

составила 3 %. Достигнутая сходимость результатов расчета и испытаний позволяет использовать созданную модель для расчетов раскрытия крыла БС «Гло-насс-К2» и других аналогичных крыльев БС на универсальном стенде обезвешивания.

Использование программного комплекса позволило получить численные величины влияния универсального стенда обезвешивания на процесс раскрытия в каждый момент времени раскрытия крыла БС. При этом все заданные условия испытаний были учтены в их взаимосвязи, что позволило получить более точный результат по сравнению с аналитическими методами расчета.

Созданная в программном комплексе Эйлер 8 расчетная модель универсального стенда, а также созданные пользовательские функции являются основой для моделирования процесса раскрытия различных

трансформируемых механических систем и также могут быть использованы для расчета процесса раскрытия крыльев БС различной конфигурации и массово-габаритными характеристиками.

Библиографические ссылки

1. Тестоедов Н. А. Экспериментальная отработка космических аппаратов на механические воздействия / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2008. 152 с.

References

1. Testoedov N. A. *Jeksperimental'naja otrabotka kosmicheskikh apparatov na mehanicheskie vozdejstviya* (Experimental method of spacecrafts for mechanical actions). Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, 2008. 152 p.

© Романенко И. В., Двирный В. В., Куклин В. А., Перминов М. Д., 2013

УДК 621.396.67

НАСТРОЙКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ТРАНСФОРМИРУЕМЫХ РЕФЛЕКТОРОВ ЗОНТИЧНОГО ТИПА В ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

А. Н. Климов

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Россия, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52. E-mail: Klimoff@inbox.ru

Разработана методика настройки крупногабаритного трансформируемого рефлектора зонтичного типа в динамической системе координат отслеживающей поведение всего силового каркаса рефлектора и подстраивающейся под его геометрию.

Данная методика позволяет получить радиотражающую поверхность и конфигурацию силового каркаса наиболее приближенных к номиналу.

Ключевые слова: динамическая система координат.

TUNING OF OVERSIZED TRANSFORMABLE UMBRELLA-TYPE REFLECTORS IN DYNAMIC COORDINATE SYSTEM

A. N. Klimov

JSC "Academician M. F. Reshetnev "Information Satellite Systems"
52 Lenin str., Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region, 662972, Russia. E-mail: Klimoff@inbox.ru

The paper describes an innovative method of oversized transformable umbrella-type reflectors tuning in dynamic coordinate system tracing the reflector bearing structure behavior and adjusting to its geometry.

The method enables to create a radio reflecting surface and a structure configuration closest to nominal value.

Keywords: dynamic coordinate system.

Постоянно растущая потребность в космических аппаратах спутников связи, навигации и геодезии, все актуальнее ставит проблему создания сетчатых трансформируемых рефлекторов работающих на больших частотах. Разработка технологии производства крупногабаритных трансформируемых сетчатых рефлекторов активно развивается на предприятии

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева.

Поскольку габариты рефлектора диаметром 12 м и более велики по сравнению с длиной волны (S-диапазон), то отражающую поверхность сетчатого рефлектора можно считать оптической поверхностью. Поэтому на практике можно использовать законы

и методы геометрической оптики. Таким образом, зеркало рефлектора является конечной оптической компонентой, которая преобразует плоский волновой фронт падающего луча в сферический. При этом, размер падающего волнового фронта сжимается и направляется на облучатель.

В теории антенных допусков Ruze отклонение любой точки поверхности рассматривается как случайная выборка из простого гауссового распределения с нулевым средним и стандартным отклонением, равным СКО поверхности рефлектора.

При таких предположениях, коэффициент эффективности η_r для учета фактора фазовых погрешностей вследствие случайных отклонений отражающей поверхности представляют в виде «формулы Ruze»:

$$\eta_r = e^{-(4\pi\delta_{rms}/\lambda)^2} \quad (1)$$

где δ_{rms} – стандартное отклонение от проектного параболоида в направлении нормали к поверхности.

