

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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

Диссертационная работа А.Г. Филипова посвящена проблеме повышения достоверности и совершенствования определения нагрузок на космический аппарат (КА) путём повышения точности моделирования его динамических характеристик, оценке возможности проведения виртуальной отработки вибропрочности изделий. Для достижения поставленной цели разработана расчётно-экспериментальная методика, основанная на математической модели, верифицированной по результатам модальных испытаний макета КА, позволяющей проводить оценку параметров нагружения конструкции КА. Краткая суть предложенной методики заключается в следующем:

1) на стадии конструирования разрабатывается конечно-элементная модель и макет платформы изделия;

2) на данном макете проводятся экспериментальные исследования элементов конструкции на пониженных режимах нагружения, достаточных для полного его вибровозбуждения, в результате чего находятся динамические характеристики, а именно собственные формы и частоты;

3) после анализа экспериментальных данных происходит верификация математической модели исследуемого объекта;

4) далее осуществляется виртуальная отработка вибропрочности изделия на эксплуатационных режимах.

Важно то, что для снижения трудоёмкости проведения проектирования и конструирования указанная в пункте 4) процедура остаётся допустимой с изменением места установок приборов и агрегатов при условии сохранения той же платформы, при этом в результате анализа не требуется проведения дополнительных вибропрочностных испытаний для изделий-аналогов, разработанных на аналогичных платформах.

Актуальность темы научно-квалификационной работы. Существующий в настоящее время способ вибропрочностных испытаний изделий ракетно-космической-техники основывается на отработке макета объекта исследования, к которому предъявляются ряд требований связанных с его конструктивной идентичностью проектируемому изделию с точки зрения геометрии конструкции и используемых материалов; приборы, в том числе, крупные агрегаты, к которым не предъявляется необходимость работы во время испытаний, позволяет заменять на болванки с аналогичными массовыми, центровочными и жёсткостными характеристиками; для идентичности возбуждения спектра частот макета и изделия накладывается требование по аналогичности их фиксации, тем самым решается задача аналогичности граничных условий динамической системы. В тоже время растущие требования к произ-

Видеация № *206-9847*
Дата *20 АЕК 2023*
Самарский университет

водительности оборудования и объективные экономические факторы, требующие сокращения времени разработки, в сочетании с доступностью мощных компьютеров, привели к значительному сдвигу в сторону компьютерного моделирования (виртуального прототипирования). В области структурной динамики широко используются математические модели, основанные на теории конечных и граничных элементов. Существующие программные продукты сочетают в себе различные возможности и позволяют проводить линейный и нелинейный, упругие и пластичные, стационарные и нестационарные, связанные и несвязанный виды анализа, например, сочетания различных математических моделей в рамках одного проекта позволяет решать термоэлектрические, термоупругие, а затем и связанные упругоакустические задачи. Сами модели позволяют учесть весь перечень параметров, влияющих на нагружение изделия, к которому относятся свойства материалов, геометрия конструкции, свойства структурных соединений, граничные условия, условия нагружения и т.д. В тоже время, чтобы сделать вывод о достаточной точности результатов виртуального прототипирования, модели, с помощью которых они получены, должны проверяться и подтверждаться экспериментальными данными на протяжении всего процесса разработки. Экспериментальные исследования иногда могут выявить значительные отклонения между численными прогнозами и реальным поведением конструкции в следствии ряда неучтённых в рамках моделирования факторов, к которым, как это представлено в работе, относятся демпфирующие, жесткостные, конструкционные особенности и факторы, связанные с нелинейным поведением конструкции.

Актуальность представленной темы исследования подтверждается проводимыми в настоящее время на предприятии АО «РКЦ «Прогресс» работами по подтверждению вибропрочности изделий Ресурс-ПМ, Аист-2Т, при этом практика проведения наземной экспериментальной отработки на таких ведущих предприятиях как АО «РКЦ «Прогресс», АО ИСС, ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ» показала, что задача повышения точности математического моделирования динамических (вибрационных) характеристик КА и сокращение стоимости и сроков изготовления КА является важным направлением работы.

Научная новизна исследований и полученных результатов. Научная новизна работы заключается в разработке методики для отработки вибрационной прочности конструкции, используя при этом лётный образец изделия. Режимы воздействия при этом подбираются пониженные.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений. Достоверность результатов проведенного исследования обеспечивается применением при решении поставленных задач методов, эффективность и достоверность которых подтверждена отечественной и зарубежной практикой. Эксперименты проводились с применением бесконтактного способа регистрации виброускорений – лазерного виброметра, расчёты – с помощью метода конечных элементов, позволяющих проводить анализ динамических систем, процесс верификации осуществлен с привлечением экспериментальных данных, полученных при экспериментальной отработке изделия с помощью сертифицированного оборудования испытательного центра АО «РКЦ «Прогресс».

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1) в диссертационной работе представлены различные факторы, влияющие на валидность используемой модели (демпфирование, жёсткостные характеристики, толщины наиболее интересных с точки зрения вибродинамики элементов конструкции, нелинейность), в то же время не приводятся критерии качества получаемого результата при уточнении моделирования на каждом его шаге.

2) не показано, как представленные в работе результаты нелинейного анализа в дальнейшем участвуют в оценке нагружения.

Данные замечания не уменьшают значимость работы, не снижают актуальности, научной новизны, степени разработанности исследования, считаю, что работа А. Г. Филипова является научно обоснованной, актуальной и полезной.

Работа является законченным научным исследованием, 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.

Кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры «Промышленная автоматика
и робототехника» ФГБОУ ВО «Тульский
государственный университет»,
специальность 05.02.13 – Машины, агрегаты
и процессы (машиностроение)

Пантюхина Елена Викторовна



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет».
Почтовый адрес: 300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92.
Тел.: 8 (919) 077-87-96
E-mail: e.v.pant@mail.ru