

УДК 621 317; 621.396.167

## АБСОЛЮТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНТЕНН ПО МЕТОДУ ПОДСВЕТКИ

*С. А. Пелюшенко*

Рассмотрен метод абсолютной калибровки усиления антенны подсветкой шумовым сигналом мегаллического диска, расположенного в дальней зоне антенны. Результаты апробации метода подсветки при измерениях эффективной площади радиотелескопа РТН-7 на волне  $\lambda=9,5$  см согласуются с данными одновременной калибровки РТН-7 по методу «черных» дисков. Показана возможность и приведены результаты измерений диаграммы направленности антенны по методу подсветки.

В настоящее время наилучшие точности при абсолютных радиоастрономических измерениях интенсивности космического излучения и при калибровке усиления антенн достигаются при использовании метода «черного» диска, известного также как метод «искусственной Луны». Этот метод был разработан в НИРФИ в 1960 г. [1] и успешно применялся при абсолютных измерениях от миллиметровых до дециметровых волн. Применительно к сантиметровому и дециметровому диапазонам метод «черных» дисков наиболее полно рассмотрен в работе [2]. В [2] приведены рекомендации, касающиеся оптимальных условий наблюдения «черного» диска для калибровки усиления антенн с абсолютной погрешностью не хуже 2—4%. Однако при переходе к измерениям в диапазоне миллиметровых и метровых длин волн точность этого метода ограничивается рядом факторов. В диапазоне метровых волн ухудшение точности связано с увеличением интенсивности распределенного космического излучения. Абсолютные же значения интенсивности известны с погрешностью 20—30% [2]. Это приводит к уменьшению и существенной неопределенности величины калибровочного сигнала от «черного» диска  $\Delta T_{ад}$ . В диапазоне миллиметровых волн уменьшение величины калибровочного сигнала, связанное с увеличением интенсивности излучения атмосферы в направлении «черного» диска, также приводит к ухудшению точности абсолютной калибровки антенны. В большей мере это сказывается вблизи линий поглощения атмосферы газов, когда  $\Delta T_{ад} \rightarrow 0$ .

В то же время задача радиоастрономических абсолютных измерений интенсивности космического радиоизлучения в метровом диапазоне, широкое освоение диапазона миллиметровых волн в радиолокации, радиотеплолокации и при исследованиях природных ресурсов Земли требует разработки методов калибровки и оперативного контроля параметров антенн, свободных от вышеупомянутых ограничений метода «черных» дисков в этих диапазонах длин волн.

Как известно, высокая точность измерений параметров антенн по методу «черных» дисков достигается использованием в качестве эталонного сигнала теплового радиоизлучения «черного» диска, интенсивность которого хорошо рассчитывается. В предложенном автором методе [3], который будет рассмотрен ниже, эталонный сигнал создается подсветкой модулированным шумовым сигналом через исследуемую антенну металлического плоского диска с известными размерами,

расположенного в дальней зоне на электрической оси антенны. При измерениях сравнивается полная мощность, излученная исследуемой антенной, с уровнем мощности, принятой той же антенной за счет переотражения сигнала от металлического диска. При этом наличие модуляции мощности шумового генератора подсветки имеет принципиальное значение, так как позволяет исключить на выходе приемника отклик на собственное тепловое излучение объектов, окружающих антенну.

На рис. 1 приведена блок-схема установки для измерений эффективной площади антенны по методу подсветки. Рассмотрим ряд соотношений, которые выполняются при измерениях по методу подсветки при условии полного согласования приемника с антенной. Влияние неполного согласования в антенном тракте на точность измерений будет рассмотрено далее на примере экспериментальной апробации метода подсветки при измерениях эффективной площади радиотелескопа РТН-7. Пользуясь результатами расчетов, приведенных в работах [4, 5], можем записать общее выражение, связывающее излученную и принятую исследуемой антенной мощность, в терминах антенных температур.

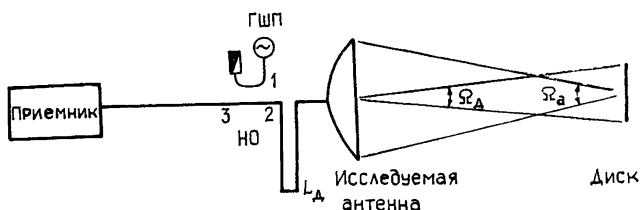


Рис. 1.

