

УДК 621.396

С.В. Козелков, Е.С. Козелкова

ГП «Центральный научно-исследовательский институт навигации и управления», Киев

ИЗМЕРЕНИЯ ОРБИТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КА НАЗЕМНЫМ РТК

Проанализированы измерения орбитальных параметров космических аппаратов наземным радиотехническим комплексом. Полученные результаты позволяют произвести измерения траекторной радиоинтерферометрической системой реально находящиеся на орбите КА.

Ключевые слова: космический аппарат, радиоастрономические измерения, радиотехнический комплекс.

Введение

Учитывая высокие требования к точности определения орбитальных параметров КА, для проверки инструмента этих измерений – траекторной радиоинтерферометрической системы, представляется целесообразным оценить техническое состояние используемого наземного РТК и, прежде всего, антенны этого комплекса.

Основная часть

Несмотря на проведенную модернизацию антенны П-2500, по результатам анализа результатов измерений основных технических характеристик [1], проведенных мероприятий для достижения требуемых точностных характеристик наземного РТК оказалось недостаточно. Поэтому регулярно при подготовке к сеансу связи с КА для контроля параметров антенны, выявления отклонений и ухудшений в системе наведения, эффективной площади, форме диаграммы направленности, системе коррекции вторичного зеркала вследствие деформации, старения, нарушений отражающей поверхности и системы облучения необходимо проводить радиоастрономические измерения основных параметров антенны с использованием КИ [2, 3].

Для подобных измерений используются известные космические радиоисточники. Они должны иметь малые угловые размеры, точно известные ко-

ординаты (с точностью не хуже 1 угловой секунды) и плотности потока, не должны иметь временной переменности [2].

В случае, когда размер источника существенно меньше ширины диаграммы направленности, эффективная площадь определяется на основе соотношения классической радиоастрономии [2, 4]

$$A_{\text{э}} = 2kT_{\text{А}} / S_{\text{и}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{и}}$ – плотность потока радиоисточника, Вт/м²Гц; $k_{\text{Б}}$ – постоянная Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К); $T_{\text{А}}$ – антенная температура, обусловленная источником, К.

На практике антенная температура на выходе антенны определяется не только антенной температурой источника, но и шумовой температурой системы, которая, в свою очередь, состоит из суммы температур приемника, атмосферы, реликтового фона и других факторов [5]. Поэтому для правильного определения эффективной площади необходимо максимально точно знать температуру системы, для чего используется калибровка по эталонному шумовому генератору и другие методы.

Более просто определяется такой параметр, как эффективность комплекса [3]

$$\varepsilon = S_{\text{э}} / T_{\text{сист.}}, \quad \text{м}^2/\text{К},$$

где $T_{\text{сист.}}$ – суммарная шумовая температура системы.

Используя (1), получаем $\varepsilon = 2k \cdot (T_{\text{А}} / T_{\text{сист.}}) \cdot S$, откуда следует, что не требуется определять абсо-

лютные значения антенных температур, необходимо определять только их относительное значение. Иными словами, на выходе радиометра необходимо зафиксировать уровень сигнала от радиоисточника в максимуме диаграммы, затем уровень сигнала вне источника и взять их отношение. Данный метод позволяет также с максимальной точностью определять ширину, форму диаграммы направленности, уровень боковых лепестков. Используется либо принудительное сканирование компактного радиоисточника, либо вращение Земли. Метод, использующий вращение Земли, позволяет также получать любые сечения диаграммы направленности для данного типа монтировки, наблюдая один и тот же источник в разное время суток [3]. Аналогично опре-

деляется точность наведения антенны: по склонению – путем смещения луча на небольшую величину, по прямому восхождению – с учетом расчетного времени прохождения источника через максимум диаграммы направленности. Наблюдая один и тот же радиоисточник в разное время суток и, соответственно, из-за вращения Земли при разных углах места и азимутах, можно оценивать также эффективность функционирования системы коррекции вторичного зеркала и зависимость параметров антенны от ее ориентации. По результатам астрономических исследований технических характеристик антенны экспериментального РТК получены уточненные параметры для различных частотных диапазонов комплекса П-2500 (табл. 1).

