

СИНТЕЗИРОВАНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ РАТАН-600
С ПОМОЩЬЮ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Е. К. Майорова, Г. А. Пинчук

Рассматривается возможность работы радиотелескопа РАТАН-600 в режиме с фазированной антенной решеткой ЛФАР в фокальной линии вторичного зеркала. Проводится расчет закона возбуждения такого сложного облучателя, а также расчет диаграммы направленности РАТАН-600 с ЛФАР. Рассматривается возможность электронного сканирования ДН РАТАН-600 по углу места с помощью ЛФАР.

The possibility of the linear phased array using at the RATAN-600 radio telescope is discussed. Both the excitation and pattern calculations are presented. The possibility of the RATAN-600 beam controlling in angle positions with the help of the array is also discussed.

1. Введение

Информативность радиотелескопа существенным образом зависит от его поля зрения и чувствительности. Значительным шагом в улучшении этих параметров является расширение области регистрации сигнала вблизи фокуса телескопа.

Наиболее простой вариант его осуществления - наблюдения с помощью матрицы из N радиометров с независимой регистрацией сигналов, что в первом приближении, при небольших выносах регистрирующего элемента из фокуса антенны, эквивалентно наблюдениям в N направлениях с угловой разрешающей способностью λ/D , где λ - длина волны наблюдений, D - размер апертуры радиотелескопа.

Такой вариант радиоастрономических наблюдений был реализован на 91-м и 11-м зеркалах в НРАО (Sutton, 1984; Raune, 1988) и на 100-м радиотелескопе в Эффельсберге, что позволило существенно увеличить поле зрения этих инструментов и ускорить время глубоких обзоров неба.

При больших выносах ($\geq \lambda$) регистрирующего элемента из фокуса диаграмма направленности (ДН) антенны претерпевает существенные абберационные искажения, что снижает чувствительность радиотелескопа, а также вносит искажения в построение радиоизображений источников. Получить неискаженные абберациями ДН можно, вмешав-

шись в сам процесс построения изображения в фокальной плоскости, как это делается в радиолокационных гибридных зеркальных антеннах (Бахрах, Галимов, 1981), где в фокусе антенны устанавливается фазированная антенная решетка (ФАР). С помощью последней осуществляется управление амплитудой и фазой сигнала в каждом из N каналов. Высокий коэффициент усиления в таких системах обеспечивается оптической системой - зеркалом, а возможность сканирования - сложным облучателем - ФАР.

В настоящее время на радиотелескопе РАТАН-600 рассматривается задача увеличения его наблюдательных возможностей путем установки вдоль фокальной линии вторичного зеркала линейной фазированной антенной решетки (Пинчук и др., 1989). В качестве варианта схемного исполнения ее приемной части выбрана матрица Бласса (Сканирующие антенные системы СВЧ, 1969).

Каждый из k лучей формируется суммированием n каналов с соответствующими амплитудами и фазами входного сигнала. При наблюдениях многолучевой ДН происходит независимая регистрация $k(k-N-n+1)$ прохождений радиоисточника через ее неискаженные аберрациями лучи. Флуктуационная чувствительность радиотелескопа при этом увеличивается в \sqrt{k} раз.

Предложенная схема может быть использована и в режиме "электронного" сопровождения источника при неподвижной ЛФАР (однолучевой режим), а также сочетать многолучевой режим с режимом сопровождения источника в пределах движения каретки вдоль фокальной линии.

С точки зрения максимума астрофизической информации и минимума стоимости столь крупных приемных систем оптимальной является длина волны наблюдений 6.2 см.

В настоящей работе путем математического моделирования электродинамических процессов в антенной системе РАТАН-600 оцениваются возможности предлагаемого метода. Проводятся расчеты амплитудно-фазового распределения поля вдоль фокальной линии вторичного зеркала, которое необходимо создать для синтезирования неискаженной ДН РАТАН-600, а также расчеты самой ДН. Приводятся количественные оценки ряда параметров, влияющих на процесс синтезирования ДН.

2. Закон возбуждения сложного облучателя, предназначенного для компенсации аберраций антенной системы РАТАН-600

Впервые возможность получения многолучевой ДН на радиотелескопе РАТАН-600 была рассмотрена в работе Кайдановского (1975). Для синтеза ДН предполагалось использовать отдельные части поверхности главного зеркала, направленные на разные участки неба и фокусирующие сигнал в одну точку. Недостатком этого метода является существенное снижение разрешающей силы и эффективной собирающей площади радиотелескопа.

В предлагаемом ниже способе синтезирования многолучевой ДН формирование каждого из k лучей происходит принципиально иным способом - при помощи всей отражающей поверхности главного зеркала. Отклонение лучей от оси радиотелескопа обеспечивается различными законами облучения главного зеркала отдельными облучателями, расположенными вдоль фокальной линии вторичного зеркала (рис. 1а). Рассмотрим основные принципы синтезирования такой ДН в режиме работы радиотелескопа с одним сектором.

