

РАЗРАБОТКА НАГРУЗОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ЦИФРОВОГО СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Р. Н. Сергеев, О. А. Журавлев

*Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет),
RomanSR@yandex.ru*

Особенности условий эксплуатации автоматических космических аппаратов (КА), высокие требования к надежности их конструкции при обеспечении оптимальных массо-габаритных характеристик приводит к разработке новых материалов, методов расчетов и проектирования, а также необходимости постоянного совершенствования методов экспериментальной отработки прочности изделий.

Известно [1,2], что типовыми элементами деталей и сборочных единиц конструкций КА являются пластины и оболочки, изготавливаемые из металлических сплавов и композиционных материалов. Применение здесь автоматизированных панорамных средств измерений, дающих количественную информацию во всех точках анализируемой поверхности, становится необходимым условием для получения полной картины напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции КА [3]. Такие высокоинформативные средства измерений создаются на основе принципов голографической интерферометрии, которые в настоящее время реализуются в методах цифровой спекл-интерферометрии в мобильных ЦСИ [4,5].

Разработка образцового нагрузочного устройства производилась с применением созданного в СГАУ стационарного помехоустойчивого ЦСИ с лазером непрерывного действия. Для исследования механического нагружения элементов конструкции применялась программа StatMicroDef.exe, производящая запись спекл-интерферограмм исходного и деформированного состояний объекта, усредненных по числу заданных кадров для снижения влияния неустойчивости установки.

Однозначную интерпретацию картин деформационных перемещений из плоскости объекта можно получить на предложенном в работе [6] поверочном устройстве с жестко закрепленной по контуру металлической пластиной. В данном устройстве происходит заведомо известное деформационное перемещение, описываемое уравнением [7]:

$$w(x, y) = \int_0^a \int_0^b G(x, y, \xi, \eta) \cdot q(\xi, \eta) d\xi d\eta \quad (1)$$

где $w(x, y)$ - функция прогиба; $G(x, y, \xi, \eta)$ - функция Грина; $q(\xi, \eta)$ - функция, описывающая силовое воздействие; ξ, η - координаты точки приложения силы; a, b - ширина и высота пластины.

На основе выбранного прототипа было создано образцово поверочное устройство, представленное на рисунке 1. Устройство включает силовую рамку 1, состоящую из двух частей, между которыми в специальных пазах закрепляется рабочая пластина 2 толщиной 3 мм. Стальная пластина 3 толщиной 7 мм применялась для крепления микрометрического винта с толкателем 4. Пластина 3 выполняет также роль пружины и рычага для выбора люфтовых зазоров и уменьшения цены деления микрометрического винта. Важным элементом устройства является узел крепления 5.

Конечно-элементное моделирование приспособления проводилось в среде Nastran. При моделировании приспособления учитывались упругие характеристики рабочей пластины, силовой рамки, толкателя со стальной пластиной.

Физико-механические свойства материалов соответствовали справочным данным. Рамка приспособления имитировалась элементами типа Solid (объемный конечный элемент), дюралевая и стальная пластины моделировались элементами типа Plate (конечный элемент в виде пластинок), толкатель микрометрического винта представлялся элементами типа Beam (балочный элемент). Контакт толкателя микрометра с модельной пластиной задавался жесткостным элементом типа DOF Spring. Вид расчетной модели представлен на рис. 2.

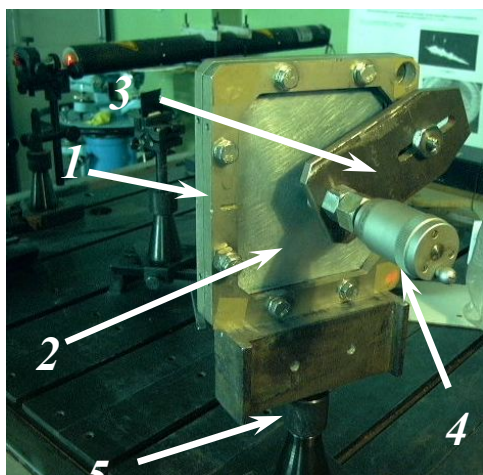


Рис. 1. Общий вид созданного нагрузочного устройства

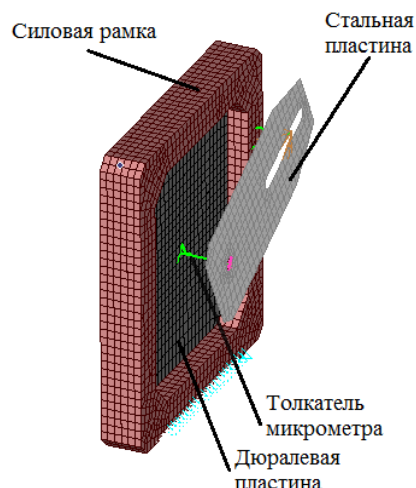


Рис. 2 Расчётная модель устройства

В работе представлены сравнительные расчетные и экспериментальные графики нормальных смещений рабочей пластины рассмотренного образцового устройства. Дана оценка составляющих погрешностей, учитывающих неточность обработки спекл-интерферограмм и выставления показаний микрометрического винта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструирование автоматических космических аппаратов / Под ред. Д. И. Козлова. М.: Машиностроение, 1996. 448 с.
2. Лизин В. Т., Пяткин В. А. Проектирование тонкостенных конструкций. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 408 с.
3. Бодин Б. В. Основные положения концепции экспериментальной отработки изделий ракетно-космической техники и развития экспериментальной базы ракетно-космической промышленности // Космонавтика и ракетостроение. 2010. № 3(60). С. 8-19.
4. Мобильный цифровой спекл интерферометр с непрерывным лазером для контроля деформационных перемещений элементов конструкции/ А.И. Жужукин, О.А. Журавлев, Р.Н. Сергеев, Ю.В. Харчикова // Краткие сообщения XXXI Российской школы по проблемам науки и технологии. Екатеринбург. 2011. С.200-205.
5. С. В. Алембеков, Р.Н.Сергеев. Выбор схемы спекл-интерферометра для исследования напряженно-деформированного состояния объектов [Электронный продукт] // Сборник конкурсных докладов X Всероссийской молодежной Самарской конкурс-конференции научных работ по оптике и лазерной физике, Самара, 2012. С. 243-249.
6. Сергеев, Р. Н. , Ю. В. Харчикова Мобильный цифровой спекл-интерферометр с непрерывным лазером для регистрации деформационных полей перемещений и дефектоскопии конструкционных материалов // Известия СНЦ РАН. 2012. Т. 14, №4. С. 216-220.
7. Вольмир А. С. Гибкие пластинки и оболочки. М.:Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1956. 419 с.