При измерениях вначале принимается сигнал подсветки, переотраженный металлическим диском (плоскость диска перпендикулярна электрической оси антенны), а затем диск убирается. Приращение антенной температуры при этом равно

$$\Delta T_1 = \alpha \Delta n_1 = T_{\text{гшп}} K_{12} (1 - \beta_{\Omega_d}^a) (1 - \beta_{\Omega_a}^z) \eta^2 + \quad (1)$$

$$+ 2\Phi(\Delta\omega, L) T_{\text{гшп}} [K_{12} K_{13} (1 - \beta_{\Omega_d}^a) (1 - \beta_{\Omega_a}^z)]^{1/2} \eta \cos(2kL + \Psi).$$

В (1) первое слагаемое определяет долю мощности сигнала подсветки, переотраженной металлическим диском и принятой антенной, а второе слагаемое определяется интерференцией этого сигнала с частью сигнала генератора подсветки, которая непосредственно попадает на вход приемника за счет конечной развязки направленного ответвителя—НО (см. рис. 1). В (1) введены следующие обозначения:  $T_{\text{гшп}}$  — температура шума генератора подсветки, подключенного к антенному тракту через НО с переходным ослаблением  $K_{12}$  и развязкой  $K_{13}$ ,  $\eta$  — КПД антенны,  $\beta_{\Omega_d}^a$  — коэффициент рассеяния исследуемой антенны вне телесного угла  $\Omega_d$ . В (1)  $(1 - \beta_{\Omega_a}^z) = \int_{\Omega_a} F_d d\Omega / \int_{4\pi} F_d d\Omega$ , где  $F_d$  — диаграмма рассеяния диска и  $\Omega_a$  — телесный угол, стягивающий апертуру исследуемой антенны с вершиной в центре диска,  $\Delta n_1$  — приращение показаний выходного прибора,  $\alpha$  — коэффициент пропорциональности. Огибающая кривая интерференционной составляющей в суммарном сигнале (1) определяется функцией видности  $\Phi(\Delta\omega, L)$ , величина которой зависит от полосы приема  $\Delta\omega$  и разности путей  $L$  распространения интерферирующих сигналов.

Исключая из рассмотрения быстропеременную функцию  $\cos(2kL + \Psi)$  во втором слагаемом (1), где  $k = 2\pi/\lambda_{\text{ср}}$ ,  $\lambda_{\text{ср}}$  — средняя рабочая длина волны, и  $\Psi$  — разность фаз между интерферирующими сигналами, получим максимальную оценку интерференционной части сигнала (1), равную

$$\pm |2\Phi(\Delta\omega, L) T_{\text{гшп}} [K_{12} K_{13} (1 - \beta_{\Omega_a}^a) (1 - \beta_{\Omega_a}^l)]^{1/2} \eta'. \quad (2)$$

Как было показано в работах [4, 5], интерференционную составляющую (2) в сигнале можно уменьшить до пренебрежимо малой величины по сравнению с первым слагаемым в (1), увеличивая полосу приема  $\Delta\omega$  и вводя в антенный тракт длинную линию  $L_{\text{д}}$  (см. рис. 1). В этом случае выражение для приращения сигнала от металлического диска при подсветке через исследуемую антенну имеет вид

$$\Delta T_1 = \alpha \Delta n_1 = T_{\text{гшп}} K_{12} (1 - \beta_{\Omega_a}^l) (1 - \beta_{\Omega_a}^a) \eta^2. \quad (3)$$

Выражение для  $\Delta T_1$ , включающее эффективные площади антенны и диска, можно записать следующим образом:

$$\Delta T_1 = \alpha \Delta n_1 = T_{\text{гшп}} K_{12} \eta^2 \frac{\sigma_{\text{аэфф}}}{\lambda^2} \int_{\Omega_a} F_{\text{а}} d\Omega \frac{\sigma_{\text{дэфф}}}{\lambda^2} \int_{\Omega_a} F_{\text{д}} d\Omega, \quad (4)$$

где  $F_{\text{а}}$  — диаграмма направленности антенны.

