

УДК 629.12

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗМЕРОСТАБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

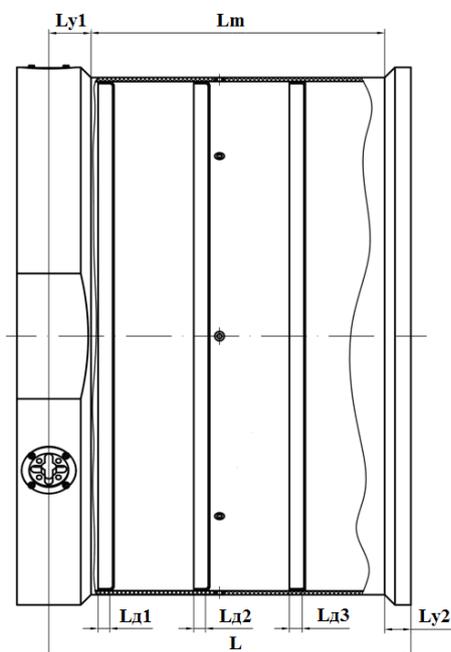
Маслей В.Н., Кулик А.С., Хорошилов В.С., Попель В.М.

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» имени М.К. Янгеля»,
г. Днепр, Украина

Создание размеростабильных конструкций космического назначения, соответствующих современному уровню развития ракетно-космической техники, практически невозможно без применения композиционных материалов [1]. Одним из основных требований к специальному классу конструкций космических аппаратов, предопределяющих их работоспособность и эксплуатационную эффективность, является сохранение заданных размеров при изменении температуры окружающей среды и других факторов космического пространства [2].

Процесс проектирования изделий из композиционных материалов отличается от проектирования изделий из традиционных для ракетно-космической техники материалов. Необходимо учитывать больше параметров, чтобы максимально эффективно использовать материал в конкретном случае. Существует множество подходов к проектированию изделий из композиционных материалов, каждый из которых применяется исходя из заданных условий, сроков выполнения проекта и т.д. [3].

В докладе подробно описываются методы проектирования изделий из композиционных материалов. Рассмотрены их особенности и актуальность применения на различных этапах проектирования композитных конструкций.



**Расчетная схема участков корпуса
прибора полезной нагрузки
космического аппарата**

Особое внимание в докладе уделено аналитическому методу проектирования конструкций из композиционных материалов, который позволяет на проектном этапе выполнять прочностные расчеты с довольно высокой точностью. Использование данного метода не предусматривает наличия специализированного программного обеспечения.

На рисунке приведена расчетная схема участков корпуса прибора полезной нагрузки космического аппарата. Обозначены размеры:

L_y – суммарная длина утолщений;

L_d – суммарная длина диафрагм по полкам, приклеиваемым к обечайке (изнутри);

L_m – длина частей самой обечайки без частей над диафрагмами;

L – рабочая длина конструкции, берется от плоскости крепления вторичного зеркала до втулок для пальцев крепления главного зеркала.

Для каждой части выбирается схема армирования по известным физико-механическим свойствам, в частности по коэффициенту температурного расширения (КТР), нормальному и сдвиговому модулю упругости и т.п., в зависимости от схем армирования.

Для каждой части конструкции определяется суммарный КТР углепластика. Для определения значения КТР, также как и для выбора схемы армирования, используются расчетные характеристики, которые могут быть уточнены в дальнейшем экспериментально.

Суммарный КТР участка конструкции с утолщением определяется по правилу смесей [3]:

$$\alpha_{my} = \alpha_m + (\alpha_y - \alpha_m) \frac{E_y \delta_y}{E_m \delta_m + E_y \delta_y}, \quad (1)$$

где:

E_y, E_m – модули продольной упругости утолщений и обечайки;

δ_y, δ_m – их толщины соответственно;

α_y, α_m – их коэффициенты температурного расширения соответственно.

КТР участков с диафрагмами определяется аналогично (по правилу смесей):

$$\alpha_{md} = \alpha_m + (\alpha_d - \alpha_m) \frac{E_d \delta_d}{E_m \delta_m + E_d \delta_d}, \quad (2)$$

где:

E_d, E_m – модули продольной упругости диафрагм и обечайки;

δ_d, δ_m – их толщины соответственно;

α_d, α_m – их коэффициенты температурного расширения соответственно.

В конструкции, рассмотренной в данном сообщении, схема армирования утолщений такая же, как и схема армирования обечайки для предотвращения местного коробления. Это упрощает расчет, поскольку участок оболочки с утолщением рассчитывается как оболочка увеличенной толщины.

Суммарная температурная деформация углепластиковой части конструкции в направлении ее оси вычисляется по формуле:

$$\Delta l = \sum l_i \alpha_i \Delta T, \quad (3)$$

где l_i – длины составляющих частей (утолщений, обечайки под диафрагмы, самой обечайки); ΔT – расчетная величина изменения температуры.

Если полученный результат получается неудовлетворительным, то расчет повторяется с изменением входных параметров до получения приемлемых результатов.

Применимость аналитического метода была подтверждена испытаниями не только на образцах, но и на реальных конструкциях. В докладе показаны результаты проведенных работ [4, 5].

Список использованных источников

1. Кулик А.С. Проектирование размеростабильных оболочечных конструкций из композиционных материалов / А.С. Кулик, В.В. Кавун, С.И. Москалев, А.Ф. Санин, А.П. Щудро // «Людина і космос»: зб. тез XVIII Міжнар. молодіжної наук.-практич. конф., 6-8 квітня 2016 р. – Дніпропетровськ, 2016. – С. 392.
2. Формостабильные и интеллектуальные конструкции из композиционных материалов / Г.А. Молодцов, В.Е. Биткин, В.Ф. Симонов и др. – М.: Машиностроение, 2000. – 357 с.
3. Маслей В.Н., Кулик А.С. Методы проектирования изделий из полимерных композиционных материалов / Космічна наука і технологія. – 2017. – №5(108). – с. 44-48.
4. Кулик А.С. Исследование коэффициента температурного расширения оболочечной конструкции из углепластика / А.С. Кулик, В.В. Кавун, С.И. Москалев, А.Ф. Санин, Ю.В. Сохач, А.П. Щудро. // Сборник тезисов 16 Украинской конференции по космическим исследованиям. – Одесса. 2016. – С.112.
5. Кулик А.С. Проектирование размеростабильных оболочечных конструкций из композиционных материалов / А.С. Кулик, М.Г. Добрушина, В.В. Кавун та ін.]. // Механика гироскопических систем. – 2016. – №31. – С. 115–120.