



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263-63-91 Факс (499) 267-48-44
E-mail: bauman@bmstu.ru
ОГРН 1027739051779
ИНН 7701002520 КПП 770101001

27.05.2020 № 01.03-10/252

на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»
Первый проректор –
проректор по научной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

В.Н. Зимин

_____ 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации — федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» на диссертацию Маринина Дмитрия Александровича «Разработка методик и средств модальных испытаний крупногабаритных трансформируемых космических конструкций», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

На отзыв представлены:

- диссертационная работа объёмом 156 страниц основного текста, состоящая из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 123 наименований, 2-х приложений на 2-х страницах;
- автореферат диссертации на 20 страницах, включая список из 20 основных публикаций по теме диссертационной работы, из которых 7 статей в изданиях, входящих в перечень, рекомендованный ВАК РФ (1 из них входит в реферативную базу Web of Science); 1 монография; 2 патента РФ; 10 – в прочих изданиях и сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических конференций.

Актуальность темы диссертационной работы. Актуальными задачами в создании космической техники является обеспечение управляемости, заданного ресурса и заявленных технических характеристик целевого бортового оборудования космических аппаратов. Для решения этих задач разрабатываются расчетные динамические модели космических аппаратов, составной частью которых являются расчетные модели крупногабаритных трансформируемых конструкций (КТК). Модели таких КТК, как, например, антенны различных типов и солнечные батареи строятся на этапе их проектирования и корректируются по результатам модальных испытаний готовых изделий.

Модальные испытания широко используются в коррекции расчетных моделей изделий машиностроения, авиационной и космической промышленности. Методы и средства испытаний хорошо разработаны. Так автоматизированные системы экспериментального модального анализа позволяют осуществить в автоматическом режиме подбор возбуждения и определение модальных параметров для исследования собственных тонов колебаний конструкций в заданном частотном диапазоне. Однако особенности конструкции КТК и их динамических характеристик предъявляют специфические требования к модальным испытаниям. Прежде всего, большие габариты КТК предполагают наличие испытательных лабораторий соответствующих размеров, а для выделения даже низших собственных тонов может потребоваться система возбуждения колебаний с нереально большим числом каналов управления. Кроме того, для испытаний КТК, не рассчитанных на функционирование в условиях гравитации, необходима сложная система компенсации силы тяжести. Необходимо отметить, что такие КТК, как антенны большого размера, могут представлять собой ажурные конструкции, распределенные массы которых обычно невелики. Это означает, что присоединенные массы средств возбуждения колебаний и компенсации веса должны быть настолько малы, чтобы не искажать динамические характеристики объекта испытаний. Низкие собственные частоты колебаний КТК – десятые доли герца – доставляют известные сложности с проведением модальных испытаний:

датчики ускорений необходимо заменить датчиками перемещений, и проблема влияния воздушной среды на результаты испытаний становится особенно актуальной.

По перечисленным выше причинам представляется целесообразной разработка методик и средств модального анализа КТК по результатам испытаний их составных частей: меньшие размеры и значительно более высокие частоты собственных колебаний составных частей позволяют упростить проведение экспериментальных исследований и повысить достоверность их результатов.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства. Основные научные результаты, полученные автором:

1. Создана методика расчетно-экспериментального модального анализа КТК, согласно которой искомая конструкция разделяется на составные части; проводятся модальные испытания составных частей, по результатам которых разработанным в диссертации способом корректируются их расчетные модели. По расчетным моделям составных частей строится модель исходной конструкции, по которой определяются ее динамические характеристики. Отметим, что стыковка моделей составных частей учитывает, что в модальных испытаниях используются, как правило, только датчики линейных перемещений (скоростей, ускорений) объекта.

2. Изложены программа и методика модальных испытаний составных частей КТК. Согласно предложенной методике, диссипативные свойства испытываемых конструкций выявляются из соотношений между собственными и монофазными колебаниями, а способ определения модальных характеристик малочувствителен к погрешностям эксперимента.

3. Показано, что влияние воздушной среды на демпфирование колебаний составных частей КТК можно исследовать на их масштабных моделях. Для проведения таких исследований созданы экспериментальные установки.