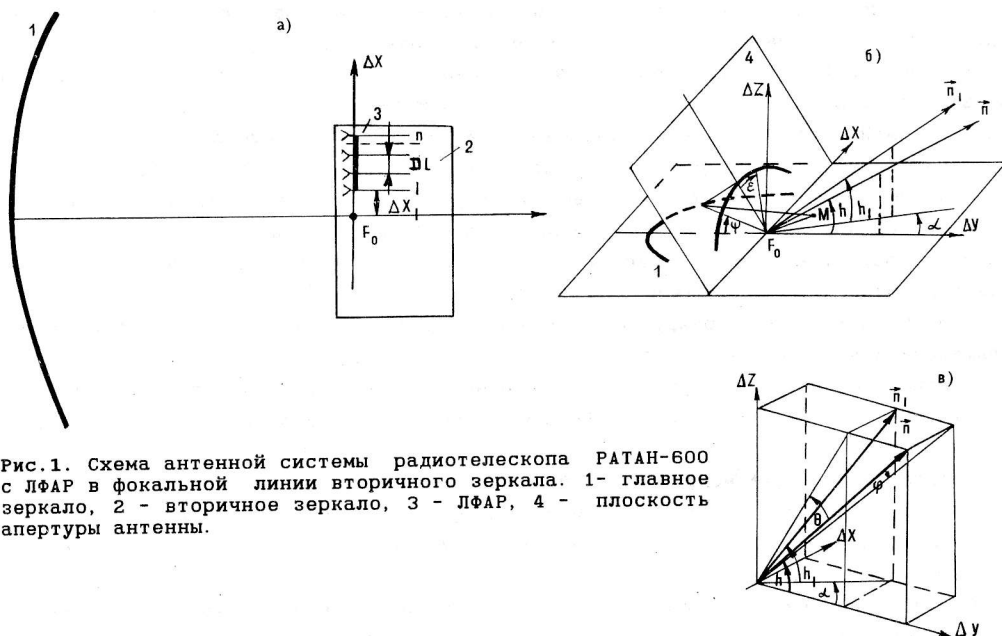


Рис.1. Схема антенной системы радиотелескопа РАТАН-600 с ЛФАР в фокальной линии вторичного зеркала. 1- главное зеркало, 2 - вторичное зеркало, 3 - ЛФАР, 4 - плоскость апертуры антенны.

Из теории антенн известно, что перемещение луча ДН в широком секторе углов возможно за счет выноса первичного облучателя из фокуса, что, однако, сопряжено с большими aberrациями. Абберационная функция $\Delta L(\psi)$ радиотелескопа РАТАН-600 при выносе облучателя из фокуса имеет вид (Стоцкий, 1972):

$$L(\psi) = \rho(\psi) \cos(\psi - \alpha) \cosh_1 \sqrt{[\rho(\psi) \cos\psi + \Delta y]^2 + [\rho(\psi) \sin\psi - \Delta x]^2}, \quad (1)$$

где $\rho(\psi)$ - расстояние от фокуса облучателя до главного зеркала,
 α - азимут источника,
 h_1 - высота источника над горизонтом,
 ψ - текущая координата вдоль поверхности главного зеркала,
 Δx - поперечный вынос облучателя из фокуса,
 Δy - продольный вынос облучателя из фокуса (рис.1б).

В общем случае высота источника над горизонтом h_1 и угол места антенны h , при котором антенна является сфокусированной ($\Delta x = \Delta y = 0$), не совпадают.

При условии непрерывного сопровождения приемным рупором максимума ДН, сигнал на выходе радиометра будет описывать кривую, определяемую aberrациями антенной системы. Примеры таких кривых приведены на рис. 2 (1 - поперечная aberrационная кривая, 2 - продольная aberrационная кривая).

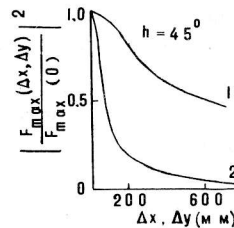
Проведем расчет амплитудно-фазового распределения поля $F(\Delta x)$ на фокальной линии вторичного зеркала, возбуждение которого позволит сформировать безaberrационную ДН в заданном азимутальном направлении α . Угол места установки антенны h совпадает с высотой источника h_1 .

Предположим, что на апертуру главного зеркала падает плоская волна под азимутальным углом α и углом места h . Расчет проведем по формуле:

$$F(\Delta x) = \int_{-\psi_0}^{\psi_0} E(\psi) \exp[-ikL(\psi, \Delta x)] d\psi, \quad (2)$$

где $E(\psi)$ – закон возбуждения апертуры главного зеркала синфазным фронтом падающей волны.