Как видно из (4), величина сигнала от диска определяется как параметрами исследуемой антенны, так и параметрами металлического диска, расчет которых в общем случае при произвольных размерах диска трудно выполнить с высокой точностью.

Рассмотрим частный случай, когда диск занимает столь небольшой телесный угол  $\Omega_{\text{д}} \ll \Omega_{\text{гл}}$  ( $\Omega_{\text{гл}}$  — телесный угол, занимаемый главным лепестком диаграммы направленности антенны), что распределение поля по диску можно считать равномерным и синфазным. Это условие ограничивает максимальный размер диска. С другой стороны, известно [6], что эффективная площадь диска с равномерным и синфазным распределением поля равна его геометрической площади  $\sigma_{\text{дэфф}} = \sigma_{\text{дгеом}}$ , если размеры диска удовлетворяют условию

$$2\pi r_{\text{д}}/\lambda \geq 10, \quad (5)$$

где  $r_{\text{д}}$  — радиус диска. Условие (5) накладывает ограничения на минимальные размеры диска.

Если потребовать также выполнения условия равномерного облучения апертуры антенны, то можно считать  $F_{\text{д}} = \text{const}$  в пределах  $\Omega_{\text{а}}$  и

$$\int_{\Omega_a} F_{\text{д}} d\Omega = \Omega_{\text{аэфф}}, \quad (6)$$

где  $\Omega_{\text{аэфф}}$  — телесный угол, стягивающий эффективную площадь антенны  $\sigma_{\text{аэфф}}$  с вершиной в центре диска.

При выборе размеров диска, удовлетворяющих всем этим условиям, выражение (4) преобразуется к простому виду

$$\Delta T_1 = \alpha \Delta n_1 = T_{\text{гшп}} K_{12} \eta^2 \left( \frac{\sigma_{\text{аэфф}} \Omega_{\text{д}}}{\lambda^2} \right)^2, \quad (7)$$

которое совпадает с основным уравнением радиолокации [6]. Величина  $T_{\text{гшп}} K_{12} \eta^2$  измеряется подключением на вход антенны последовательно согласованной и короткозамкнутой нагрузок. Приращение сигнала на выходном приборе приемника при этом равно

$$\Delta T_2 = \alpha \Delta n_2 = T_{\text{гшп}} K_{12} \eta^2. \quad (8)$$

Из (7) и (8) находим

$$\sigma_{\text{эфф}} = (\lambda^2 / \Omega_{\text{д}}) \sqrt{\Delta n_1 / \Delta n_2}. \quad (9)$$

При калибровке интенсивности космического радиоизлучения необходимо также знать  $\sigma_{\text{эфф}} \eta$ . Для этого можно провести измерения  $\eta$  традиционными методами [2] или определить  $\sigma_{\text{эфф}} \eta$  из (7) при непосредственных измерениях  $T_{\text{гшп}} K_{12}$ , например, переориентацией направленного ответвителя НО (см. рис. 1).

Апробация метода подсветки была проведена при измерениях эффективной площади радиотелескопа РТН-7. Оценка реально достигнутой точности при измерениях была проведена сравнением с результатами одновременных измерений эффективной площади радиотелескопа РТН-7 по методу «черных» дисков, который признан в настоящее время наиболее точным при абсолютной калибровке параметров антенн.

Измерения были проведены в августе—сентябре 1983 г. на радиоастрономической станции НИРФИ «Старая Пустынь». Исследовались параметры радиотелескопа РТН-7 с зеркалом диаметром 7 метров, на котором проводятся регулярные измерения интенсивности космического излучения в сантиметровом и дециметровом диапазонах с абсолютной калибровкой по методу «черных» дисков. В состав радиометрического комплекса входит также вышка для подъема «черного» диска с углом возвышения диска над горизонтом  $10^\circ$ . Расстояние между апертурой антенны и диском равно 100 метрам.

