

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЗЕМЛИ

Григорьев А.Ф., Известный В.В.

ФГУП ЦНИИ «Комета»

109280, Москва, ул. Велозаводская, 5, тел. (095)274-0813, 275-1801

На состоявшейся в Вене в июле 1999 года третьей Всемирной конференции Организации Объединенных Наций по космосу «ЮНИСПЕЙС-III» были поставлены задачи дальнейшего международного сотрудничества в области космонавтики [1]. В частности, была поставлена задача об увеличении точности ориентации искусственных спутников Земли по астрономическим ориентирам, влияющей на качество наблюдений объектов на поверхности Земли и в околоземном пространстве.

Основным источником информации о реальном угловом положении искусственного спутника Земли в пространстве, позволяющим осуществлять управление его ориентацией (наведение) и определять координаты наблюдаемых объектов, является система датчиков астрономических ориентиров системы угловой ориентации и стабилизации [2]. Датчики, согласно принципу их функционирования, именуется оптико-электронными приборами. Для управления ориентацией используются координаты геоцентрической вертикали, Солнца и навигационных звезд [2, 3].

При наблюдении, в качестве источников сигнала, используются видимые объекты (районы земной поверхности, а также планеты и звезды).

Точность определения координат наблюдаемых объектов является одной из важнейших характеристик космических систем. По мере развития космической техники и усложнения решаемых задач повышаются требования к точности знания истинного углового положения искусственного спутника Земли. Повышение точности определения координат астрономических ориентиров с помощью наблюдения источников сигнала, выбранных в качестве эталонных и называемых реперами, получила название калибровки командных приборов.

Существует несколько подходов к уменьшению ошибки определения угловых координат объектов:

- Наблюдение за объектом с разных искусственных спутников Земли;
- Улучшение точности измерений, проводимых системой оптико-электронных приборов;
- Повышение точности измерения и прогноза орбитального движения искусственного спутника Земли.

Первый из перечисленных способов является наиболее дорогим и трудоемким. Поэтому он применяется относительно редко.

Уменьшение максимальной ошибки определения координат системой оптико-электронных приборов может быть достигнуто

- Увеличением количества одновременно функционирующих датчиков;
- Снижением погрешности измерений отдельных приборов;
- Учетом закономерностей изменения погрешности системы оптико-электронных приборов, проводимым как на борту искусственного спутника Земли, так и на средствах наземного комплекса.

Увеличение точности измерений в основном происходит за счет сочетания второго и третьего из перечисленных способов. При функционировании искусственного спутника Земли на орбите уменьшение ошибки измерений углового положения искусственного спутника Земли достигается только учетом закономерностей ошибок измерений системы оптико-электронных приборов.

В работе [4] были рассмотрены принципы создания корреляционно-экстремальных навигационных систем, использующих непрерывно обновляемую информацию. Однако предложенный способ практически не может быть применен из-за различной степени видимости наблюдаемых астрономических ориентиров и необходимости наблюдения по программе полета.

В процессе эксплуатации искусственных спутников Земли были исследованы ошибки датчиков, отвечающих за построение местной вертикали, ориентацию на Солнце и звезды.

Погрешности оптико-электронных приборов определялись путем наблюдения источников сигналов, выбранных реперами. Основным типом таких источников являются навигационные звезды. При наблюдении подобных источников смещение объекта рассматривалось как отклонение его от идеального положения, выраженное двумя углами:

- $\Delta\alpha$  - отклонение наблюдаемого объекта от оси  $X_c$  в плоскости  $X_cY_c$ ;
- $\Delta\beta$  - отклонение наблюдаемого объекта от оси  $X_c$ , перпендикулярно плоскости  $X_cY_c$ .

В силу малости отклонений последовательность отсчета углов  $\Delta\alpha$  и  $\Delta\beta$  не рассматривается. Отсчет положительных углов  $\Delta\alpha$  и  $\Delta\beta$  показан на рис. 1.

