

УДК 621.373.876

## ЛАЗЕРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИЙ

Нонин А. С.<sup>1</sup>, Ткаченко А. С.<sup>1</sup>, Вобликов Д. Н.<sup>1</sup>, Сазонникова Н. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс», г. Самара,

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Создание конструкций ракетно-космической техники (РКТ), наиболее полно отвечающих условиям эксплуатации, требованиям надёжности и сохранности геометрических характеристик, приводит как к разработке новых методов проектирования, так и к совершенствованию методов их экспериментальной отработки, в том числе методов и средств контроля взаимного положения составных частей конструкций в процессе проведения наземной экспериментальной отработки.

Вес и температура, действующие на элементы конструкции, вызывают деформацию основного зеркала, изменение позиции и линейный сдвиг каждой плоской секции отражающей поверхности относительно теоретической параболы. Для компенсации этих воздействий необходимо реализовать систему для измерения отклонения отражающей поверхности относительно теоретической трёхмерной параболы.

Рассмотрим методику измерения пространственного положения элементов конструкции на примере системы измерения деформаций элементов посадочных мест под оптические элементы.

Для решения поставленной задачи выбран метод "прямой угловой засечки". Метод предусматривает две ПЗС-камеры, расположенные на фиксированном расстоянии друг от друга на базовом объекте. На объекте контроля расположены элементы, определяющие его пространственное положение.

Каждый из измерительных каналов состоит из одной видеокамеры, первая закреплена на контррефлекторе, вторая расположена на элементе конструкции телескопа – базовом кольце. Жёсткое базовое кольцо расположено в вершине главного зеркала корпуса конструкции и является неподвижной базой измерительной системы.

Измерительный канал реализует триангуляционный метод. В соответствии с методом каждая видеокамера измеряет углы визирования лазерного диода, расположенного в контрольной точке. Измеряются углы визирования в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Для этого ПЗС-матрицы, расположенные в фокальных плоскостях объективов видеокамер, измеряют по две координаты изображений в горизонтальной и вертикальных плоскостях изображения светодиода, соответственно.

Контроль поверхности площадок проходит в два этапа. На первом – контроль положения посадочных мест проводится без технологических нагрузок. На втором этапе контроль посадочных мест проводится после проведения испытаний. Отражающие зеркала от смещений вдоль оптической оси и от поперечных смещений предохраняют металлические пластины, установленные на площадках. Данный способ позволяет выявить стабильность положения посадочных площадок под чувствительные элементы и оценить воздействие внешней среды.

Оптические оси базовой и исследуемой площадок лежат в одной плоскости. Если они параллельны друг другу, то задаётся условие перекрестия. Расстояние и углы между зеркалами в процессе проведения измерений не изменяют свою величину. После каждого вида испытаний узел посадочной площадки индивидуально устанавливается в схему вертикального контроля. От торцевых разгрузок требуется минимизировать

деформацию поверхности зеркал в заданных пределах. В соответствии с комплексной программой экспериментальной отработки собранный узел посадочного места зеркала подвергается испытаниям с целью подтверждения сохранности его характеристик: транспортные технологические испытания; испытания на прочность к воздействию линейных ускорений по осям X и Y (вдоль оптической оси зеркала и в поперечном направлении); испытания на кратковременные динамические ускорения по осям X и Y; испытания на прочность к воздействию пониженной температуры ( $-50^{\circ}\text{C}$ ); испытания на прочность к воздействию повышенной температуры ( $+50^{\circ}\text{C}$ ); термовакуумные испытания, при которых температура зеркала изменялась в пределах  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ; при этом во всем диапазоне изменения температуры от  $+12^{\circ}\text{C}$  до  $+28^{\circ}\text{C}$  контролируется качество зеркала.

В качестве источника излучения использовался полупроводниковый лазер. Точность измерений составляла  $0,1''$ . При длине базовой оси 3 м влияние внешних воздействий не наблюдается.

В результате проведенного анализа выявлены следующие первичные погрешности, определяющие точность измерения линейных и угловых координат контролируемого объекта: погрешность измерения координат центра изображения измерительной марки на ПЗС-матрице измерительного оптико-электронного преобразователя, обусловленная шумами и дискретностью приёмной площадки, и погрешность измерения, определяемая отклонением величины фокусного расстояния объективов от номинального значения.