При выборе рабочей длины волны  $\lambda = 9,5$  см учитывалось, что в этом диапазоне длин волн легко реализовать оптимальные условия [2] наблюдения «черного» диска с точки зрения достижения высокой точности измерений по методу «черных» дисков. С другой стороны, измерения эффективной площади радиотелескопа РТН-7 по методу подсветки можно провести, заменяя «черный» диск, расположенный на вышке, на металлический с размерами, удовлетворяющими на волне  $\lambda = 9,5$  см условиям, при которых было получено соотношение (7).

Для одновременных исследований параметров РТН-7 был разработан радиометр с возможностью измерений как в режиме подсветки с модулированным генератором шума, так и по «черному» диску в радиометрическом режиме. Блок-схема радиометра приведена на рис. 2. Радиометр выполнен по схеме прямого усиления с полосой пропускания 80 МГц. В качестве УВЧ использованы широкополосные транзисторные усилители. Полоса пропускания формируется фильтрами на встречных стержнях  $\Phi_{1,2}$  (см. рис. 2). В радиометрическом режиме модуляция сигнала производится с частотой 22 Гц модулятором 8, который развязан с УВЧ через вентиль 9ВК-100. В радиометрическом режиме была реализована чувствительность 0,3 К при постоянной времени 1 с.

При переходе к измерениям по методу подсветки модулятор 8 переключается в режим циркулятора, а сигнал подсветки создается генератором шума ГШП<sub>1</sub>, который включен в антенный тракт через направленный ответвитель НО<sub>1</sub> (см. рис. 2). Полупроводниковый генератор шума типа ГШП-ЗВ-1 имеет эффективную температуру шума  $10^6$  К, и его мощность модулируется прямоугольным сигналом с частотой 22 Гц. Генератор шума ГШП<sub>2</sub>, включенный в антенный тракт через направленный ответвитель НО<sub>2</sub>, модулируется в противофазе с той же частотой и предназначен для компенсации части сигнала от ГШП<sub>1</sub>, поступающего на вход приемника за счет конечной развязки направленного ответвителя НО<sub>1</sub>. Это дает возможность вести измере-

ния квази нулевым методом. В радиометрическом режиме генератор ГШП<sub>2</sub> используется также для тепловой калибровки антенных температур.

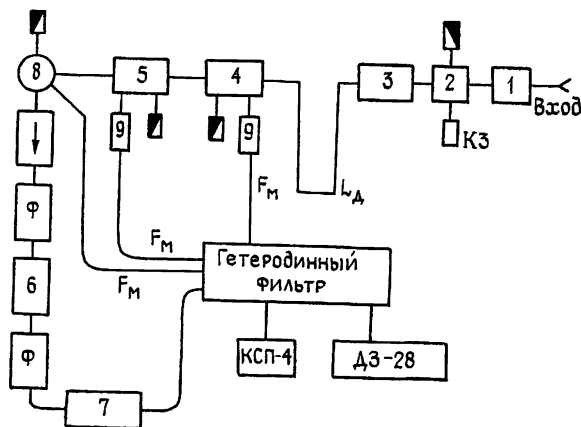


Рис 2 Блок-схема радиометра и антенно-фидерного тракта:

1 — трансформатор сопротивлений, 2 — крановый переключатель, 3 — линия переменной длины, 4, 5 — направленные ответвители НО<sub>1</sub> и НО<sub>2</sub>, 6 — усилитель высокой частоты, Ф — полосовые фильтры, 7 — квадратичный детектор, 8 — модулятор-коммутатор, КЗ — короткозамкнутая нагрузка, КПС-4 — самописец, «ДЗ-28» — ЭВМ.

Одной из особенностей измерений в режиме подсветки является ограничение чувствительности радиометра вследствие добавления к входным шумам УВЧ шумового сигнала  $T_{гшп} K_{13}$ , непосредственно попадающего на вход приемника за счет конечной развязки направленного ответвителя НО<sub>1</sub> и части шумов, отраженных от облучателя за

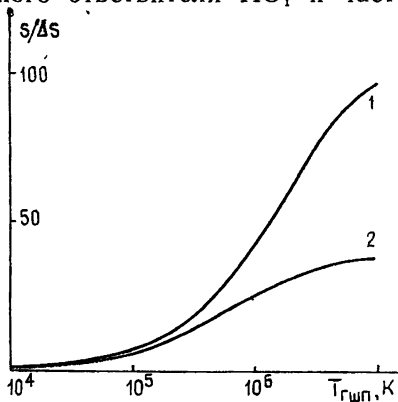


Рис. 3.