Рис. 2. Абберационные кривые радиотелескопа РАТАН-600 в штатном режиме работы на волне 6.2 см при поперечном (1) и продольном (2) выносах облучателя из фокуса при $h=45^\circ$.



При расчетах удобно перейти от угловой координаты ψ в горизонтальной плоскости к координате ε в плоскости апертуры антенны (рис. 16) (Есепкина, 1961).

Расчет $F(\Delta x)$ проводился с учетом реальной геометрии антенной системы РАТАН-600. В частности, учитывалась геометрия вторичного зеркала, изменение конфигурации главного зеркала с изменением угла места фронта падающей волны, разворот плоскости поляризации поля на раскрывах главного и вторичного зеркал. Закон возбуждения апертуры главного зеркала задавался спадающим, соответствующим распределению поля на апертуре главного зеркала при работе радиотелескопа в штатном режиме, когда приемный рупор располагается в фокусе антенны.

Расчет $|F(\Delta x)|$ и $\arg(F(\Delta x))$ проводился с помощью ЭВМ для различных значений α и h . На рис. 3(а) показано амплитудное распределение поля $|F(\Delta x)|$ на фокальной линии вторичного зеркала при различных углах падения плоской волны α при $h=45^\circ$, на рис. 3(б) – при $\alpha=5', 45', 85^\circ$ и $h=10^\circ$. Нормировка $F(\Delta x)$ проводилась к интегралу $F(0) = \int E(\varepsilon) d\varepsilon$.

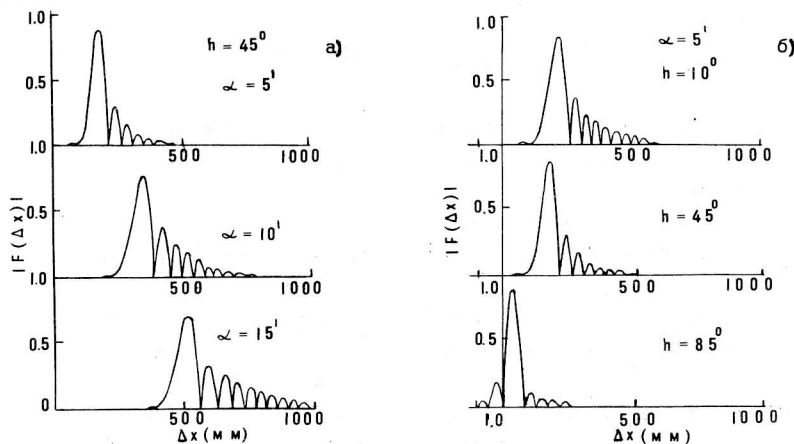


Рис. 3. Амплитудное распределение поля $|F(\Delta x)|$ на фокальной линии вторичного зеркала при различных углах падения плоской волны α и различных h .

Расчеты показали, что фазовое распределение является знакопеременным, $\arg(F(\Delta x) \cong \{\pi; -\pi\}$.

Сформировать неискаженную в заданном направлении α ДН можно, возбудив на фокальной линии вторичного зеркала амплитудно-фазовое распределение вида $F(\Delta x)$. Последнее достигается с помощью специального облучателя, представляющего собой линейную фазированную антенную решетку из n элементов (рупоров или открытых концов волновода) и включенных в тракт аттенуаторов и фазовращателей (схема в работе Пинчука и др., 1989). Таким образом формируется каждый из k лучей многолучевой ДН радиотелескопа.

Очевидно, что идеальная безабберационная ДН может быть синтезирована лишь в случае, когда собрана вся распределенная вдоль фокальной линии энергия $|F(\Delta x)|^2$. Оценки суммарной мощности, приходящейся на главный и заданное число боковых лепестков распределения $|F(\Delta x)|^2$, показали, что необходимое число элементов в решетке при расстоянии между ними $\sim 0.65 - 0.85\lambda$ составляет 7-8 элементов. В этом случае потери мощности составят не более 10% при максимально возможных отклонениях луча ДН. Последние достигают $\alpha_{\max} = 20'$ (при $h=10^\circ-50^\circ$) и $100'$ (при $h=85^\circ$). Область фокальной линии вторичного зеркала, где можно располагать ЛФАР, ограничена размерами ± 750 мм от оси антенны.

3. ДН РАТАН-600 с ЛФАР в фокальной линии вторичного зеркала

Проведем расчет безабберационной ДН РАТАН-600 (или одного из ее лучей в многолучевом режиме работы) с ЛФАР в фокальной линии вторичного зеркала. Предположим, что возбуждение каждого из n ($n=8$) элементов (рупоров) ЛФАР по амплитуде и фазе соответствует амплитудно-фазовому распределению $F(\Delta x)$ для заданного α .

