

## УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора  
по науке Акционерного  
общества «Информационные  
спутниковые системы» имени  
академика М.Ф. Решетнёва», доктор  
физико-математических наук, доцент



К.Г. Охоткин

2023 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу

**Филипова Александра Геннадиевича**

**на тему «Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции космического аппарата», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. – «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»**

### Актуальность темы исследования

Вопрос сокращения сроков и затрат на проведение наземной экспериментальной отработки ракетно-космической техники в последнее время становится всё более актуальным. Даже при единичном производстве космических аппаратов (КА) необходимо изготавливать опытные образцы конструкции КА для каждого из видов наземной экспериментальной отработки. При этом, образцы, прошедший, например, отработку на вибрационные и статические воздействия считаются непригодными для летных испытаний. Стоит отметить, что даже при существующем серийном производстве при модернизации конструкции КА, изменении технологии производства, изменении материала конструкции КА и т.п. необходимо вновь проводить полный цикл наземной экспериментальной отработки. Следовательно, необходимо разработать КД, изготовить несколько образцов конструкции КА по этим КД и провести испытания. Диссертация Филипова А.Г. посвящена решению данной актуальной задачи - разработке методики оптимизации наземной экспериментальной отработки конструкции для вновь разрабатываемых космических аппаратов в части вибрационной прочности.



Также в работе предложена методика валидации оболочечной конечно-элементной модели (КЭМ) конструкции КА по результатам модальных испытаний.

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

- разработана расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции КА,

- предложена методика формирования пониженных режимов вибрационного нагружения,

- разработана методика автоматизированной коррекции оболочечной КЭМ КА по результатам вибрационных испытаний натурального объекта.

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

Положения, методы исследования и сформулированные выводы получены с использованием известных методов математического моделирования, теории колебания, методов решения дифференциальных уравнений, экспериментальных методов модального анализа.

Достоверность полученных результатов определяется применением методов, подтвержденных отечественной и зарубежной практикой.

#### **Практическая значимость**

Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных характеристик позволит сократить сроки наземной экспериментальной отработки, а также исключить динамический макет из номенклатуры наземной экспериментальной отработки КА.

#### **Соответствие содержания диссертации заявленной научной специальности**

Диссертация полностью соответствует паспорту специальности 2.5.13. Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов.

#### **Соответствие автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат отражает содержание диссертационной работы, положения, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, информацию об основных полученных результатах и заключении.

#### **Апробация работы**

Основные результаты диссертационной работы публиковались в 15 научных трудах, в том числе в 3 статьях в изданиях, включенных в перечень ВАК, 2 статьях индексируемых в базе данных Scopus. Результаты исследования докладывались на 5 международных конференциях.

## **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх разделов, заключения, списков терминов и сокращений и списка литературы, насчитывающего 111 источников.

**Во введении** обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель и задачи, научная новизна, практическая значимость, изложены степень разработанности, выносимые на защиту положения.

**В первом разделе** приведены основные этапы жизненного цикла КА, описаны основные методы коррекции математических моделей и проведён анализ существующих подходов отработки на прочность конструкции РКТ.

**Во втором разделе** разработана оболочечная КЭМ КА дистанционного зондирования Земли, проведены численные исследования динамических характеристик исследуемой конструкции КА на разработанной КЭМ и проведён для одного из определяющих случаев эксплуатации анализ совместного нагружения.

**Третий раздел** посвящён экспериментальным исследованиям динамических характеристик объекта исследования. Выбраны и обоснованы используемые при исследованиях испытательное оборудование и средства измерения. Проведены серии испытаний динамического макета КА для определения динамических характеристик.

**В четвёртом разделе** приведена разработанная методика автоматизированной коррекции КЭМ КА и её результаты, в которой с применением разработанной методики, основанной на ПО, был проведён автоматизированный подбор варьируемых параметров. Разработана расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции КА.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Нет чёткого обоснования выбора частотного диапазона 5-70 Гц для валидации КЭМ.

2. В разделе 4 в разработанной методике следует говорить об учёте локальной нелинейности, но не об устранении.

### **Заключение по работе**

Вышеуказанные замечания не снижают общую положительную оценку работы и носят рекомендательный характер.

Диссертация А.Г. Филипова «Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции космического аппарата», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. – Проектирование, конструкция,

производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов, представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу.

На основании вышеизложенного, считаем, что диссертационная работа А.Г. Филипова «Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции космического аппарата» отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 2.5.13. – Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов (технические науки), а её автор, Филипов А.Г., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.


Отзыв на диссертацию А.Г. Филипова «Расчётно-экспериментальная методика определения вибрационных нагрузок для ускоренной отработки конструкции космического аппарата» обсужден и утвержден на заседании НТС АО «РЕШЕТНЁВ» протокол № 3 от 04.12.2023 г.

Настоящим выражаем согласие специалистов АО «РЕШЕТНЁВ», подготовивших данный отзыв на включение их персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата технических наук Филипова Александра Геннадиевича и их дальнейшую обработку.

Начальник отдела анализа конструкции КА по прочности и динамике

 А.Н. Акимов

Главный специалист службы научно-технического совета Акционерного общества «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», кандидат физико-математических наук

 А.А. Хвалько

**Почтовый адрес:** ул. Ленина, зд. 52, г. Железногорск, г.о. ЗАТО Железногорск, Красноярский край, Российская Федерация, 662972

**Телефон:** (3919) 76-40-02, 72-24-39

**e-mail:** office@iss-reshetnev.ru