Рис. 3. График зависимости отношения сигнал/шум от величины сигнала подсветки при согласовании облучателя:

1 — КСВ=1,1, 2 — КСВ=1,2, коэффициент направленности  $K_{13}=40$  дБ.

Рис. 4. Диаграмма направленности радиотелескопа РТН-7 в азимутальной плоскости  $F_a(\varphi)$ :

сплошная кривая — измерения по Солнцу, штриховая —  $F_a(\varphi)$  и штрихпунктирная —  $F'_a(\varphi)$  — измерения по методу подсветки.

счет неполного согласования. На рис. 3 приведены результаты расчетов отношения сигнал/шум на выходе радиометра для различной на-

правленности  $HO_1$ , согласования облучателя в зависимости от мощности шумового генератора подсветки. Графики качественно отражают характер этих зависимостей: ограничение отношения сигнал/шум при увеличении  $T_{гшп}$  при заданной направленности  $HO_1$ , увеличение соотношения сигнал/шум при увеличении направленности  $HO_1$  и более полном согласовании облучателя. Расчеты были выполнены для антенн с размерами  $D/\lambda=10$  и диска размером  $0,1 D$ , расположенного на расстоянии  $D^2/\lambda$  от раскрыва антенны.

Схема и конструкция радиометра выбирались с учетом отмеченных выше особенностей измерений в режиме подсветки. Вход радиометра подключен к облучателю антенны через коаксиальный тракт, включающий длинную линию  $L_d$ , линию переменной длины  $L_p$  и согласующий трансформатор сопротивлений. Длинная линия  $L_d$  выполнена на коаксиальном кабеле типа РК-50-17-51С. Кабель РК-50-17-51С характеризуется малыми потерями  $0,15 \text{ дБ/м}$  на частоте  $3000 \text{ МГц}$  и повышенной однородностью, что позволило существенно уменьшить величину сигнала на входе приемника, возникающего за счет переотражений на неоднородностях кабеля. Длина линии  $L_d=7 \text{ м}$  была выбрана из условия уменьшения до  $\pm 1\%$  интерференционной составляющей в сигнале при заданной полосе приема  $80 \text{ МГц}$ . Согласование широкополосного облучателя с антенным трактом в рабочей полосе частот производилось с помощью трансформатора сопротивлений. Согласование облучателя осуществлялось в режиме подсветки по минимуму отраженного сигнала на входе приемника. Для измерения остаточной величины интерференционной составляющей в сигнале, возникающей при неполном согласовании облучателя, использовалась линия переменной длины  $L_p$ . При заданных параметрах СВЧ узлов приемника и антенного тракта отраженный в тракте сигнал не превышал на входе приемника  $400 \text{ К}$ . Это составляет менее  $0,5\%$  от мощности, поступающей в антенный тракт. Как показали измерения, согласование в режиме подсветки соответствует максимальному КПД антенны, которое измерялось в радиометрическом режиме по собственным шумам атмосферы [2].

При измерениях по методу «черных» дисков эффективная площадь антенны определяется из соотношения [2]

$$\sigma_{a \text{эфф}} = \frac{\Delta T_{a \text{д}}}{T_d - T_\phi} \frac{\lambda^2}{\int_{\Omega_d} F_a d\Omega} [(1 + \xi) \eta]^{-1}, \quad (10)$$

