

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента **Бернса Владимира Андреевича**  
на диссертационную работу **Филипова Александра Геннадиевича**  
«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 диссертационной работы**

С целью обеспечения вибрационной прочности космических аппаратов при их выведении на орбиту проводится наземная экспериментальная отработка. По стандартам, принятым в отрасли, такая отработка проводится на прототипе изделия вновь разрабатываемых конструкций ракетно-космической техники. В рамках этого подхода прототип изделия сопровождает весь жизненный цикл всей серии проектируемых космических аппаратов, в том числе при изменении их условий эксплуатации, компоновки и технологии изготовления. Однако при наземной экспериментальной отработке малосерийных и единичных изделий производство динамического макета оказывается сопоставимым по временным и материальным затратам изготовлению летного изделия. Поэтому создание методик, основывающихся на использовании современных вычислительных методов, которые позволяют без изготовления прототипа изделия проводить процесс наземной экспериментальной отработки несомненно является актуальной научно-практической задачей.

**Научная новизна работы** состоит в создании расчётно-экспериментальной методики определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкций космических аппаратов посредством создания и использования на квалификационных режимах расчётных динамических моделей, валидированных по результатам испытаний летных изделий при пониженных уровнях воздействий.

### **Степень обоснованности и достоверность результатов исследования**

Достоверность результатов, полученных при выполнении диссертационной работы, обеспечивается использованием основных положений теории колебаний и математического моделирования. Экспериментальные исследования проведены с использованием оборудования АО «РКЦ «Прогресс» на динамическом макете малого

космического аппарата «Аист-2Д». Полученные автором результаты не противоречат известным опубликованным данным по теме исследования. Основные результаты работы отражены в 15 публикациях, из них: 5 – в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 2 – в журналах, входящих в базы цитирования Scopus и Web of Science, а также 8 – в изданиях и сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических конференций.

### **Теоретическая и практическая значимость диссертации**

Теоретическая и практическая значимость проведенных соискателем исследований выражается в развитии методического аппарата валидации динамических расчетных динамических моделей, что позволит определить квалификационные запасы прочности конструкции малого космического аппарата «Аист-2Т» без использования динамического макета.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В разделе 1 при проведении литературного обзора автор отмечает, что генетические алгоритмы являются вычислительно затратными и могут быть использованы только для относительно простых моделей. Как это утверждение соотносится с выбором метода дифференциальной эволюции при решении задачи оптимизации, который относится к классу генетических алгоритмов? Означает ли это, что предлагаемый расчетно-экспериментальный метод, обладает отмеченными недостатками, в том числе имеет ограниченную применимость?

2. Анализируя зависимости виброускорений от частот для навесного оборудования и приборов (рис. 4.3, 4.5, 4.6 и 4.10-4.12) как до, так и после валидации, заметно что расчетная модель описывает движение реальной конструкции лишь по некоторым из определенных тонов колебаний. По-видимому, это проистекает из-за недостаточной детализации модели, которая не вполне устраняется по результатам коррекции. Является ли ограниченный характер соответствия рассматриваемых характеристик критичным и вносились ли изменения в расчетную модель до валидации для более полного описания движения реального объекта?

3. На стр. 83 соискатель отмечает, что в местах установки бортовой аппаратуры вводились конечные элементы, позволяющих изменять как диссипативные, так и жесткостные характеристики соединений между корпусом изделия и центром установки бортовой аппаратуры. При этом остается нераскрытым алгоритм варьирования диссипативных характеристик, а также их соответствие экспериментальным аналогам.

4. В выражении для целевой функции (4.2), отсутствуют индексы, указывающие номер тона частот собственных колебаний и весовых коэффициентов. Кроме того, не сформулированы практические рекомендации по выбору значений последних.

5. Не обоснован выбор численного значения 0.75 в качестве минимального допустимого значения критерия модального соответствия. Какими физическими соображениями и нормативной документацией может быть подкреплена такая оценка?

6. Отсутствуют данные о характере сходимости целевой функции при решении задачи оптимизации, что значительно осложняет интерпретацию результатов коррекции, в частности делает невозможной оценку адекватности числа итераций в 300 на рис. 4.9.

7. Автору в разделе 4 следовало говорить об учете локальной нелинейности в расчетной модели, а не ее устранении. Последнее достигается в результате конструктивной доработки, данные о проведении которой в диссертации не обнаружены.

8. Численные значения погрешностей в расчетных частотах собственных колебаний (табл. 4.1 и 4.2) предпочтительно указывать вместе со знаком – это дает приближенную оценку соотношения расчетных и реальных жесткостных характеристик.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Филипова А.Г.

### **Заключение**

Учитывая вышеизложенное, объем выполненного исследования, основные выводы, научно-практическую значимость и новизну результатов, считаю, что диссертация Филипова Александра Геннадиевича «Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции космического аппарата» соответствует пунктам 1, 2 и 5 научной специальности 2.5.13 – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов» и представляет собой завершённую научно-квалификационную работу. Диссертация содержит решение научно-технической задачи в области космического машиностроения, имеющей существенное значение при сокращении номенклатуры материальной части и сроков экспериментальной отработки конструкций космических аппаратов. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения

обоснованы. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертационного исследования.

Представленная работа соответствует всем требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ (Постановление Правительства 842 от 24 сентября 2013 г.). Автор диссертационной работы Филиппов Александр Геннадиевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Официальный оппонент: доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-исследовательского отделения динамической прочности летательных аппаратов, начальник отделения восстановления образцов авиационной техники Федерального автономного учреждения «Сибирский научно-исследовательский институт авиации им. С.А. Чаплыгина», профессор

Владимир Андреевич Бернс

  
29.11.2023

Подпись В.А. Бернса заверяю

Первый заместитель директора



В.А. Драгочинский

Почтовый адрес: 630051, Россия, г. Новосибирск, ул. Ползунова, 21/1.

Телефон: +7 (383) 278-70-47.

e-mail: v.berns@yandex.ru.