Расчет ДН $F(\varphi, \theta)$ осуществлялся численными методами с помощью ЭВМ по формуле

$$\mathcal{F}(\varphi, \theta) = \int_{\Delta x_1}^{\Delta x_n} F(\Delta x) d(\Delta x) \int_{-\varepsilon_0}^{\varepsilon_0} E(\varepsilon) \exp[ikL(\varepsilon, \Delta x)] \exp[ikR(\varepsilon, \varphi, \theta)] d\varepsilon, \quad (3)$$

$$R(\varepsilon, \varphi, \Delta h) = \frac{P}{\sinh} [\sin\varphi \cdot \sin\varepsilon + \sin\theta \cdot \cos\varepsilon],$$

где Δx_1 - поперечный вынос из фокуса n -го рупора, где $n=1$,

Δx_n - поперечный вынос из фокуса n -го рупора, где $n=8$,

P - параметр антенны,

$E(\varepsilon)$ - распределение поля в апертуре главного зеркала,

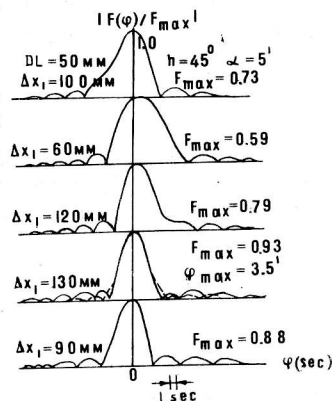
φ, θ - азимутальный и зенитный углы в небесной системе координат (рис. 1в).

Распределение поля в раскрыве главного зеркала рассчитывалось, исходя из ДН рупоров, составляющих ЛФАР, с помощью алгоритма, предложенного в работе Коржавина (1979).

На рис. 4 показана ДН (по полю) радиотелескопа с ЛФАР при различных положениях решетки (Δx_1) на фокальной линии ($h=45^\circ$, $\alpha=5'$, $n=8$). Расстояние между элементами решетки $DL=50$ мм. Смещая решетку вдоль фокальной линии вторичного зеркала, мы, в соответствии с распределением $F(\Delta x, \alpha)$, меняем и возбуждение составляющих

ее рупоров. Максимумы ДН радиотелескопа \mathcal{F}_{\max} нормированы к 1. Значения \mathcal{F}_{\max} приведены на рис. 4. Там же пунктирной линией показана нормированная ДН радиотелескопа в штатном режиме (приемный рупор располагается в фокусе антенны, $\Delta x=0$). Полагалось, что ДН рупоров в режиме с ЛФАР идентичны ДН рупора, используемого в штатном режиме.

Рис. 4. Нормированная ДН (по полю) РАТАН-600 с ЛФАР ($n=8$) при различных положениях решетки на фокальной линии Δx_1 при $h=45^\circ$, $\alpha=5'$ и $DL=50$ мм. Пунктирной линией показана ДН РАТАН-600 в штатном режиме, когда приемный рупор находится в фокусе антенны.



Луч синтезированной с помощью ЛФАР ДН радиотелескопа смещен относительно максимума ДН в штатном режиме, когда приемный рупор находится в фокусе антенны ($\Delta x=0$), на величину φ_{\max} . Значения φ_{\max} , соответствующие различным положениям решетки, приведены на рис. 4.

Из проведенных расчетов следует, что для заданного распределения $F(\Delta x, \alpha)$ существует такое положение решетки на фокальной линии (Δx_1^{opt}) при котором значение \mathcal{F}_{\max} максимально, а уровень боковых лепестков ДН - минимален. Направление максимума ДН $\varphi_{\max}^{\text{opt}}$ при таком положении ЛФАР связано с углом α соотношением:

$$\text{tg}(\varphi_{\max}^{\text{opt}}) = \sin \alpha \cdot \cosh.$$

Для более точных расчетов ДН радиотелескопа следует учесть, что существующие между элементами решетки электромагнитные связи могут существенно изменить их ДН, причем тем значительнее, чем меньше расстояния между рупорами. Формулы для парциальных ДН элементов решетки с учетом их взаимных связей были выведены в работе Шанникова и др. (1990). В дальнейшем мы будем использовать их для расчетов.