4. Разработана электромеханическая активная система компенсации веса космических конструкций в процессе модальных испытаний. Конструк-

тивно система выполнена в виде набора независимых модулей, каждый из которых, кроме компенсации силы тяжести, воспроизводит задаваемое вибрационное воздействие и измеряет отклик на это воздействие. Система не вмешивается в динамические характеристики объекта испытаний и может создавать силовые воздействия, моделирующие упругие пружины и вязкое сопротивление.

Ценность результатов исследований для науки заключается в дальнейшем развитии модального анализа изделий космического назначения и модальных испытаний конструкций методом фазового резонанса.

Практическая значимость результатов работы заключается в создании методик испытаний и испытательного оборудования для наземной экспериментальной отработки космических аппаратов.

Достоверность научных положений, результатов и выводов, представленных в диссертационной работе подтверждается результатами экспериментальных исследований с применением современного испытательного оборудования, обсуждением промежуточных результатов на всероссийских и международных научных мероприятиях. Получены акты использования результатов работы в КТИ НП СО РАН и АО «ВПК «НПО машиностроения».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Считаю целесообразным продолжить работу по развитию расчетно-экспериментальной методики модального анализа КТК в части коррекции расчетных моделей их типовых элементов. Такими элементами, в первую очередь, являются узлы сочленения составных частей. Дальнейшей проработки требуют вопросы синтеза динамических характеристик КТК по результатам испытаний их составных частей. Рекомендую внедрить разработанный способ выявления диссипативных свойств и определения модальных параметров конструкций в программный комплекс оборудования для модальных испытаний.

Замечания по диссертационной работе.

1. В диссертации сделаны ссылки на работы, посвященные исследованиям погрешностей экспериментального определения характеристик собственных колебаний, но результаты исследований не приведены. Это затрудняет оценку эффективности разработанного автором способа определения модальных параметров составных частей КТК.

2. Методика модального анализа предполагает разделение КТК на составные части, которые подвергаются испытаниям. При таком подходе из объекта испытаний исчезает конструкционное демпфирование и жесткостные характеристики в узлах сочленения составных частей.

3. Недостаточно убедительно представлены результаты синтеза диссипативных характеристик макета зонтичной антенны по результатам испытаний его составных частей.

4. При обезвешивании свободной конструкции с помощью электромеханической системы компенсации веса возникает следующая ситуация: после того, как силовое воздействие системы компенсирует силы тяжести, объект испытаний находится в состоянии равновесия. Из этого состояния его может вывести любое малое возмущение, в результате чего объект приходит в движение с постоянной скоростью. Поскольку при движении с постоянной скоростью, как и в состоянии покоя, не появляются добавочные усилия на систему компенсации веса, то такое движение ограничивается только ходом штока силового возбудителя, что, в свою очередь, усложняет процесс проведения испытаний.

Указанные замечания не снижают научного и практического значения выполненной работы и не влияют на новизну и достоверность положений, выносимых на защиту.

Заключение. Диссертация Маринина Д. А. «Разработка методик и средств модальных испытаний крупногабаритных трансформируемых космических конструкций» является законченной научно-квалификационной работой, имеющей научную ценность и практическую значимость. На разра-

ботанные способы модальных испытаний многосегментных нежестких конструкций и обезвешивания и возбуждения колебаний в модальных испытаниях получены патенты. Результаты работы использованы в испытаниях трансформируемых антенн $\varnothing 5$ м и в разработках изделий КТИ НП СО РАН и АО «ВПК «НПО машиностроения».

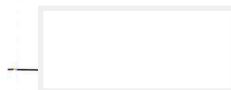
Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 05.07.03 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» и требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Маринин Дмитрий Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Материалы диссертационной работы и отзыв на неё рассмотрены и одобрены на заседании кафедры «Космические аппараты и ракеты-носители» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (протокол № 111 от 25 мая 2020 г.).


КРЫЛОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ,

кандидат технических наук, заместитель заведующего кафедрой «Космические аппараты и ракеты-носители» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Телефон: +7 (499) 261-01-07; e-mail: kafsm1@bmstu.ru

«25» мая 2020 г.



А. В. Крылов

Воступил в силу 02.06.2020  Тюрин Д.С.

С отзв. и Озвещен

04.06.2020,  Маринин Д.А. ⁶