где  $\Delta T_{a \text{д}}$  — приращение антенной температуры от «черного» диска,  $T_d = T_0(1-R)$ ,  $T_0$  — температура окружающей среды,  $R$  — коэффициент отражения по мощности поглощающего материала диска,  $\xi$  — дифракционная поправка [2],  $T_\phi$  — температура излучения фона в направлении диска,  $\lambda=9,5 \text{ см}$  — рабочая длина волны,  $\eta$  — КПД антенны. Диаграмма направленности антенны  $F_a$  была измерена по Солнцу и хорошо аппроксимируется кривой Гаусса с шириной на уровне половины мощности, равной  $\phi_{0,5}=50',7 \pm 0',2$  в азимутальной плоскости и  $\theta_{0,5}'=49' \pm \pm 0',2$  в вертикальной плоскости (см. табл. 1). Величина дифракционной поправки  $\xi=7\%$  была оценена по данным работы [2]. «Черный» диск диаметром  $82 \text{ см}$  был выполнен из поглощающего материала с коэффициентом отражения  $R=(0,7 \pm 0,4)\%$ . Измерения коэффициента полезного действия антенны были проведены по собственным шумам атмосферы [2]:

$$\eta = \frac{T_0 - T_a}{(0,85 - 0,9)T_0} = 0,66 \div 0,7, \quad (11)$$

где  $(T_0 - T_a)$  — приращение температуры антенны при направлении в зенит относительно согласованной нагрузки, подключенной на вход приемника.

Так как расстояние от антенны до диска порядка 100 м, а дальняя зона антенны  $D^2/\lambda \sim 500$  м, измерения  $\sigma_a$  эфф проводились с перефокусировкой антенны на диск смещением контррефлектора. Величина смещения контррефлектора, необходимая для перефокусировки, находилась из измерений распределения мощности в фокальных пятнах, снятых по Солнцу и по «черному» диску. Данные измерений приведены в табл. 1 с учетом погрешностей параметров, входящих в (10).

Таблица 1

Параметры антенны	Измерения		
	по Солнцу	по «черному» диску	по методу подсветки
$\varphi_{0,5}$	$50',7 \pm 0',2$		$49',5 \pm 1',5$
$\theta_{0,5}$	$49',0 \pm 0',2$		$48',8 \pm 1',5$
$\sigma_a$ эфф, $M^2$		$15,0 \pm 0,8$	$16,0 \pm 0,9$
$\sigma_a$ эфф $\eta$ , $M^2$		$10,2 \pm 0,6$	$10,9 \pm 0,8$

При измерениях эффективной площади по методу подсветки «черный» диск на вышке заменялся металлическим диском диаметром 66 см. Плоскость металлического диска была выставлена перпендикулярно электрической оси антенны с погрешностью  $\pm 0^\circ,5$ . С учетом измеренных параметров диаграммы направленности антенны  $F_a$  уровень облучения края металлического диска оказывается равным 0,87. Неравномерное облучение диска приводит к уменьшению его эффективной площади на 0,5% [2] и к уменьшению падающей на диск мощности на 6,6% по сравнению с равномерным облучением.

Измерения величины  $T_{гшп} K_{12} \eta^2$ , входящей в соотношение (7), были проведены по приращению сигнала при последовательном перекрытии раскрыва облучателя поглощающим материалом и металлическим листом, играющим в данном случае роль согласованной нагрузки и короткозамыкателя на входе антенны соответственно. Погрешность измерений составляет, по проведенным оценкам,  $\pm 2,5\%$ . Была измерена также величина сигнала  $T_{гшп} K_{12}$ , поступающего с генератора подсветки в антенный тракт, подключением к плечу 2 направленного ответвителя последовательно согласованной нагрузки и короткозамыкателя. По аналогичной методике были проведены также независимые измерения  $T_{гшп} K_{12} \eta_{тракт}^2$ , где  $\eta_{тракт}$  — КПД антенного тракта от приемника до облучателя. Данные измерений  $T_{гшп} K_{12} \eta^2$  и  $T_{гшп} K_{12} \eta_{тракт}^2$  позволили определить отдельно потери в облучателе и в согласующем устройстве:  $\eta_{обл} = 0,87$ , потери в тракте до облучателя:  $\eta_{тракт} = 0,75$ . Можно найти КПД антенны, зная  $\eta_{обл}$  и  $\eta_{тракт}$ :  $\eta = \eta_{обл} \eta_{тракт} = 0,65$ , что согласуется с данными измерений  $\eta$  (11) по собственным шумам атмосферы.