Таблица 1
Радиотехнические характеристики, полученные при экспериментальных исследованиях П-2500

Облучатель	Параметры			
	L, см	Аэф. Max	Гш(90), К	ШНД
ВУ394	5	2340 (1 – 0,028 cos β)	21,6	2 30
	32	1840	36	16 30
ВУ395	5	2340 (1 – 0,007 cos β)	24,4	2 36
Оптимизированный	5	2674 (1 – 0,009 cos β)	14,1	2 36
ВУ402	6	2660 (1 – 0,0175 cos β)	13,3	3 12
Оптимизированный	3,5	2140 (1 – 0,032 cos β)	12	1 50

Для набора статистических данных наблюдений КИ с целью исследования этих наблюдений в траекторной системе РТК проведем исследования системным комплексом П-2500 более протяженных, чем в случае измерения технических характеристик антенн, космических объектов (т.е. объектов с угловыми размерами более 2 угловых минут). Высокая эффективная поверхность и разрешающая способность зеркальной системы П-2500, полноповоротная ее система наведения, возможность длительного слежения за объектом открывают большие возможности для таких исследований.

Таким образом, подтверждаются высокие технические и эксплуатационные характеристики разработанных научно-технических рекомендаций по созданию наземного РТК для режимов подготовки к работе антенными измерениями комплекса, а также режима работы в траекторной системе измерениями характеристик КИ. При этом имеются некоторые резервы улучшения штатных и полученных параметров РТК. Так, вероятно, имеет место некоторое уменьшение эффективной площади антенны П-2500, расширение главного лепестка и возрастание боковых лепестков по сравнению с исходными [4, 6]. Видимо, возможно, некоторое повышение качества антенны П-2500 за счет совершенствования ее облучающей системы и отражающей поверхности, а также своевременной компенсацией выявленных систематических ошибок измерений характеристик антенны.

Выводы

Проведены теоретическая и практическая оценка разработанных рекомендаций по повышению по-

мехоустойчивости экспериментального РТК, оценка технического состояния используемой в нем антенны. Полученные результаты позволяют произвести измерения траекторной радиоинтерферометрической системой реально находящиеся на орбите КА.

Список литературы

1. Козелков С.В. Наземный РТК управления и идентификации космических аппаратов двойного назначения среднего и дальнего космоса: дис... д-ра техн. наук: 05.17.21 / Козелков Сергей Викторович. – Х., 2000. – 457с.
2. Козелков С.В. Метод траекторных радиоинтерферометрических измерений космического аппарата / С.В. Козелков // Информационные системы: сб. научн. тр. – Х.: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1999. – Вып. 1 (12). – С. 146-151.
3. Цейтлин Н.М. Антенная техника и радиоастрономия / Н.М. Цейтлин. – М.: Сов радио, 1976. – 352 с.
4. Козелков С.В. Модернизация навигационного планетного радиолокатора / С.В. Козелков // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 1999. – Вып. 2 (6). – С. 62-165.
5. Козелков С.В. Адаптивный метод повышения эффективности системы автосопровождения антенных устройств / С.В. Козелков // Информатика: сб. науч. пр. – К.: Наук.думка, 1999. – Вып. 7. – С. 111-114.
6. Козелков С.В. Применение планетного радиолокатора для задач навигации космических аппаратов / С.В. Козелков // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 1999. – Вып. 1 (5). – С. 139-142.

Поступила в редколлегию 23.03.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Н. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ВИМІРИ ОРБІТАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КА НАЗЕМНИМ РТК

С.В. Козелков, К.С. Козелкова

Проаналізовано виміри орбітальних параметрів космічних апаратів наземним радіотехнічним комплексом. Отримані результати дозволяють провести вимірювання траєкторною радіоінтерферометричною системою КА, що реально знаходяться на орбіті.

Ключові слова: космічний апарат, радіоастрономічні вимірювання, радіотехнічний комплекс.

**MEASUREMENTS OF ORBITAL PARAMETERS OF VEHICLES OF SPACES
BY THE SURFACE RADIO ENGINEERING COMPLEX**

S.V. Kozelkov, Ye.S. Kozelkova

Measurements of orbital parameters of vehicles of spaces are analysed by a surface radio engineering complex. The got results allow to make measuring the trajectory radio-interfero-metrical system really being on an orbit vehicles of spaces.

Keywords: space vehicle, measurings of radio-astronomys, radio engineering complex.