Отношение $\frac{\delta_{rms}}{\lambda}$ в формуле (1) указывает на то, что антенна предназначена для работы в области высоких частот и становится чувствительной к погрешностям формы отражающей поверхности. Формула представляет собой аппроксимацию эффектов случайных погрешностей на характеристики системы параболического рефлектора. При проектировании любой антенны с параболическим зеркалом допустимые погрешности поверхности и конструкции в целом должны быть однозначно определены для обеспечения требований по радиотехническим характери-

кам конкретной антенной системы. Для уменьшения фазовых погрешностей необходимо уменьшать отклонения точек поверхности относительно отсчетной конфигурации (проектного параболоида).

При настройке радиотражающей поверхности рефлектора, приведённого на рис. 1, относительно его фланца, проблема заключается в «перекладывании» всего рефлектора, т. е. изменение усилия в вантовой системе одного сектора при итерациях регулировки, приводит к изменению положения диаметрально расположенного сектора, что в свою очередь не позволяет настроить рефлектор отвечающий требованиям КД.

Задачей научного изыскания является разработка методики, которая бы позволила настроить рефлектор отвечающий требованиям КД за минимальное количество итераций.

Рассмотрим силы действующие в двух диаметрально расположенных лентах силового каркаса.

$$\sum_{n=1}^n F_n = 0 \text{ – основное уравнение статики.}$$

При $|F_1| = |F_2|$ момент = 0, в противном же случае, при $|F_1| \neq |F_2|$ возникает изгибающий момент $|M| = L(F_1 - F_2)\sin\alpha$, который в свою очередь уводит штангу из состояния устойчивого равновесия на угол $\gamma = \arctg\left(\frac{L(F_1 - F_2)\sin\alpha}{G}\right)$, – «перекладывание» рефлектора относительно фланца, где G – жесткость штанги; L – ее длина; α – угол между мачтой и лентой.

