной практике без специальной проработки материала. Для инженерного использования полученных рекомендуется привести материал к инженерным номограммам, табличным формам и коэффициентам.

**7) Государственный научный центр Российской Федерации, Федеральное автономное учреждение Центрального Аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е.Жуковского ФАУ «ЦАГИ», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан заместителем начальника НИО-3 к.т.н Лимониным М.В и главным научным сотрудником НИО-3 д.т.н., профессором Гришиным В.И., заверен заместителем генерального директора ФАУ «ЦАГИ» - начальником центра прочности ЛА Зиченков М.Ч.**

По тексту автореферата имеется ряд замечаний:

1. В предложенных методиках проектирования панелей в качестве критерия использовалось условие достижения предельных напряжений. При проектировании современных конструкций достаточно часто используется критерий достижения предельных деформаций. В автореферате работы следовало дать соответствующие пояснения для варианта применения критерия достижения предельных деформаций.

2. В работе не представлена область применимости разработанных автором методик. Так в первой главе говорится, что объектом исследований являются панели конструкции закрылка, хотя очевидно, что КМ могут быть использованы и в других агрегатах и силовых элементах самолета малой авиации (МА). Кроме того, на практике в конструкции самолетов МА нашли широкое применение композитные трехслойные панели, которые обладают определенными преимуществами в части их весового совершенства, а вопросы их устойчивости и закритического деформирования имеют существенно иной характер.

**8) АО «НЦВ Миль и Камов», отзыв на автореферат. Отзыв положительный, подписан техническим руководителем КБ 4.3 «Внешние нагрузки, аэроупругость и земной резонанс» к.т.н. Кручининым Михаилом Михайловичем, заверен начальником службы кадров.**

Замечание по диссертационной работе:

1. В автореферате не приведено описание методики проектирования многозамкнутых конструкций с учетом допустимости закритического поведения, хотя упомянутая методика включена отдельным пунктом в положения, выносимые на защиту.

2. По тексту автореферата имеются опечатки и некоторые неточности.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом проектирования и практического использования композитных материалов, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов**

(технические науки)» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

МГТУ ГА является ведущей организацией, и представляет собой высшее учебное заведение, осуществляющее подготовку кадров, в том числе высшей квалификации, ведет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области гражданской авиации. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с разработкой и проектированием конструкций из композиционных материалов. Это позволяет им оценить актуальность, научную новизну и практическую ценность результатов диссертации, а также сформировать рекомендации по практическому использованию этих результатов для предприятий отрасли, занимающихся проектированием авиационной техники, и ВУЗов, нацеленных на подготовку кадров в области авиастроения.

Выбор Бохоевой Любови Александровны, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Информационные технологии и прикладная механика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Восточно - Сибирский государственный университет технологий и управления» в качестве официального оппонента обосновывается ее широкой компетентностью в вопросах механики разрушения элементов композитных конструкций с допустимыми дефектами. Л.А. Бохоева – автор более 100 публикаций в области исследования композиционных материалов и конструкций на их основе.

Выбор Бабичева Антона Александровича, кандидата технических наук, начальника отделения - заместителя главного конструктора Акционерного общества «Центральный Научно - исследовательский институт специального машиностроения» АО «ЦНИИСМ», в качестве официального оппонента обусловлен его большим практическим опытом при проектировании и разработках несущих панелей и оболочек из композитных материалов.

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований разработана комплексная методика проектирования композитных и металлических панелей тонкостенных авиационных конструкций при ограничениях по устойчивости и по прочности при закритическом состоянии. Использование разработанной методики позволит сократить сроки разработки композитных и металлических конструкций самолетов малой авиации на ранних этапах проектирования.

