

ВОПРОСЫ ОТРАБОТКИ И СОЗДАНИЯ ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ АНТЕНН

Рассмотрены вопросы обеспечения требований параметров трансформируемых зонтичных антенн.

Ключевые слова: антенна, крупногабаритная, космический аппарат, испытания, трансформируемые, механические, система, зонтичная.

Анализ известных технических решений исполнения трансформируемых антенн по совокупности их параметров показывает, что практический интерес представляют зеркальные антенны зонтичного типа. Зеркала таких антенн образованы отражающим электромагнитные волны гибким материалом, натянутым на каркас из радиальных ребер, закрепленных в центральной ступице (втулке) и складываемых по принципу зонтика. Антенны зонтичного типа отличаются простотой, оперативностью процесса развертывания – свертывания, многократностью использования, устойчивостью конструкции к изменяющимся условиям внешней среды [1].

В составе космических аппаратов (КА) на орбите требуется обеспечить электрические характеристики, а проектирование, конструирование и отработку провести с учетом влияния особенностей самой трансформируемой конструкции.

Испытаниям трансформируемых антенн уделено много внимания. Многочисленных отказов на орбите удается избежать за счет обнаружения возможных отказов во время наземной экспериментальной отработки (НЭО). Трансформируемая антенна должна пройти хорошую проверку сэкономив на испытаниях, затем можно получить отказ в работе космического аппарата на орбите. Стандартные правила определения объема испытаний, необходимого для трансформируемых антенн, определяются на проектных стадиях разработки. Данный подход к верификации летной матчасти был разработан на основании существующего опыта. Он настоятельно рекомендуется для всей матчасти, так как является необходимым для раскрываемых систем.

Испытания крупногабаритных трансформируемых конструкций представляют собой уникальный метод для конструкций, не являющихся устойчивыми. По этим же причинам испытания необходимы, из-за большого количества вопросов, относящихся к правильному функционированию раскрываемых систем, которые не могут быть полностью решены только аналитическим методом. Важно также знать, каким образом проводить испытания для конструкций, не поддерживающих свой собственный вес.

В процессе НЭО устройств КА решаются следующие задачи:

- квалификация системы на соответствие системы нормативным требованиям по внешним воздействиям;
- подтверждение функционирования и работоспособности системы после (во время) внешних воздействий;
- выявление дефектов сборочных и монтажных операций;
- подтверждение устойчивости технологических процессов;

– выдача заключения о положительных результатах испытаний и допуск к последующему этапу.

Целью испытаний является подтверждение правильности заложенных конструктивных решений; прочности несущих элементов конструкции; работоспособности трансформируемых антенн в условиях, приближенных к эксплуатационным; влияния воздействия факторов нагружения на геометрическую форму; выявления возможных конструктивных и технологических дефектов; определение коэффициентов вибропередачи в элементах конструкции, усилий срабатывания замков зачековки; моментов сопротивления в шарнирных узлах [2].

Характерной особенностью зонтичных антенн является периодическое (по азимутальной координате) отклонение профиля поверхности зеркала между ребрами от параболоида вращения. Электрические характеристики складной антенны зонтичного типа существенно зависят от степени этого отклонения. Поэтому при моделировании зонтичных антенн на ЭВМ важно знать форму отражающей поверхности между ребрами. Для этого может быть использована теория оболочек.

Рассмотрим влияние растягивающих усилий в срединной поверхности на частоту собственных колебаний. Если статистический прогиб оболочки не мал по сравнению с ее толщиной, то при вычислении собственных частот нужно учесть растягивающие усилия в срединной поверхности. Наличие этих усилий приводит к увеличению потенциальной энергии и, следовательно, к повышению частоты собственных колебаний. Известен метод Тимошенко и приближенная оценка влияния растяжения срединной поверхности вследствие изгиба на частоту первого тона круглой защемленной по контуру пластины [3], где частота собственных колебаний повышается с увеличением амплитуды колебаний, и здесь имеют место нелинейные колебания плоской конструкции.

Зонтичную же антенну логичнее представить по форме в виде пологой сферической оболочки, расчет собственных осесимметричных колебаний, которой известен [3]. Но для проверочных упрощенных инженерных расчетов зонтичных антенн предлагается воспользоваться допущениями.

Полагая, что колебания совершаются по одной из собственных форм с граничными условиями для оболочки, защемленной по контуру в случае тонкой с малой степенью пологости оболочки $h/r_0 \leq 1/30$. Формула для вычисления частоты собственных колебаний (при колебаниях во всех точках одновременно увеличивается или уменьшается радиус кривизны рефлектора) имеет вид

$$\omega^2 = \frac{E}{\rho_0 R^2}.$$

Автором предлагается применять ее в проверочных инженерных расчетах.

В трансформируемых конструкциях антенн космических аппаратов, одной из основных характеристик является жесткость.

При проектировании и конструировании жесткость определяется теоретически, исходя из геометрических характеристик конструкции и материалов, например, по предложенной формуле в первом приближении.

Находится амплитуда и частота собственных колебаний конструкции и сравнивается с требованиями ТЗ.

Алгоритм расчета должен быть протестирован, а конструкция трансформируемой антенны квалифицирована на соответствие требованиям ТЗ. Для этого проводят испытания, при которых экспериментально определяются амплитуды и частоты колебаний конструкции. Затем находят жесткость, а также характеристики на соответствие требованиям ТЗ.

Автором предлагается следующая методика: по формуле в первом приближении определить собственную частоту колебаний зонтичной антенны в раскрытом на-

пряженном состоянии, уточнив необходимые параметры (плотность ρ_0 , радиус R кривизны и модуль упругости E по результатам НЭО); при проектировании зонтичных антенн аналогичной конструкции, но других диаметров, можно оценить жесткостные характеристики будущей конструкции.

Библиографический список

1. Гряник, М. В. Развертываемые зеркальные антенны зонтичного типа / М. В. Гряник, В. И. Ломан. М. : Радио и связь, 1987.
2. Шатров, А. К. Механические устройства космических аппаратов. Конструктивные решения и динамические характеристики : учеб. пособие / А. К. Шатров, Л. П. Назарова, А. В. Машуков ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2006.
3. Балабух, Л. И. Основы строительной механики ракет : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Л. И. Балабух, К. С. Колесников, В. С. Зарубин и др. М. : Высш. шк., 1969.

G. V. Dvirny

THE PROBLEMS OF THE TRANSFORM ANTENNAS MANUFACTURE AND DEVELOPMENT

The problem of transform umbrella-form antenna parameters requirements assurance is viewed in the paper.

Keywords: antenna, large-size, spacecraft, test, transformed, mechanical, system, umbrella-form.