Остановимся на выборе оптимального, с точки зрения максимума сигнала и минимума боковых лепестков ДН, расстояния между рупорами ЛФАР DL_{opt} . Диапазон, в котором можно варьировать эти расстояния, ограничен, с одной стороны, чисто конструктивными соображениями, с другой - тем обстоятельством, что на главный лепесток распределения $F(\Delta x)$ должно приходиться не менее двух элементов решетки. При выборе DL_{opt} необходимо, очевидно, сравнивать ДН, полученные при оптимальных положениях ЛФАР. Расчеты ДН радиотелескопа, проведенные для $h=10^\circ$, 45° , 85° и $\alpha=5'$, $10'$, $15'$ в диапазоне $DL=(37-60)$ мм показали, что уровень боковых лепестков ДН минимален при $DL=40$ мм. Так, для $h=45^\circ$ и $\alpha=5'$ уровень боковых лепестков нормированной мощностной ДН $|\mathcal{F}(\varphi)/\mathcal{F}_{\max}|^2$ не превышает 0.004 при $DL=37$ мм, 0.0005 при $DL=40$ мм, 0.016 при $DL=50$ мм. Что касается максимума ДН, то величина его растет с уменьшением DL , хотя и незначительно. Для $h=45^\circ$ и $\alpha=5'$ значения \mathcal{F}_{\max} равны: 0.97 при $DL=37$ мм, 0.95 при $DL=40$ мм, 0.93 при $DL=50$ мм.

Учитывая конструктивные соображения, в частности, тот факт, что для построе-

ния решетки на волне 6.2 см могут быть использованы лишь стандартные волноводы с размерами 35 мм x 15 мм, 40 мм x 20 мм, 48 мм x 24 мм и 58 мм x 25 мм, приходим к выводу, что оптимальным является расстояние между рупорами $DL_{opt}=40$ мм.

На рис.5 показано, как меняется значение максимума ДН при изменении положения решетки (Δx_1) для различных α ($h=45^\circ$). На рис.6 приведены нормированные ДН радиотелескопа (по полю) при $h=45^\circ$ и $\alpha=0', 5', 10', 15'$ для двух значений DL: 40 мм и 50 мм.

Рис.5. Зависимость максимума ДН РАТАН-600 с ЛФАР ($n=8$) от положения ЛФАР на фокальной линии Δx_1 при $h=45^\circ$ и различных α (1 - DL=40 мм, 2 - DL=50 мм).

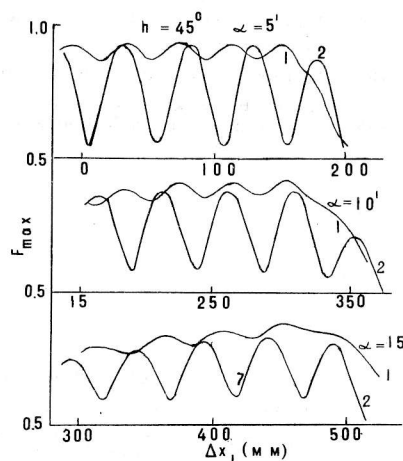
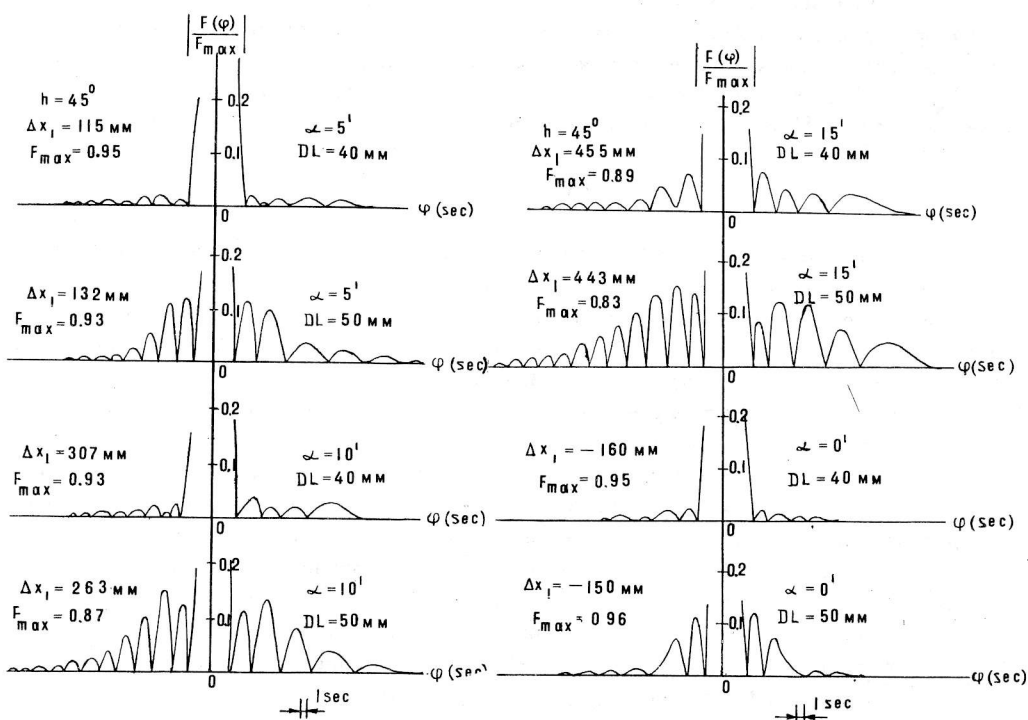


Рис.6. Нормированные ДН РАТАН-600 с ЛФАР ($n=8$) при $h=45^\circ$, различных α и расстояниях между элементами решетки DL=40 мм, 50 мм.