С учетом расчетных значений параметров, входящих в (7), и погрешностей измерений была определена эффективная площадь антенны (9), и данные измерений приведены в табл. 1. Как видно из сравнения результатов измерений (см. табл. 1), значения  $\sigma_a$  эфф радиотелес-

копа РТН-7, полученные двумя методами, хорошо согласуются в пределах погрешности измерений. Отметим, что измерения  $\sigma_{a \text{эфф}\eta}$  по методу подсветки имеют меньшую погрешность, так как исключается погрешность измерений  $\eta$ .

Результаты успешного апробирования метода подсветки в диапазоне дециметровых волн показали принципиальную возможность его применения при абсолютной калибровке усиления зеркальных антенн в диапазонах метровых и миллиметровых длин волн, когда существенно ухудшается точность калибровки по методу «черных» дисков. Отметим также возможность применения метода подсветки при юстировке и измерениях диаграммы направленности антенны, которая была реализована в наших антенных измерениях.

Рассмотрим сигнал от металлического диска (7), когда электрическая ось антенны смещена на угол  $\varphi, \theta$  относительно направления на центр диска  $\varphi_0, \theta_0$ :

$$T_a(\varphi - \varphi_0, \theta - \theta_0) \sim T_{\text{гип}} K_{12} \eta^2 \left[ \frac{\sigma_{a \text{эфф}}}{\lambda^2} F_a(\varphi - \varphi_0, \theta - \theta_0) \Omega_d \right]^2. \quad (12)$$

Корень квадратный из измеряемой величины  $T_a(\varphi - \varphi_0, \theta - \theta_0) / T_a(\varphi_0, \theta_0)$  представляет нормированную диаграмму направленности

$$F_a(\varphi - \varphi_0, \theta - \theta_0) = [T_a(\varphi - \varphi_0, \theta - \theta_0) / T_a(\varphi_0, \theta_0)]^{1/2}. \quad (13)$$

На рис. 4 приведена азимутальная диаграмма направленности радиотелескопа РТН-7 на волне  $\lambda = 9,5$  см, измеренная в пределах главного лепестка по Солнцу и по металлическому диску. Как форма главного лепестка, так и ширина диаграммы на уровне половины мощности (см. табл. 1) согласуются в пределах погрешности измерений  $\pm 3\%$ . Кроме того, при измерениях диаграммы направленности по методу подсветки отклик антенны пропорционален  $F^2$  (12), что повышает точность юстировки антенны по меньшей мере в 2 раза по сравнению с обычными «наземными» методами [2] юстировки антенн.

Для дальнейшего развития метода подсветки необходимо провести экспериментальную проверку метода в миллиметровом и метровом диапазонах длин волн, проверку возможностей измерений в ближней зоне антенны и при угловых размерах металлического диска, сравнимых с шириной диаграммы направленности.

Автор выражает благодарность Н. М. Цейтлину за полезные замечания и Н. А. Дугину за помощь в проведении измерений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Троицкий В. С., Цейтлин Н. М. — Изв вузов — Радиофизика, 1962, 5, № 4, с 623
- 2 Цейтлин Н. М. Антенная техника и радиоастрономия. — М. Сов радио, 1976
- 3 Пелюшенко С. А. Авторское свидетельство № 1107077 — Бюл изобрет, 1984, № 29, с 135
- 4 Троицкий В. С. — ЖТФ, 1951, 21, с 994.
- 5 Станкевич К. С., Иванов В. П. — Изв вузов — Радиофизика, 1971, 14, № 12, с. 1787.
- 6 Справочник по радиолокации / Под ред Я. С. Ицхоки — М. Сов радио, 1976, т.1

Научно-исследовательский  
радиофизический институт

Поступила в редакцию  
27 декабря 1983 г.

#### A NEW METHOD OF RADIO TELESCOPE ABSOLUTE CALIBRATION

S. A. Pelyushenko

A new method is presented for the absolute calibration of the antenna gain. The method uses a metal disk located in the far field of the antenna, which reflects the noise wideband signal radiating by the antenna as the calibrated «transmitter». The results of the new method for measurement of the effective area of the radio-telescope RTN-7 at  $\lambda = 9.5$  cm are in a good agreement with the data of the simultaneous calibration of RTN-7 by the method of «black» disks. The new method can be used also to measure the radiating power pattern of antennas.