

УДК 621.39

Е.С. Козелкова

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

АНАЛИЗ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРНОГО РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРА

В статье проанализировано создание траекторного радиоинтерферометра, для построения которого особое значение имеет выбор используемых для измерений радиотехнических комплексов.

Ключевые слова: космический источник, космический аппарат, радиоинтерферометрическая система, радиотехнический комплекс.

Введение

Для построения траекторного радиоинтерферометра особое значение имеет выбор используемых для измерений РТК и, в частности, их антенных систем. Это обстоятельство обусловлено тем, что измеряются не только координатно-пространственные характеристики КА, а также эти характеристики опорных КИ.

Основная часть

Для повышения отношения сигнал-шум необходимо использовать РТК с антеннами большого диаметра. Однако в предлагаемой траекторной радиоинтерферометрической системе один из пунктов измерения расположен на борту опорного КА. Поэтому увеличение размеров антенны этого РТК является сложной и дорогостоящей задачей. В этой связи представляется целесообразным увеличивать диаметр антенны наземных РТК. Особый интерес при этом представляют РТК, уже задействованные в процессе управления КА. Национальные антенные системы таких РТК представлены в табл. 1 [1 – 3].

Анализ технических средств в табл. 1 показывает предпочтение при выборе для траекторной радиоинтерферометрической системы антенны РТ-70. Антенна РТ-70 [3] расположена в точке с координатами 45°11' с.ш. и 33°11' в.д., полноповоротная типа Грегори с квазипараболическим основным зеркалом 70 м и сектором обзора 0 – 360° по азимуту и 6 – 90° по углу места.

Основные характеристики пункта измерения с антенной РТ-70 приведены в табл. 2 [2, 3].

Прежде чем перейти к рассмотрению астрофизических аспектов выбора КИ, кратко проанализируем параметры и специфику применения антенны РТ-70 для приема сигналов КИ с учетом данных табл. 2.

Для оценок в режиме спектральных измерений зададимся разрешающей способностью по лучевой скорости $\Delta V = 1$ км/с, откуда спектральное разрешение и соответствующая полоса анализа в зависимости от частоты ν определяется как $\Delta \nu = \Delta \nu_L = \nu \cdot (\Delta V / \dot{r})$.

В этом режиме измерений типичное время интегрирования составляет приблизительно 1 час. Для оценок в континууме целесообразно задаться постоянной интегрирования 1 с. Значение полосы анализа зададим двумя вариантами – В1=5 МГц (доступная в настоящий момент, например, на частоте 6 ГГц) и перспективная В2, обеспечение которой вполне реально. Время прохождения точечного источника через диаграмму направленности оценивалось как $t_{\min} = 2 \cdot \Theta / 15$ (Θ – диаграмма направленности, измеряемая в угловых минутах). Результаты расчета приведены в табл. 3 [4]. Как и следовало ожидать, для данной антенны предельные параметры радиоастрономических величин достаточно хороши. Определим также степень согласованности наземного РТК по пространственному разрешению и разрешению по чувствительности. Оценку проведем для волны 5 см, на которой реализуются лучшие параметры системы [3 – 5]. Число источников, разрешаемых наземным РТК на полусфере, приблизительно оценивается как [4, 5]:

$$N(r) = 0,1 \times 2\pi / \Theta^2 = 10^6.$$

Анализ имеющихся данных по статистике источников, их спектрам и моделям Вселенной показывает, что число источников с плотностями потоков 5–20 мЯн не превышает величин [4, 5] $N(d) = 10^7 \div 10^6$, т.е. близко к значению $N(r)$, что говорит о практически оптимальном согласовании инструмента по чувствительности и разрешающей способности.

Таблица 1

Национальные антенные системы

Наименование	Вид антенны	Размеры антенны	Дислокация	Кол-во
РТ-70 (П-2500)	параболическая	диаметр 70 м	г. Евпатория	1
РТ-32 (П-400)	параболическая	диаметр 32 м	г. Евпатория	1
РТ-32 (ТНА-400)	параболическая	диаметр 32 м	г. Симферополь	1
РТ-25 (КТНА-200)	параболическая	диаметр 25 м	г. Евпатория	2
АДУ-1000	параболическая	Д _{зерк.} = 16 м; полотно 64×8,5 м	г. Евпатория	3
РТ-25 (ТНА-200)	параболическая	диаметр 25 м	г. Алушта	1
РТ-22	параболическая	диаметр 22 м	г. Симеиз	1