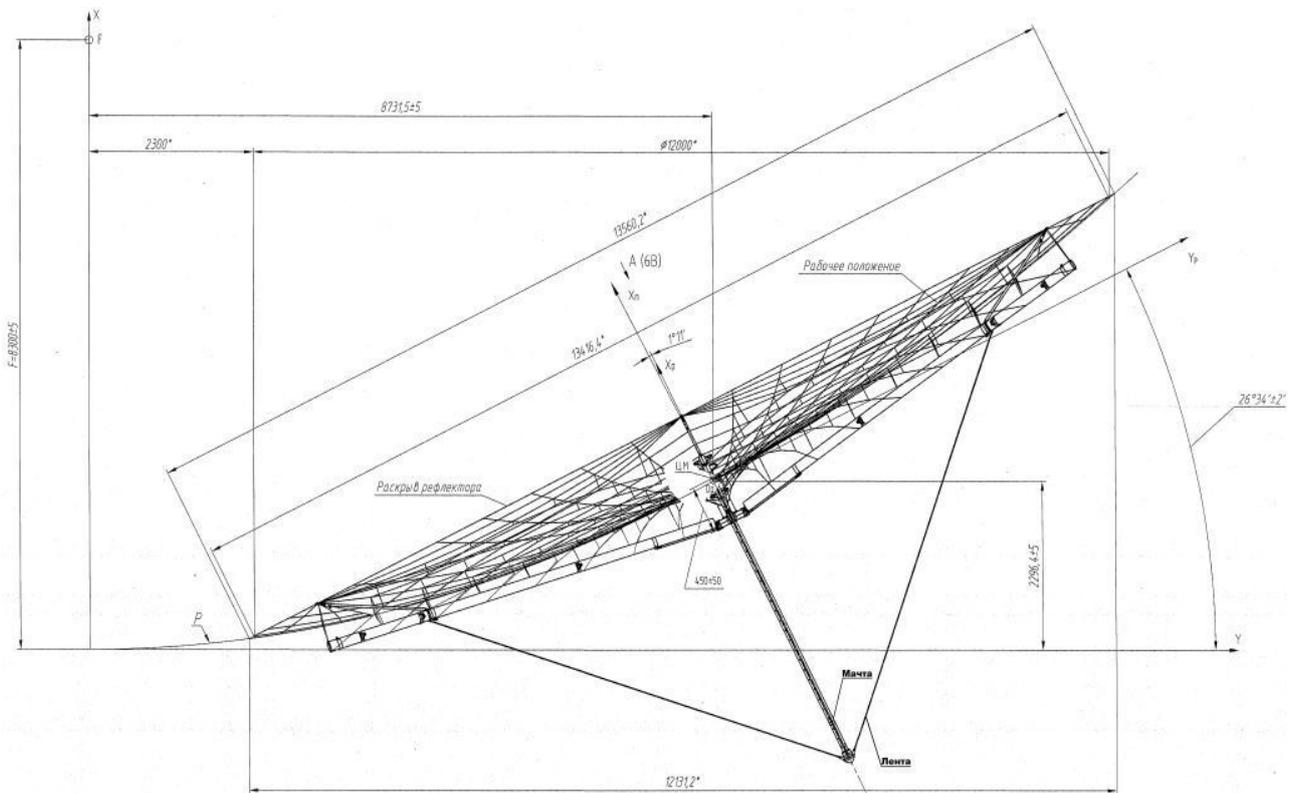


Рис. 1. Трансформируемый рефлектор зонтичного типа

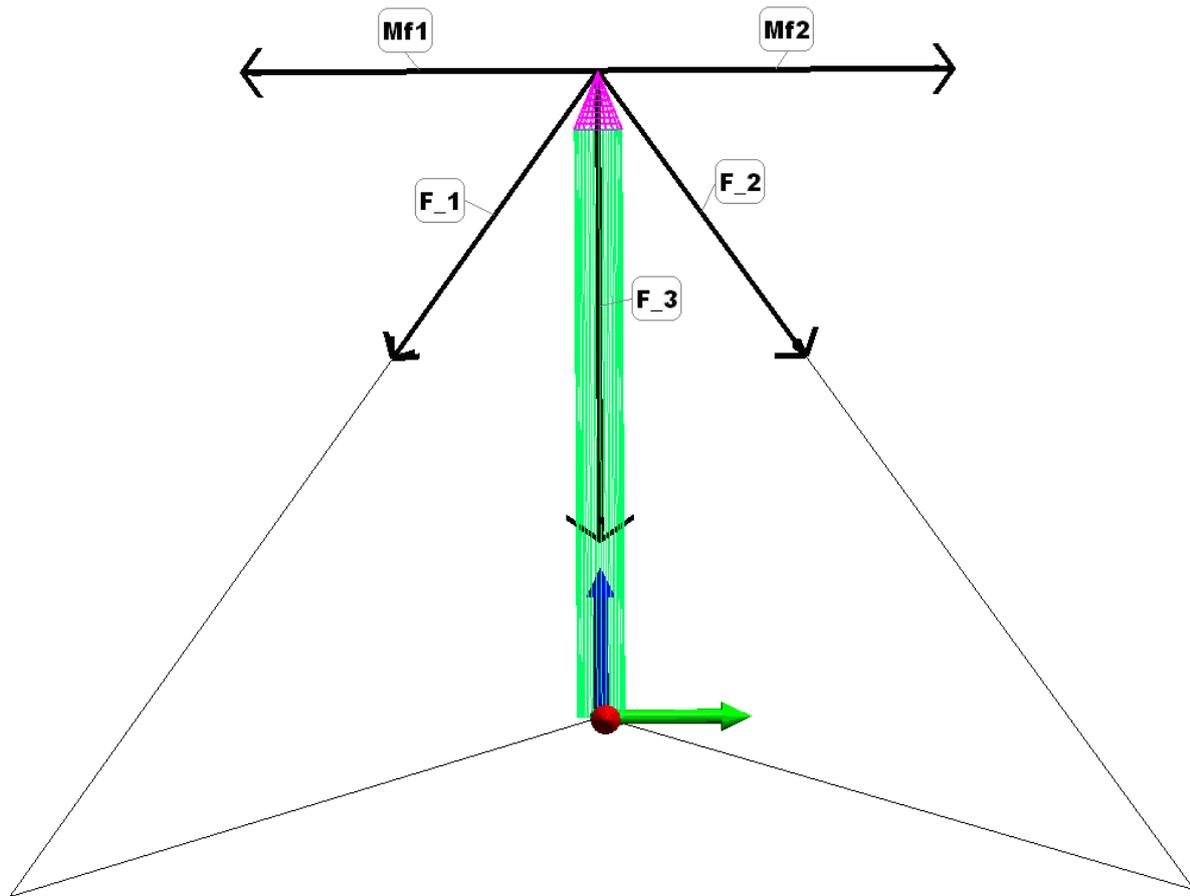


Рис. 2. Силы силового каркаса

Смещение же в системе координат будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \Delta Y = \frac{L^2 (F_1 - F_2) \sin \alpha}{G} \\ \Delta Z = \frac{L^2 (F_1 - F_2) \sin \alpha}{G} \end{cases} \quad (2)$$

При скомпенсированных усилиях при $\sum_{i=1}^{12} F_i = 0$

смещение мачты будет определяться лишь люфтом в основании мачты. Таким образом, создаётся «мертвая зона» представляющая коническую область. Уравнение (2) характеризует имеющееся смещение мачты как результат некомпенсированных сил.

Таким образом, заранее назначая координаты конца мачты $\{X; Y = 0; Z = 0\}$ получаем новую систему координат с началом в центре фланца и осью $-OX$ направленной по оси мачты. Полученная система координат является динамической и отслеживает все внутренние силы рефлектора, подстраивается под конфигурацию силового каркаса, позволяет выявить

локальные отклонения радиотражающей поверхности от номинального параболоида.

На рис. 3–5 изображены векторные отклонения измеренных точек радиотражающей поверхности рефлектора от различных геометрических поверхностей.

Отклонение измеренных точек от динамической поверхности, привязанной к силовому каркасу рефлектора, описывает истинное состояние радиотражающей поверхности на данном этапе настройки.

На рис. 6 приведен график, который одновременно отображает три значения СКО рефлектора при итерациях настройки радиотражающей поверхности. Как видно из графика, метод настройки в динамической системе координат позволяет настроить рефлектор из состояния с СКО > 7 мм до состояния с СКО < 1 мм, за 30 итераций, но следует отметить, что методика настройки в динамической системе координат только отработывалась и поэтому значения, выдаваемые на регулировку вантовой системы рефлектора, половинились. Таким образом настроить рефлектор, применяя динамическую систему координат, возможно за 5–8 итераций.

