



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
4 ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

г. Королев, мкр. Юбилейный,
ул. Тихомирова, д. 23, Московская обл., 141091

«09» 12 2024 г. № 2450

На №

Экз. № 1

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования «Московский
авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»
Учёному секретарю диссертационного
совета 24.2.327.09
Д.Ю.СТРЕЛЬЦУ
Волоколамское шоссе, д. 4, Москва, 125993

На исх. №035-10-327.09-12-24/22 от 06 ноября 2024 г.

Уважаемый Дмитрий Юрьевич!

Высылаю отзыв на автореферат диссертационной работы Боровикова Александра Александровича на тему «Методика оптимизации конструктивно-силовой схемы блока космического аппарата для обеспечения динамической совместимости с ракетой-носителем» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности п.1 Паспорта 2.5.13.

Приложение: «Отзыв...», в 2-х экземплярах, на 4 листах каждый, несекретно, только в адрес.

С уважением,

Заместитель начальника 4 Центрального
научно-исследовательского института
Министерства обороны Российской Федерации
по научной работе

В.Шкарбань

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель начальника 4 Центрального
научно-исследовательского института
Министерства обороны
Российской Федерации
по научной работе

В.Шкарбань
« 09 » декабря 2024 г.

Отзыв

**ФГБУ «4 Центральный научно-исследовательский институт»
Министерства обороны Российской Федерации на автореферат диссертации
БОРОВИКОВА Александра Александровича на тему «Методика
оптимизации конструктивно-силовой схемы блока космического аппарата
для обеспечения динамической совместимости с ракетой-носителем»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция,
производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»**

Для сохранения конкурентоспособности на рынке космических услуг необходимо сокращать время разработки космических аппаратов (КА) и высокими темпами наращивать космические группировки.

При разработке космического аппарата (КА) одной из важнейших затратных по времени задач является разработка конструктивно-силовой схемы (КСС) КА с адаптером - блоком космического аппарата (БКА) с учётом удовлетворения требований динамической совместимости КА с ракетой-носителем (РН). Данное требование предъявляется разработчиками РН для ограничения динамической связи КА с РН, которое заключается в ограничении частот собственных колебаний БКА, жёстко закреплённого по стыку адаптера с верхней ступенью РН или разгонным блоком (РБ). Невыполнение требований динамической совместимости приводит к необходимости дополнительного моделирования системы управления РН с учётом упругости КА, результатом которого может стать изменение штатных настроек системы управления РН. Это может снизить надёжность запуска и увеличить время проектирования.

На ранних стадиях проектирования и разработки КА существует высокая степень неопределённости и изменчивости исходных данных по его компоновке,

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«10» 12 2024 г.

составу приборов, конструкции и т.д., что требует разработки и применения методик для оперативного выбора решений по КСС БКА.

В связи с этим в настоящее время **актуальна задача** оперативного определения КСС БКА с применением методики оптимизации конструктивно-силовой схемы блока космического аппарата для обеспечения динамической совместимости с ракетой-носителем.

Научная новизна диссертации:

1. Впервые использована топологическая оптимизация для определения количества и мест установки межпанельных кронштейнов корпуса КА.
2. Разработана модификация метода SIMP, позволяющая значительно сократить размерность задачи оптимизации.
3. Предложен подход к применению топологической оптимизации, отличающийся от традиционного тем, что результатом оптимизации является не конструкция несущих элементов, а их количество и расположение. Это позволяет устранить ряд недостатков, присущих традиционному использованию топологической оптимизации и значительно ускорить процесс проектирования КСС БКА.
4. Найдено новое конструктивное решение силовой схемы адаптера, отличающееся наличием локальных обшивок в местах крепления КА, позволяющее увеличить жёсткость адаптера.

Теоретическая значимость диссертационной работы Боровикова А.А. состоит в том, что сформированы теоретические основы проектирования КСС БКА. Построена комплексная методика на основе достаточно строгих и обоснованных формализаций выбора проектных параметров КСС БКА с использованием результатов топологической оптимизации. Разработана модификация метода SIMP топологической оптимизации, а также предложен новый подход к применению топологической оптимизации, отличающийся от традиционного.

Практическая значимость диссертационной работы:

1. Разработанные методики и программное обеспечение целесообразно использовать при проектировании КСС КА, к настоящему времени основные результаты работы внедрены в АО «ВПК «НПО Машиностроения».
2. Предлагаемая методика может быть использована в учебном процессе по ракетно-космическим специальностям.

Достоверность научных результатов обеспечивается корректным использованием математических методов, проведением поверочных расчётов, получаемых КСС в известном конечно-элементном комплексе MSK Nastran, применением разработанных методик в практических задачах, сравнением

полученных результатов с традиционным проектированием, а также сравнением с результатами испытаний, полученных в процессе внедрения.

Содержание автореферата к защите представленной диссертационной работы Боровикова А.А., соответствует научной специальности 2.5.13 п.1 Паспорта.

По результатам рассмотрения автореферата диссертации Боровикова А.А. можно констатировать, что предложенные в диссертации научно-технические решения позволяют внести вклад в развитие отраслевой методологии, сократить время разработки при проектировании, производстве, испытаниях и эксплуатации летательных аппаратов оборонного, космического и научно-технического назначения.

Замечания:

1. В первой главе автореферата нет описания взаимосвязи массы конструкции БКА – $\min_x M_k$ с вектором проектных переменных $\{X\}$.
2. В автореферате дважды представлены стр. 9-10 и 19-20.
3. В автореферате отсутствуют результаты исследования сходимости, точности и быстродействия применяемых для решения задачи методов конечных элементов и метода Ланцоша на собственные решения.

Приведенные замечания не меняют положительного мнения о работе соискателя Боровикова А. А., диссертационная работа является самостоятельно выполненным и законченным исследованием.

Диссертация Боровикова Александра Александровича в целом, судя по автореферату, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и является законченной научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложено решение научной задачи – разработка методики оптимизации конструктивно-силовой схемы блока космического аппарата для обеспечения динамической совместимости с ракетой-носителем.

Представленная диссертационная работа Боровикова Александра Александровича соответствует всем требованиям и критериям, изложенным в «Положении о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 с изменениями от 20 марта 2021 года №1149, которым должна отвечать кандидатская диссертация в части изложения новых научно обоснованных технических, технологических или иных решений и разработок, имеющих существенное значение для развития страны, обладает актуальностью, новизной, теоретической и практической значимостью, её основные положения, выводы и рекомендации достаточно обоснованы и её автор Боровиков А. А. заслуживает

присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 п.1 Паспорта – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета управления, протокол № 3/11 от 21 ноября 2024 года.

Начальник 2 научно-исследовательского управления
к.т.н, доцент

 Н.Никифоров

Начальник научно-исследовательского отдела

 П.Мустюков

Старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела

к.т.н, с.н.с

 С.Ковалев

Научный сотрудник научно-исследовательского отдела

 Н.Масленникова