Из графиков на рис.5 видно, что зависимости $F_{max}(\Delta x_1)$ в некоторых пределах изменения Δx_1 имеют квазипериодический характер с периодом, равным шагу решетки DL. Чем меньше угол α , тем больше максимумов с близкими значениями имеет зависи-

мость $\mathcal{F}_{\max}(\Delta x_1)$. Положению решетки, при котором зависимость $\mathcal{F}_{\max}(\Delta x_1)$ достигает своего наибольшего значения, соответствует ДН с минимальным и наиболее симметричным уровнем боковых лепестков. Чем ближе локальный максимум к началу координат, тем несимметричной становится ДН и выше уровень ее боковых лепестков. Как видно из графиков, характер зависимости $\mathcal{F}_{\max}(\Delta x_1)$ существенно зависит также от расстояния между элементами решетки DL.

Расчеты показывают, что снижение уровня боковых лепестков ДН при $DL_{\text{opt}} = 40\text{ мм}$ имеет место во всем диапазоне изменения углов h и α .

На рис. 7 приведены абберационные кривые $|\mathcal{F}_{\max}/\mathcal{F}_{\max}(0)|^2$ для режима работы радиотелескопа с ЛФАР (1а - DL=40 мм, 1б - DL=50 мм) и штатного режима (2), а также выигрыш K, который может быть получен при работе с ЛФАР по сравнению со штатным режимом (3а - DL=40 мм, 3б - DL=50 мм). Следует отметить, что значения максимума ДН в центральном направлении $|\mathcal{F}_{\max}(0)|^2$ в режиме работы с ЛФАР и в штатном режиме совпадают с точностью до 1%.

На рис. 8 приведены изофоты двумерной ДН радиотелескопа РАТАН-600 $\mathcal{F}(\varphi, \theta)$ для $h=45^\circ$: (а) - в штатном режиме при поперечном выносе приемного рупора из фокуса $\Delta x=500$ мм, (б) - в режиме работы радиотелескопа с ЛФАР ($\Delta x_1=455$ мм, $\alpha=15'$), (в) - в штатном режиме, когда приемный рупор находится в фокусе антенны ($\Delta x=0$).

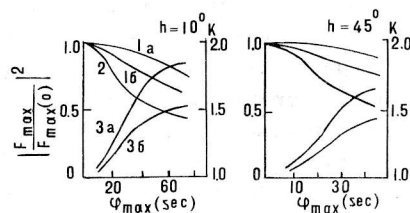


Рис. 7. Абберационные кривые в режиме работы радиотелескопа с ЛФАР (1а - DL=40 мм, 1б - DL=50 мм) и в штатном режиме (2) (поперечный вынос). Выигрыш K, который может быть получен при работе с ЛФАР по сравнению со штатным режимом работы.

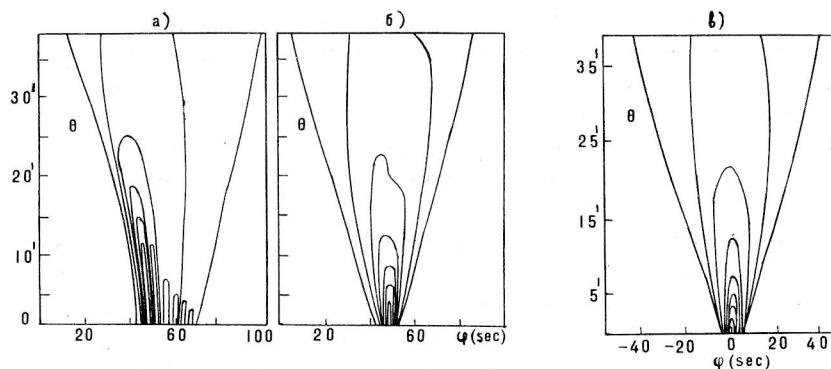


Рис. 8. Изофоты двумерной ДН радиотелескопа РАТАН-600 $\mathcal{F}(\varphi, \theta)$ на волне 6.2 см при $h=45^\circ$: (а) - в штатном режиме при поперечном выносе приемного рупора из фокуса $\Delta x=500$ мм; (б) - в режиме работы с ЛФАР ($\Delta x_1=455$ мм, $\alpha=15'$, $n=8$, $DL=40$ мм), (в) - в штатном режиме при $\Delta x=0$, $x=0$.