Таблица 2

Основные характеристики наземного пункта измерения траекторной радиоинтерферометрической системы с антенным комплексом РТ-70

Положение поворотной-зеркальной системы	1		2		3	4	5		6	
Характеристики/ длина волны, см	5	6	5	32	6	6	5	32	39	18
1. Передача										
S _{Эффект} (угол места 90), м ²		2600				2800			2400	
Мощность передатчика, кВт		50				200			200	
Шир. диагр. напр. антенны по ур. 0,5 P _{max} , угл. мин		2,57				2,57			20,0	
Коэффициент усиления антенны, дБ		70				70			51	
Поляризация		прав				прав			прав	
2. Прием										
S _{Эффект} (угол места 90), м ²	2200		2540	2000	2700		2500	1850		2400
Температура шума антенны, К	21		19	22	13		20	22		15
Температура шума приемников, К	10		10	10	10		25	20		40
Полоса пропускания приемников, МГц	25		25	17	25		33	17		30
Шир. диагр. напр. антенны по ур. 0,5 P _{max} , угл. мин	2,36		2,36	16	2,57		2,36	16		7,7
Коэффициент усиления антенны, дБ	71		71	54	70		71	54		60
Поляризация	лев		лев	прав	прав		лев	прав		лев

Таблица 3

Результаты расчета

Рабочая частота, МГц	B2, МГц	S _{min} , Ян		T _{min} , К		t, сек	Δv _L , кГц	T _{min} , К
		B1	B2	B1	B2			
740	20	0,10	0,05	0,10	0,05	165	2,5	0,07
930	50	0,05	0,02	0,05	0,02	130	3,1	0,04
1668	100	0,03	0,006	0,04	0,01	75	5,6	0,02
5008	100	0,02	0,005	0,04	0,01	25	16,7	0,01
5885	100	0,02	0,005	0,04	0,01	20	19,6	0,01

Некоторый избыток чувствительности не вреден, т.к. для исследований, например, линий или пульсаров эффект “спутывания” не столь опасен в связи с появлением дополнительных критериев различения – частотного и временного.

Выводы

Таким образом, выбор антенны РТ-70 для наземного РТК траекторной радиоинтерферометрической системы позволяет использовать в качестве опорных объектов галактические и внегалактические КИ и тем более обеспечит прием и обработку сигналов неконтролируемых излучений БА для получения траекторной и идентификационной информации о КА.

Список литературы

1. Спутниковые системы связи и вещания. Приложение №2 (вып. 1) к ежегоднику “Радиотехника”, 1997-1998. – М.: ИПРЖР. – 1997. – 82 с.

2. Радиосистемы межпланетных космических аппаратов / Р.В. Бакитько, М.Б. Васильев, А.С. Виницкий и др.; под ред. А.С. Виницкого. – М.: Радио и связь, 1993. – 328 с.

3. Гусев Л.И. Наземная сеть слежения за космическими аппаратами дальнего космоса и высокоапогейными искусственными спутниками Земли / Л.И. Гусев, Е.П. Молотов // Космический бюллетень. – 1995. – Т.2, №1. – С. 11-13.

4. Радиоастрономические исследования космических объектов, подготовка и переоснащение средств наземного космического комплекса дальней связи для наблюдений в РСДБ-режиме: Отчет о НИР (заключительный) / шифр «Экос». РИНАНУ. – Х., 1997. – 76 с.

5. Козелков С.В. Наземный радиотехнический комплекс управления и идентификации космических аппаратов двойного назначения среднего и дальнего космоса: дис... докт. техн. наук: 05.17.21. – Х., 2000. – 457 с.

Поступила в редколлегию 20.09.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.Л. Баранов, ГП «Центральный научно-исследовательский институт навигации и управления», Киев.

АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ТРАЄКТОРНОГО РАДІОІНТЕРФЕРОМЕТРА

Є.С. Козелкова

У статті проаналізовано створення траєкторного радіоінтерферометра, для побудови якого особливе значення має вибір використовуваних для вимірювань радіотехнічних комплексів.

Ключові слова: космічне джерело, космічний апарат, радіоінтерферометрична система, радіотехнічний комплекс.

ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF TRAJECTORY RADIOINTERFEROMETER

Ye.S. Kozelkova

In the article it was analysed construction of trajectory radiointerferometer for the construction of which the special value has a choice of in-use for measurings radio engineerings complexes.

Keywords: space source, space vehicle, radiointerferometric system, radio engineering complex.