

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  $\nu$  определяется как  $\Delta \nu = \Delta \nu_L = \nu \cdot (\Delta V / \dot{h})$ .

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  $t_{\min} = 2 \cdot \Theta / 15$  ( $\Theta$  – 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 | $D_{\text{зерк.}} = 16$ 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 <sub>Эффект</sub> (угол места 90), м <sup>2</sup>              |      | 2600 |      |      |      |   | 2800 |      |    | 2400 |
| Мощность передатчика, кВт  |      | 50   |      |      |      |   | 200  |      |    | 200  |
| Шир. диагр. напр. антенны по ур. 0,5 P <sub>max</sub> , угл. мин |      | 2,57 |      |      |      |   | 2,57 |      |    | 20,0 |
| Коэффициент усиления антенны, дБ                                 |      | 70   |      |      |      |   | 70   |      |    | 51   |
| Поляризация  |      | прав |      |      |      |   | прав |      |    | прав |
| 2. Прием   |      |      |      |      |      |   |      |      |    |      |
| S <sub>Эффект</sub> (угол места 90), м <sup>2</sup>              | 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 <sub>max</sub> , 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 <sub>min</sub> , Ян |       | T <sub>min</sub> , К |      | t, сек | Δv <sub>L</sub> , кГц | T <sub>L</sub> <sub>min</sub> , 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 высокоорбитальными 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.