Как видно из графиков, синтезированная в заданном направлении α ДН радиотелескопа с ЛФАР близка к двумерной ДН радиотелескопа в штатном режиме при $\Delta x=0$.

Таким образом, проведенные расчеты показали, что с помощью ЛФАР возможно формирование неискаженных (безабберационных) ДН радиотелескопа в направлениях, от-

личных от центрального. Отклонение луча неискаженной ДН может составлять десятки $\Delta\varphi_{0.5}$. При этом сохраняется достаточно низкий уровень боковых лепестков, значения $|\mathcal{F}_{\max}|^2$ при максимально возможных отклонениях луча составляют не менее $0.8-0.9|\mathcal{F}_{\max}(0)|^2$. Наибольший выигрыш от применения ЛФАР имеет место при наблюдении низких источников, где aberrации максимальны.

4. Электронное сканирование лучом ДН РАТАН-600 по углу места с помощью ЛФАР

При продольном выносе облучателя из фокуса Δy наилучшая фокусировка антенны осуществляется в направлении h_1 , которое, очевидно, не совпадает с направлением h ($\Delta y=0$) (Стоцкий, 1972).

Таким образом, с помощью перемещения вторичного зеркала по продольной координате осуществляется сканирование ДН по углу места в небольших пределах в штатном режиме работы радиотелескопа.

Аналогичное сканирование ДН по углу места можно реализовать и с помощью ЛФАР. Для этого на фокальной линии вторичного зеркала необходимо создать амплитудно-фазовое распределение поля, соответствующее заданному Δy (или h_1).

Расчет распределения поля на фокальной линии $F(\Delta x, \Delta h)$ для заданного направления на источник h_1 ($\Delta h=h_1-h$) осуществлялся с помощью формулы (2) с использованием aberrационной функции (1). Формирование неискаженной ДН в направлении Δh , соответствующем продольному выносу Δy , осуществляется с помощью решетки из n рупоров, расположенных симметрично относительно центральной оси антенны, которые возбуждаются в соответствии с амплитудно-фазовым распределением $F(\Delta x, \Delta h)$. Очевидно, что чем больше значение Δh , тем больше должны быть размеры решетки для формирования неискаженной ДН.

Расчет ДН проводился по формуле (3). На рис. 9 приведены ДН РАТАН-600 с ЛФАР при $\Delta h=5', 10', 15', 20'$, $h=45^\circ$ ($n=32$ - сплошная линия, $n=8$ - пунктирная) и соответствующие сечения ДН в штатном режиме (штрих-пунктирная линия). На рис. 10 приведены aberrационные кривые для режима работы с ЛФАР ($1-n=32, 2-n=8$) и для штатного режима работы при $h=45^\circ$.

Из графиков на рис. 9, 10 видно, что применение ЛФАР позволяет осуществлять сканирование ДН по углу места в значительно больших угловых пределах, чем с помощью продольного выноса облучателя из фокуса. Кроме того, облучатель в этом режиме остается неподвижным, что дает возможность существенно повысить точность координатных измерений на РАТАН-600.

Графики на рис. 9, 10 относятся к случаю, когда $\alpha=0$. Очевидно, однако, что сканирование лучом ДН по угломестной координате возможно и при $\alpha \neq 0$. Для этого необходимо возбуждение в элементах ЛФАР амплитудно-фазового распределения поля, соответствующего заданным α и Δh , при одновременном смещении ее вдоль фокальной линии на соответствующую величину Δx_1^{opt} . На рис. 11 показаны центральные сечения синтезированных с помощью ЛФАР ДН радиотелескопа, лучи которых направлены под углами $\alpha \neq 0$ и $\Delta h \neq 0$. ЛФАР состоит из 8 элементов, с расстоянием между ними $DL=40$ мм.

Следует отметить, что последний режим может быть весьма полезен при картографировании, так как его применение существенно расширяет поле зрения радиотелескопа сразу по двум координатам.