**Новизна полученных результатов** заключается в разработке новых методик проектирования композитных и металлических панелей и получении новых аналитических решений геометрически нелинейных задач для композитных панелей. В частности, разработаны следующие новые методики:

- методика проектирования гладких композитных и металлических панелей с учетом ограничений по устойчивости и по прочности при закритическом состоянии при одновременном рассмотрении двух уровней нагружения с учетом достижения минимальных запасов,

- методика проектирования гладких панелей при комбинированном нагружении по закритическому состоянию, в том числе с учетом равномерного нагрева,

- методика рационального проектирования подкрепленных панелей квадратной формы при сдвиге с учетом ограничений по устойчивости,

- методика определения параметров многозамкнутого закрыва из композитных материалов с учетом допустимости закритического поведения несущих панелей и стенок от сжатия и сдвига при нагрузках превышающих эксплуатационный уровень, и получены следующие аналитические решения геометрически нелинейных задач:

- для гладких ортотропных прямоугольных цилиндрических панелей малой кривизны при сжатии и при сдвиге с учетом всестороннего жесткого опирания,

- для гладких плоских композитных панелей при жестком опирании, нагруженных касательными усилиями с учетом ортотропной, анизотропной и несимметричной структурой,

- для квадратных ортотропных панелей при сдвиге.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

- предложенные в диссертационной работе методики определения параметров композитных панелей при проектировании по устойчивости и по прочности при геометрически нелинейном поведении, являются дополнением для существующей методологии проектирования панелей по закритическому состоянию;

- полученные в работе аналитические решения геометрически нелинейных задач для ортотропных панелей, могут стать основой для соответствующих методик проектирования панелей при ограничениях по прочности при закритическом состоянии.

**Практическая значимость** результатов заключается том, что на ранних этапах проектирования появляются возможности определения минимальных толщин композитных и металлических панелей с учетом геометрически нелинейного поведения, а также проведения параметрических исследований при обосновании выбора конструктивно - технологических решений проектируемых конструкций.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается:

1. Актом внедрения, полученным в филиале ПАО «Корпорация Иркут» «Региональные самолеты».

2. Актом внедрения в учебный процесс МАИ.

**Личный вклад автора** состоит:

- в разработке основных соотношений и положений в предложенных методиках проектирования панелей по закритическому состоянию,

- в получении основных предложенных аналитических решений геометрически нелинейных задач для композитных панелей,

- в выполнении расчетных исследований, приведенных в диссертации.

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

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила, что основные положения диссертации опираются и согласуются с опубликованными данными по теме диссертации.

- Достоверность полученных результатов аналитических решений определяется сопоставлением с известными аналитическими решениями для металлических и ортотропных панелей.

- Достоверность формул полученных при разработке методик проектирования, основанных на использовании решений геометрически нелинейных задач, определяется сравнением результатов, полученных при использовании методик проектирования и при проведении поверочных расчетов (при соответствующих запасов по устойчивости и по прочности при закритическом поведении равных единице).

В рамках проведенных исследований автором грамотно получены аналитические решения геометрически нелинейных задач и в рамках методологии проектирования несущих композитных панелей разработаны методики определения минимальных толщин при условии достижения равенства действующих напряжений предельным допустимым значениям напряжений для ортотропной структуры.

**В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:**

1. В докладе не отмечены критерии прочности для композитных панелей, которые были использованы в работе.

2. В докладе не отмечено, какие слои в композитной панели рассматривались и учитывалось ли расположение слоев по толщине.

Соискатель Осман Мазен ответил на задаваемые вопросы и привел собственную аргументацию:

1. В методиках проектирования композитных панелей по закритическому состоянию использованы следующие критерии: при одноосном сжатии использовалась первая теория прочности и использовалось равенство действующих продольных нормальных напряжений предельным значениям нормальных напряжений, а при комбинированном нагружении использовался критерий Цая.

2. В работе рассмотрены ортотропные панели со стандартной укладкой  $0^\circ/\pm 45^\circ/90^\circ$ . Расположение слоев по толщине не учитывалось. На ранних этапах проектирования, как правило, рассматриваются осредненные жесткости.

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник.** Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 25 мая 2023 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной отрасли в части создания перспективных

эффективных конструкций самолетов малой авиации присудить Осману Мазену ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов (технические науки)», участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председательствующий  
на заседании диссертационного совета  
24.2.327.09, д.т.н., доцент  
Силуянова Марина Владимировна

  

---

  

---

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.09, к.т.н.  
Стрелец Дмитрий Юрьевич

«25» мая 2023 г.

Начальник отдела УДС МАИ

Т.А. Анкина

