

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента Ермакова Владимира Юрьевича на диссертационную работу на тему «Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции космического аппарата», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности**

### **2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов**

#### **Актуальность темы диссертации**

Диссертация А.Г. Филипова посвящена решению задач в рамках поставленной цели сокращения сроков отработки вибрационной прочности конструкции космического аппарата за счёт разработанной натурно-расчётной методики, которая подразумевает проведение отработки на вибрационную прочность космического аппарата (КА), предназначенного для лётных испытаний.

При традиционном подходе, вибрационным испытаниям в рамках наземной экспериментальной отработки подвергается динамический макет изделия. Такой подход оправдан при крупносерийном производстве. Однако при единичном производстве, особенно типовых конструкций космических аппаратов и при ряде других случаев, традиционный подход наземной отработки весьма затратный, учитывая, что образец конструкции, успешно прошедший зачётные вибрационные испытания, не допускается к лётным испытаниям. Тенденция к сокращению затрат на создание ракетно-космической техники, в том числе при её наземной экспериментальной отработке, определяют актуальность и своевременность приведенных в работе исследований и их результатов.

#### **Новизна проведённых исследований и полученных результатов**

Полученные в работе результаты, обладают следующей научной новизной:

1. Разработана расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции КА, которая позволит сократить номенклатуру и сроки отработки вибропрочности конструкции КА при малосерийном производстве, при модернизации существующих серий, а также при изменениях условий их функционирования. Методика отличается отработкой вибропрочности конструкции КА с помощью виртуальных испытаний конечно-элементной модели (КЭМ) на квалификационных режимах нагружения. При этом КЭМ уточнена по результатам испытаний лётного образца исследуемого объекта.

2. Предложена методика формирования пониженных режимов вибрационного нагружения, отличающаяся возможностью испытаний лётного образца КА на

Входящий № *206-8991*  
Дата **23 НОЯ 2023**  
Самарский университет

вибропрочность при малосерийном его производстве, при модернизации существующих серий, а также при изменениях условий их функционирования, позволяющая провести отработку конструкции КА на материальной части лётного образца.

3. По результатам вибрационных испытаний натурального объекта разработана методика автоматизированной коррекции оболочечной КЭМ КА, позволяющая сократить сроки разработки валидированной КЭМ изделия с большим количеством варьируемых параметров.

### **Степень обоснованности и достоверность полученных в диссертации результатов**

Научные положения и выводы, приведенные в работе, основывались на использовании апробированных и известных методах численного моделирования, решения дифференциальных уравнений, выборке теории колебания и методов экспериментального исследования динамических характеристик исследуемых конструкций.

Достоверность научных результатов определяется применением методов, эффективность и достоверность которых подтверждена отечественной и зарубежной практикой, например, методом конечных элементов для анализа механических систем, валидацией разработанных моделей на основе экспериментальных данных, полученных на базе сертифицированного испытательного центра АО «РКЦ «Прогресс».

Результаты диссертации опубликованы в 15 работах: пять статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, из них две статьи в научных изданиях, индексируемых базой Scopus; и статьи в прочих изданиях, в том числе работы, опубликованные в материалах и трудах международных и всероссийских конференций.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследования**

Проведённые исследования повышают точность математического моделирования динамических характеристик конструкции КА и позволяют использовать её КЭМ для демонстрации квалификационных запасов прочности на виртуальных испытаниях.

Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных характеристик, применённая при проектировании серии малого космического аппарата (МКА) типа «Аист -2Т», позволит сократить сроки наземной экспериментальной отработки, а также исключить динамический макет из номенклатуры наземной экспериментальной отработки КА.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Не рассмотрено разделение тонов колебаний представленной конструкции по направлению этих колебаний?

2. Не достаточно полно представлено сформулированное описание нелинейности при полученных экспериментальных исследованиях?

3. Методика по определению вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции КА, представлена лишь для одного изделия МКА типа «Аист-2Д».

Вышеперечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку исследовательской работы.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в  
Положении о присуждении учёных степеней.**

Диссертация А.Г. Филипова представляет собой самостоятельно выполненную завершённую научно-исследовательскую квалификационную работу, в которой решена научно-техническая задача в области космического машиностроения.

Работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов (технические науки). Её автор, Филипов А.Г., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

**Официальный оппонент:**

Кандидат технических наук, доцент кафедры 601 «Космические системы и ракетостроение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт»

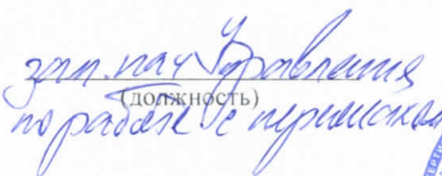
«13» ноября 2023 г.  Ермаков Владимир Юрьевич

Почтовый адрес: 125993, г. Москва Волоколамское шоссе, д. 4

Телефон: 8-916 5028164

e-mail: V\_ermakov2003@mail.ru

Подпись Ермакова Владимира Юрьевича заверяю:

  
(должность)



  
(Фамилия И.О.)