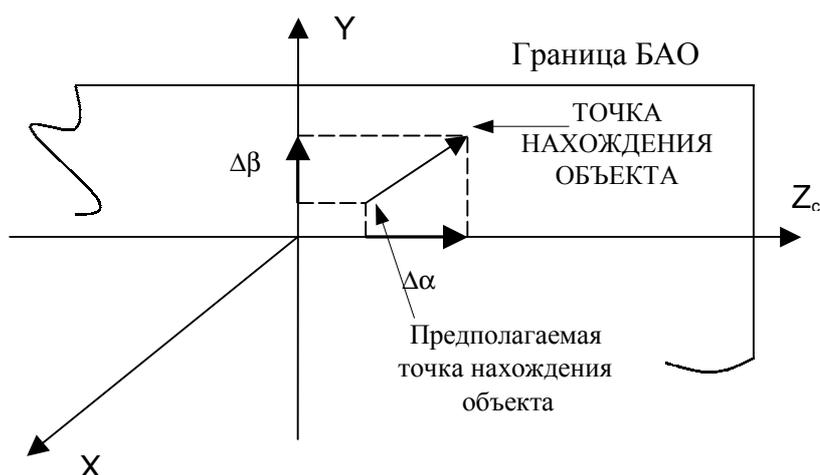


Рис. 1

В качестве примера характерного суточного колебания ошибок измерений можно привести данные, полученные при наблюдении звезды  $\alpha$  Ogi (рис. 2, 3).

Проведенные эксперименты показали, что случайный процесс изменения отдельных опико-электронных приборов можно считать стационарным в широком смысле. Этим подтверждается фактическая возможность их калибровки.

Разработанный ранее метод определения статистических характеристик случайных ошибок опико-электронных приборов с успехом применялся при калибровке командных приборов искусственных спутников Земли, функционирующих на стационарной орбите. Однако он имеет следующие недостатки:

1. В качестве источника информации об ошибках измерений опико-электронных приборов используются только звезды, что снижает объем анализируемой информации;
2. Определяются только математические ожидания;
3. Не ставится задача оптимизации ошибок, возникающих при определении ориентации искусственных спутников Земли.