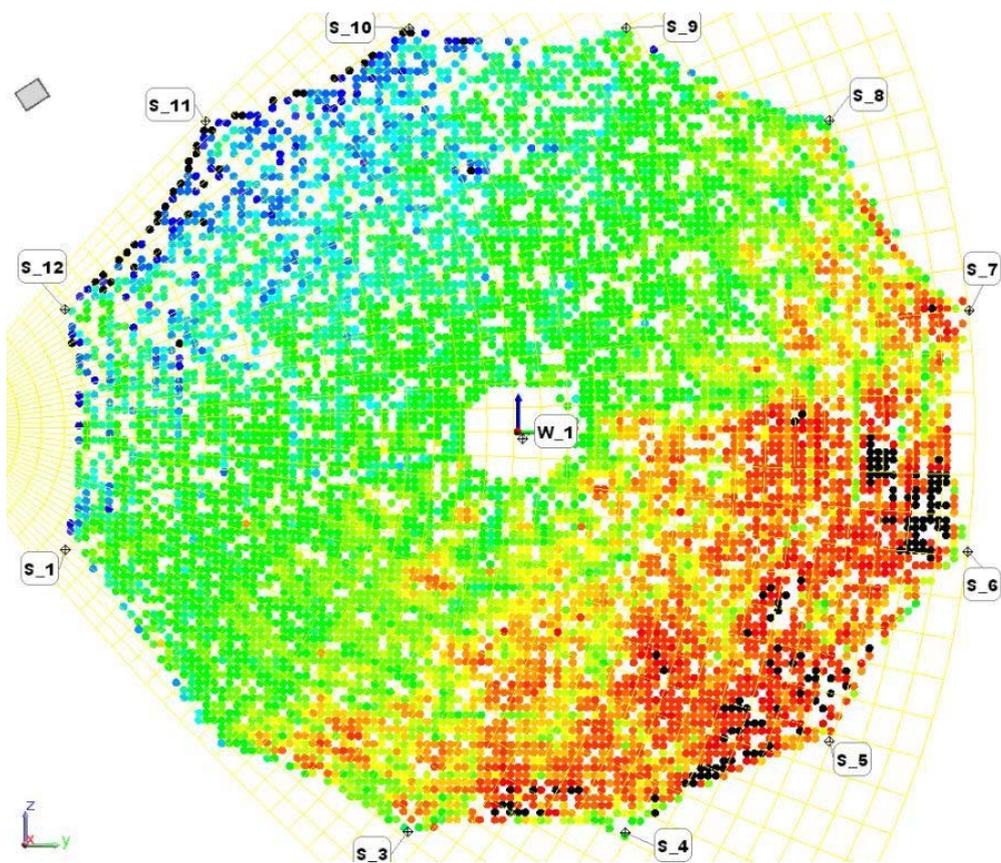


Рис. 3. Отклонение измеренных точек от теоретической поверхности

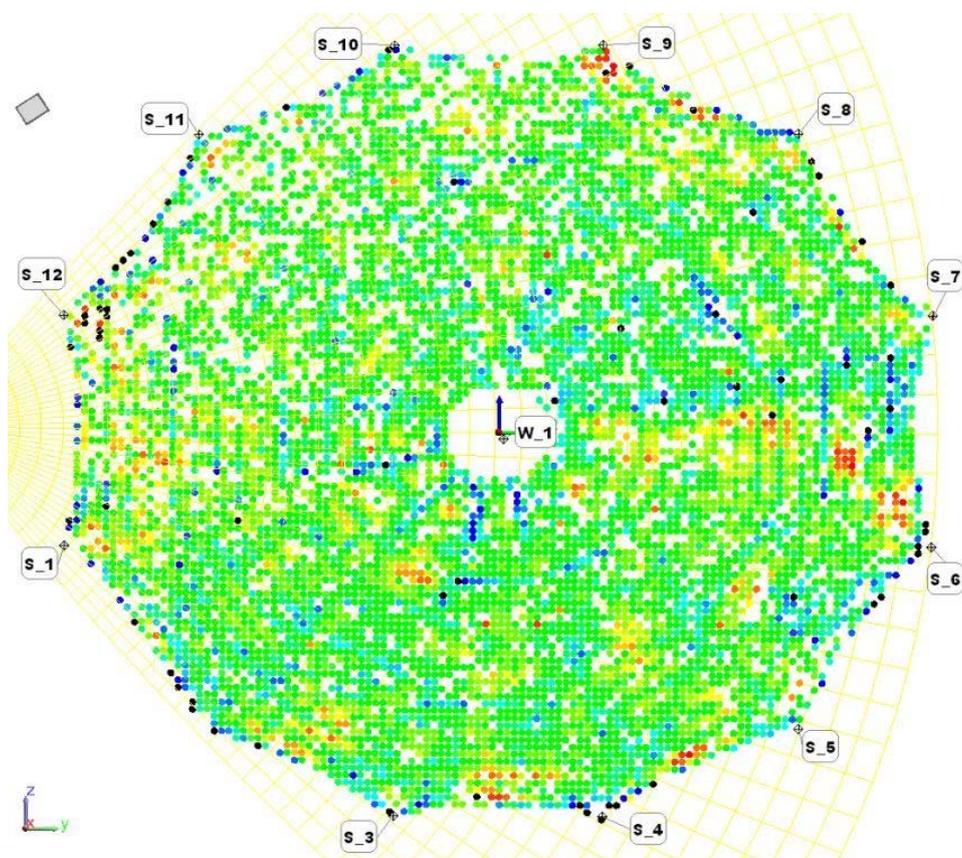


Рис. 4. Отклонение измеренных точек от параболоида наилучшего соответствия (ПНС)

