

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального
директора по науке АО «ЦНИИмаш»,
доктор технических наук

Романов А.А.

2024 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Боровикова Александра Александровича
«Методика оптимизации конструктивно-силовой схемы блока космического
аппарата для обеспечения динамической совместимости с ракетой-носителем»,
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 Боровикова Александра Александровича посвящена разработке комплексной методики оптимизации конструктивно-силовой схемы (КСС) блока космического аппарата (БКА) для удовлетворения требований динамической совместимости (требования по частотам), предъявляемых к космическим аппаратам (КА) со стороны ракет-носителей (РН). Требования динамической совместимости являются одними из важнейших требований, предъявляемых к конструкции БКА. Предложенное в работе использование топологической оптимизации позволяет научно-обоснованным способом получить КСС БКА в короткие сроки и уменьшить риски появления ошибок при её проектировании, что особенно важно на начальных этапах разработки КА. В связи с этим актуальность темы не вызывает сомнений.

Содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы из 131 наименования и пяти приложений, общий объём составляет 149 страниц (с приложениями 182 страницы).

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, проанализирована степень разработанности темы исследования, указана цель и

задачи работы, определены объект и предмет исследования, описаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертации, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе показаны преимущества подхода «точного попадания» над традиционным при разработке КСС БКА, основанного на использовании топологической оптимизации. Проведён подробный анализ методов топологической оптимизации, по результатам которого выбран метод SIMP (Solid Isotropic Material with Penalization) как наиболее подходящий для решения поставленных задач. Также представлена общая математическая формулировка задачи выбора проектных параметров КСС БКА для удовлетворения требований динамической совместимости КА с РН.

Во второй главе изложена методика определения расположения межпанельных кронштейнов корпуса КА с использованием топологической оптимизации для двух вариантов её применения:

- с использованием стандартной формулировки метода SIMP в коммерческом пакете MSC.Nastran, где свойства каждого конечного элемента изменяются отдельной проектной переменной;

- с использованием модифицированной формулировки метода SIMP в специальном программном обеспечении (СПО) «Determination of Installation Locations for Interpanel Brackets (DILIB)», где проектная переменная может изменять свойства группы конечных элементов.

Для подтверждения правильности разработанного алгоритма рассмотрена тестовая задача с использованием двух вариантов методики, а также проведён анализ сеточной ходимости.

В третьей главе представлена методика на основе топологической и параметрической оптимизаций, которая предназначена для оперативного определения КСС адаптера одиночного запуска КА, состоящего из двух шпангоутов, соединённых металлической обечайкой, подкреплённой силовым набором.

Для демонстрации эффективности разработанной методики в работе приведено решение тестовой задачи. Также для данной задачи была проведена проверка сеточной сходимости.

В четвёртой главе показано применение разработанной комплексной методики к КСС БКА с перспективным КА ДЗЗ, являющимся объектом исследования. Полученная КСС БКА удовлетворяет требованиям динамической совместимости с РН «Союз-2.1а».

В заключении сформулированы основные результаты диссертации и перспективы дальнейших работ.

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

Научная новизна работы заключается в следующем:

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 количество и расположение подкрепляющих элементов с заданными характеристиками. Это позволяет устранить ряд недостатков, присущих традиционному использованию топологической оптимизации и значительно ускорить процесс проектирования БКА.

4. Найдено новое конструктивное решение силовой схемы адаптера, отличающееся наличием локальных обшивок в местах крепления КА, позволяющее увеличить жёсткость адаптера.

Практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в возможности применения предложенной комплексной методики для проектирования КСС БКА с учетом удовлетворения требований динамической совместимости с РН, а также в разработанном СПО DILIB, позволяющим сократить время определения мест установки межпанельных кронштейнов.

Разработанная комплексная методика была применена при проектировании КА «Бауманец-3» и «Кондор-ФКА-М» разработки АО «ВПК «НПО машиностроения», что показывает практическую значимость проведённых исследований.

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

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

Рекомендации по использованию результатов и выводов

Результаты диссертационной работы предлагается использовать в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по созданию космических аппаратов, а также материалах специальных курсов лекций для студентов старших курсов и аспирантов ВУЗов, ориентированных на аэрокосмическую тематику.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе в задачах оптимизации накладываются ограничения на фундаментальные собственные частоты, однако не рассмотрено, что их номер тона может измениться в процессе оптимизации.

2. В главе 4 при определении КСС БКА с перспективным КА полезная нагрузка промоделирована точечной массой на абсолютно жёстких связях, что может несколько завязать получаемые собственные частоты.

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 14 публикациях, в том числе четыре – в рецензируемых изданиях Перечня ВАК РФ.

Заключение по диссертации

Диссертация Боровикова Александра Александровича 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 её 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», предъявляемых ВАК РФ к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Боровиков Александр Александрович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. – Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании подкомиссии 2.2 (Комплекса прочности) НТС АО «ЦНИИмаш» (протокол № 12 от 14 ноября 2024 года).

Отзыв составили:

Главный научный сотрудник отдела нагрузок и нормирования прочности, доктор технических наук, профессор

 А.И. Лиходед

Главный ученый секретарь АО "ЦНИИмаш", доктор технических наук, профессор

 В.Ю. Ключников

Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»

Почтовый индекс, адрес организации: 141070, Московская область, г. Королёв, ул. Пионерская, д.4, корп. 22

Телефон: +7(495) 513-59-51

Адрес электронной почты: corp@tsniimash.ru

Веб сайт: <https://tsniimash.ru>

С отзывом ознакомлен  Боровиков А.А.
25.11.2024