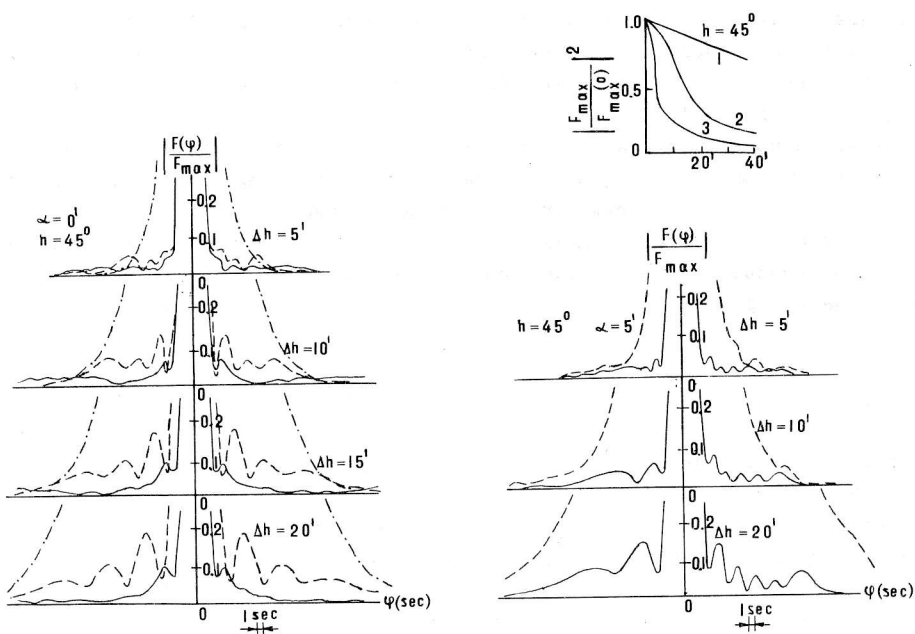


Рис.9. ДН радиотелескопа РАТАН-600 с ЛФАР при $h=45^\circ$, $\Delta h=5', 10', 15', 20'$ и $\alpha=0'$ ($n=32$ - сплошная линия, $n=8$ - пунктирная) и в штатном режиме при соответствующих значениях h и Δh (штрих-пунктирная линия).

Рис.10. Аберрационные кривые РАТАН-600 в режиме работы с ЛФАР (1 - $n=32$, 2 - $n=8$) и в штатном режиме (3) при сканировании по углу места Δh .

Рис.11. ДН радиотелескопа РАТАН-600 с ЛФАР ($n=8$) при $h=45^\circ$, $\Delta h=5', 10', 20'$ и $\alpha=5'$ (сплошная линия) и в штатном режиме работы при соответствующих значениях h и Δh (пунктирная линия).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчеты, проведенные в данной работе, показали принципиальную возможность использования на радиотелескопе РАТАН-600 ЛФАР для синтеза безабберационных ДН в направлениях α , $\Delta h \neq 0$.

С помощью проведенных расчетов удалось оптимизировать основные параметры ЛФАР (количество элементов, расстояние между ними), установить пределы, в которых возможно синтезирование неискаженных ДН, оценить выигрыш, который может быть получен при использовании ЛФАР по сравнению со штатным режимом работы радиотелескопа.

Пакеты программ для ЭВМ, с помощью которых рассчитывались распределения поля в фокальной линии вторичного зеркала и ДН радиотелескопа с ЛФАР, могут быть использованы при создании математического обеспечения управления ЛФАР, а также для восстановления изображений радиоисточников.

Следует отметить, что применение ЛФАР на РАТАН-600 не ограничивается режимом,

рассмотренным выше. Возможно использование ее в режиме Южного сектора с плоским отражателем (Кайдановский, 1980), а также в режиме наблюдений с полной кольцевой апертурой главного зеркала (Пинчук и др., 1989), что позволит реализовать слежение за источниками в пределах нескольких часов и существенно расширит зону окколзенитных обзоров неба.

Увеличение поля зрения в (D/d) раз может быть также осуществлено в интерферометрическом режиме при облучении решеткой только отдельных малых частей (d) главного зеркала с последующим суммированием сигналов.

Формирование ДН радиотелескопа в этих режимах представляет самостоятельный интерес, моделирование же их может быть проведено с помощью алгоритмов, предложенных в данной работе.

Литература

- Бахрах Д. Д., Галимов Г. К.: 1981. В кн.: Зеркальные сканирующие антенны. М.: Наука.
- Есепкина Н. А. и др.: 1961, Радиотехника и электроника, 6, 12, 1947.
- Кайдановский Н. Л.: 1975, Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 7, 207.
- Кайдановский Н. Л.: 1980, Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 12, 103.
- Коржавин А. Н.: 1979, Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 11, 170.
- Пинчук Г. А. и др.: 1989, Препринт САО АН СССР, 39.
- Rayne J. M.: 1988, Rec. sci. instrum, 59, 9, 1911.
- Sutton E. C.: 1984, Astrophys. J. Lett., 283, 2, 41.
- Сканирующие антенные системы СВЧ: 1969, под ред. Хансена, М.: Сов. радио, 1.
- Стоцкий А. А.: 1972, Изв. ГАО, 188, 63.
- Sutton E. C.: 1984, Astrophys. J. Lett., 283, 2, 41.
- Шанников Д. В., Майорова Е. К., Кобяков Г. Я.: 1990. В кн.: XXII Всесоюзная радиоастрономическая конференция. Радиотелескопы и интерферометры, 76.

Поступила в редакцию
7 июня 1990 г.