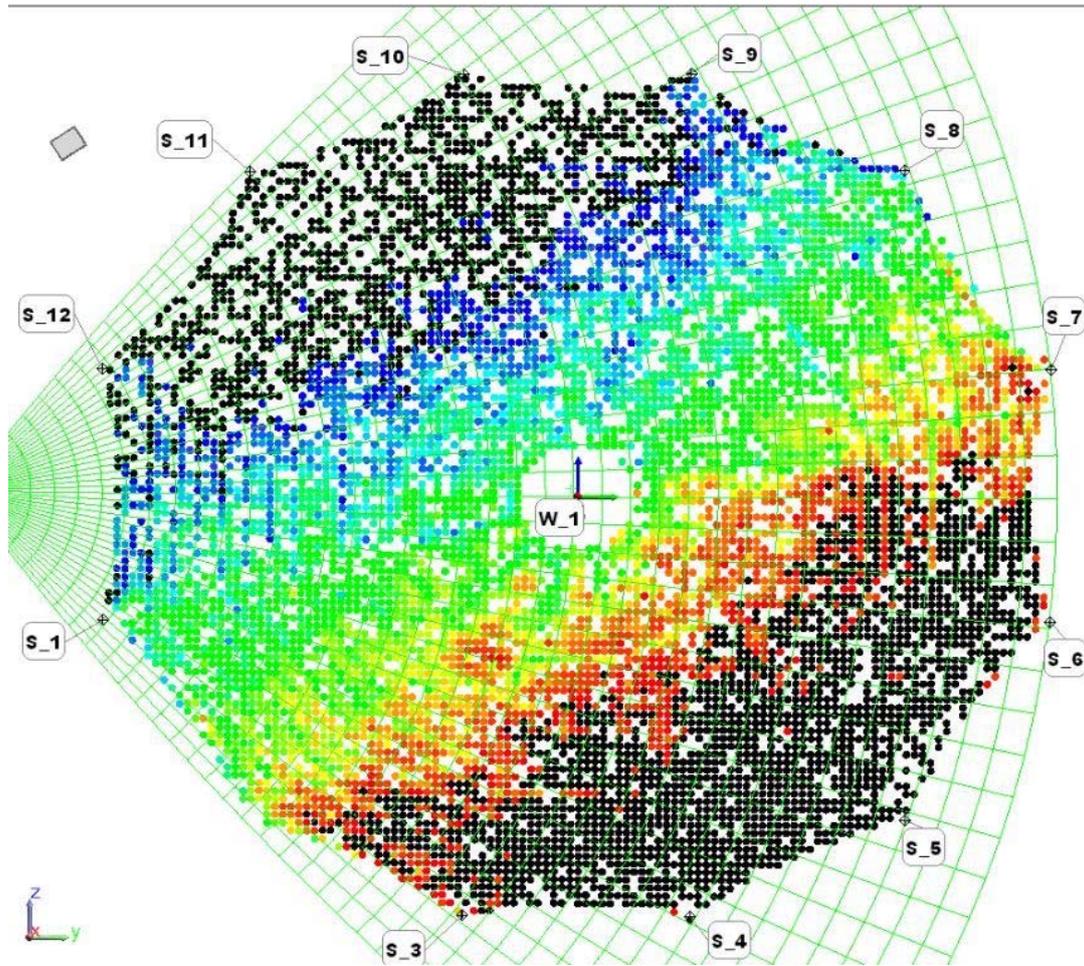


Рис. 5. Отклонение измеренных точек от динамической поверхности (ПСК)