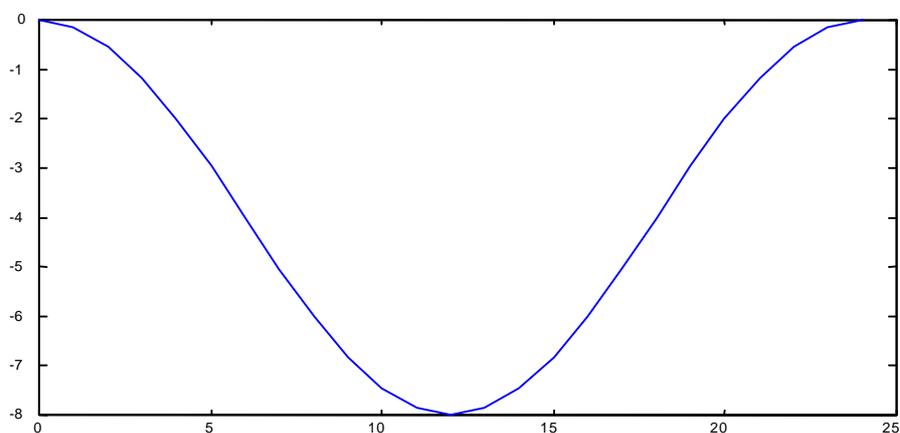


Рис. 2

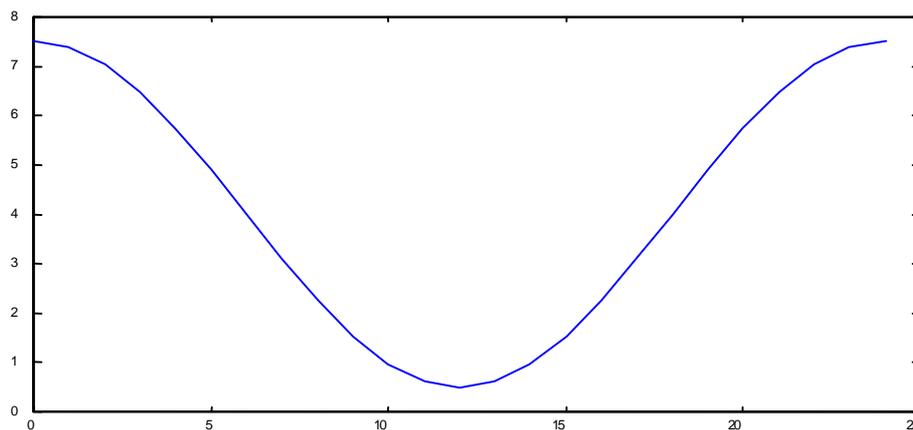


Рис. 3

В процессе калибровки было выявлено наличие детерминированной составляющей, зависящей от времени. Оценки таких составляющих сделаны не были ввиду того, что ставилась только задача определения математического ожидания и среднеквадратического отклонения случайного процесса. Наличие детерминированной составляющей позволяет надеяться на коррекцию имеющихся ошибок путем оценки ее параметров.

#### Литература

1. Космос на рубеже тысячелетий. Юниспейс-III. М., Международные отношения, 2000
2. Шаталов В.А., Селетков С.Н., Скребушевский Б.С. Применение ЭВМ в системе управления космическим аппаратом. – М.: Машиностроение, 1974
3. Шебшаевич В.С. Введение в теорию космической навигации. М., Советское радио, 1971
4. Красовский А.А., Белоглазов И.Н., Чигин Г.П. Теория корреляционно-экстремальных навигационных систем, М., Наука, 1979



## **INFLUENCE OF MEASUREMENT PROCESS FOR ANGULAR COORDINATES OF ASTRONOMICAL OBJECTS ON ACCURACY FOR DETERMINATION OF SATELLITE ORIENTATION**

Grigoriev A., Izvestny V.

Federal State Central Scientific and Research Institute "Comet"  
109280, Velozavodskaya St., 5, Moscow, Russia, tel. 7(095)274-0813, 275-1801

Problems of further international cooperation in the field of space science were set on consisted in Vein in July 1999 the Third worldwide conferences for the Space Committee for the Organization of United Nations "UNISPACE-III". For example the problem of increasing accuracy for orientation of Earth satellite by measurement of angular coordinates for astronomy objects was set.

The main source information on real angular position of satellite in space, allowing realize its orientation management and define coordinates of observed objects, is sensor of astronomical landmarks for system of angular orientation and stabilization. Sensors are optic-electronic devices according to principle of their function. Coordinates of the place vertical line, the Sun and navigation stars are used to control of satellite orientation.

Visible objects (regions of Earth surface, as well as planets and stars) are used as sources of signal for observation.

Accuracy of determination of coordinates of observed objects is one of the most important features of space systems. Requirements to accuracy of knowledge of true angular position of satellite of the Earth increase with development of space technology. Increasing of accuracy of coordinate determination for astronomical landmarks using the master sources of the signal is a calibration of command devices.

There are following ways to reduce a determination mistake of angular coordinates of objects:

- Object observation from different satellites;
- Improvement of accuracy of measurements for a system of optic-electronic instruments;
- Increasing of accuracy of measurement and forecast of orbital moving a satellite.

The first way is the most expensive and labor consuming and rare.

Reduction of maximum mistake of determination of coordinates by system of optic-electronic instruments can be reached:

- Increasing an amount of simultaneously functioning sensors;
- Reducing inaccuracy of separate instrument measurements;
- Account of regularities of changing inaccuracy of system of optic-electronic devices conducted as on satellite board so and on overland complex facilities.

Increasing accuracy of measurements basically occurs to account of combination of second and third ways. When a satellite is in space the decreasing of measurement mistakes of system for optic-electronic devices is obtaining only third way.