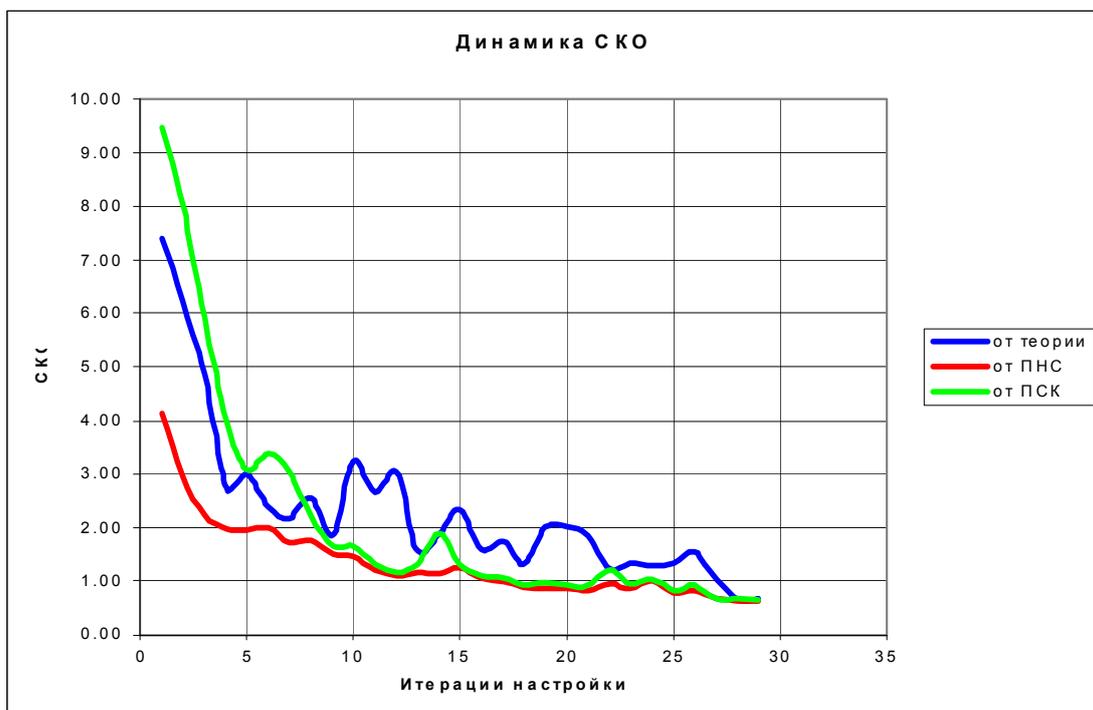


Рис. 6. Динамика СКО при настройке формы рефлектора

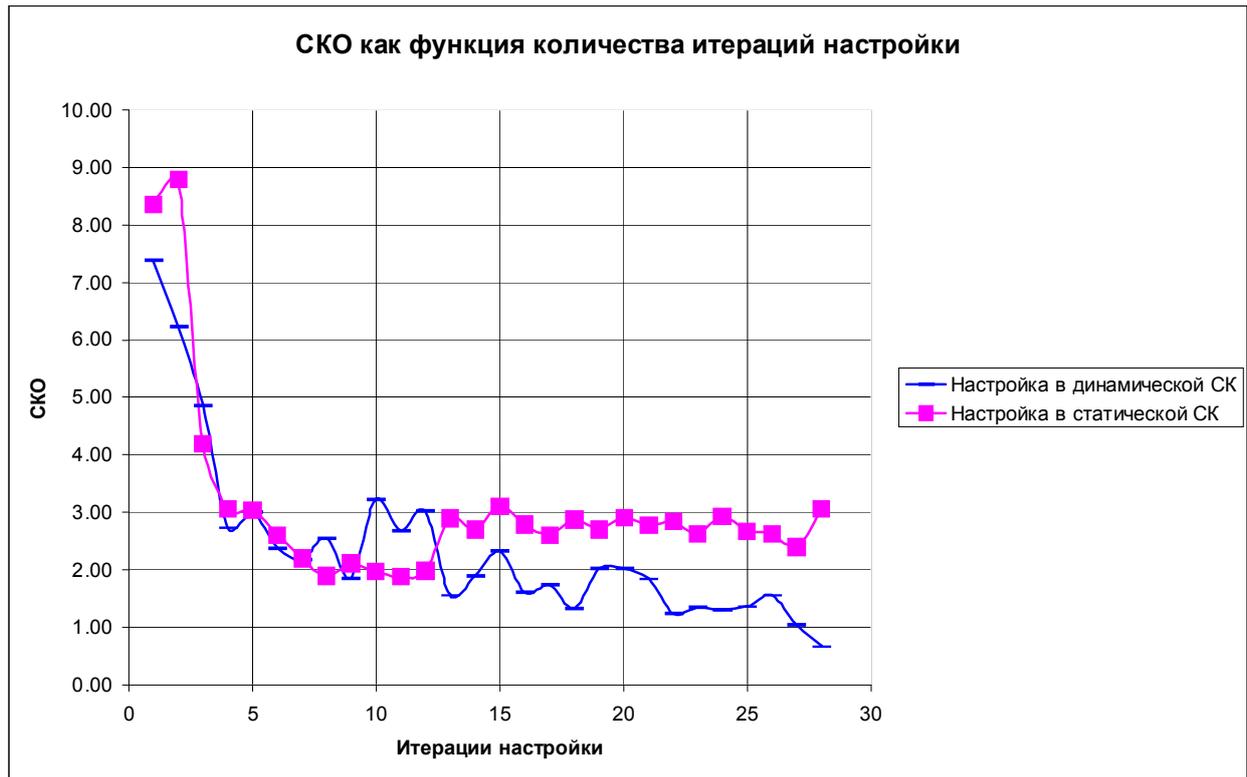


Рис. 7. Динамика СКО при разных методах настройке формы рефлектора

Наклон рефлектора вокруг осей OY и OZ легко убирается посредством изменения усилий в радиальных лентах формообразующей структуры. Характерным всплеском СКО на рис. 7 является 10 и 13-я итерации.

Если же настраивать рефлектор базирясь только на его фланце, то перераспределяющиеся усилия в формообразующей структуре не позволяют снизить СКО до требований КД (рис. 7).

Таким образом:

1. Разработана методика настройки крупногабаритного трансформируемого рефлектора зонтичного типа в динамической системе координат, отслеживающей поведение всего силового каркаса рефлектора и подстраивающейся под его геометрию.

2. Данная методика позволяет получить радиотражающую поверхность и конфигурацию силового каркаса наиболее приближенных к номиналу.

© Климов А. Н., 2013

УДК 62.83

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОКОТОЧНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ПРИВОДОВ ДЛЯ ШЕСТИСТЕПЕННОГО МЕХАНИЗМА ТИПА «ГЕКСАПОД» КОСМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

С. О. Бойко, С. А. Комаров, С. Г. Харитонов, Е. А. Улыбушев, А. В. Леканов

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева»
Россия, 662972, г. Железногорск Красноярского края, ул. Ленина, 52. E-mail: boyko@iss-reshetnev.ru

Рассматривается задача создания конструкций высокоточных линейных приводов, которые могут быть использованы в шестистепенных приводах типа «гексапод». Тема заключается в изучении точностных характеристик линейных приводов в зависимости от типа примененной линейной передачи. Представлены конструкции, основанные на следующих типах линейных передач: на передаче винт-гайка, роликовинтовой передаче, шариковинтовой передаче, волновой винтовой передаче, упругой системе перемещений. Получены некоторые результаты, которые позволяют говорить о достоинствах и недостатках перечисленных конструкций, и представлены основные характеристики как изготовленных, так и проектных линейных приводов. Получены