УДК 520.272.2

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600 КАК ДВУХЗЕРКАЛЬНАЯ АПЛАНАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.

Е.К Майорова, В.Б.Хайкин

Аннотация

Приводятся результаты расчетов характеристик радиотелескопа РАТАН-600 в режиме "радио-Шмидт телескоп". Плоский отражатель и круговое зеркало антенны рассчитываются как двухзеркальная апланатическая система с планоидным зеркалом, которое осуществляет "шмидтовскую"коррекцию волнового фронта волны, падающей под произвольным углом к горизонту. Выведены формулы и создан комплекс программ для расчета конфигураций зеркал антенной системы и оптимизированы ее основные параметры. Показана возможность длительного сопровождения источников в этом режиме (порядка 1 часа) на волнах, длиннее 2 см, при горизонтальной апертуре антенны 100 м и на волнах, длиннее 4 см, при апертуре антенны 150 м.

1 Введение.

Радиотелескоп-600 относится к пассажным телескопам рефлекторного типа. Отражающая поверхность антенны состоит из отдельных элементов, расположенных по окружности. Диаграмма направленности формируется путем специального расположения отражающих элементов кругового отражателя (главного зеркала). Профилем главного зеркала может быть парабола, эллипс или окружность в зависимости от высоты наблюдаемого источника, в фокусе которых устанавливается облучатель. Подробно конструкция телескопа описана в работе [1].

Радиотелескоп РАТАН-600 обладает высокой разрешающей способностью и чувствительностью, однако время экспозиции космического источника при наблюдении в штатном режиме невелико и определяется временем прохождения его через неподвижную диаграмму направленности (ДН). Увеличение времени накопления сигнала путем сопровождения источника является актуальной задачей с точки зрения повышения эффективности работы радиотелескопа. Решение этой проблемы

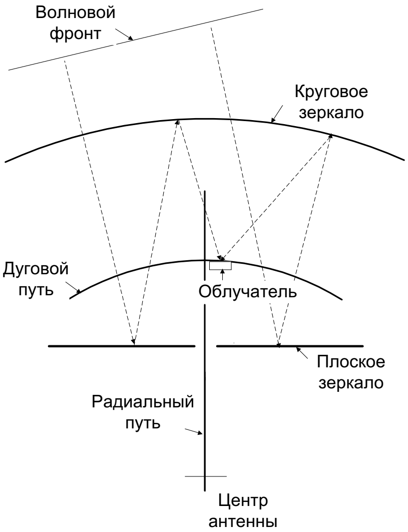

Рис. 1:

позволит на порядки увеличить его чувтсвительность и существенно расширить круг астрофизических задач, решаемых на РАТАН-600. Режим длительного сопровождения особенно важен для спектральных исследований, для изучения быстропеременных космических объектов, таких как пульсары, для изучения динамики солнечных процессов.

В настоящее время увеличить время экспозиции источника до 2 мин. без сокращения апертуры антенны позволяет режим "скольжения"[2]. Сопровождать источник в течении нескольких часов можно в режиме "эстафеты", однако в этом режиме в 5-6 раз сокращается апертура антенны [3].

Кардинальное решение проблемы, т.е. осуществление максимального времени слежения за источником с полной апертурой, возможно с помощью антенной системы "Юг+Плоский", состоящей из плоского перископического отражателя, расположенного в Южной части радиотелескопа РАТАН-600 и облучателя, перемещающегося по дуговому рельсовому пути, проложенному между перископом и главным зеркалом (рис.1). В этом режиме сопровождение источника потребует соответствующего изменения угла наклона элементов плоского зеркала, движения облучателя по дуговым рельсам и непрерывной перестановки элементов главного зеркала по азимуту и радиусу так, чтобы его поверхность представляла параболический цилиндр с вертикальной образующей, установленный в соответствии с азимутом отраженного от перископа фронта волны [1], [4]. Этот наиболее эффективный режим ("бегущая парабола") остается пока нереализованным, поскольку требует существенного усовершенствования АСУ радиотелескопа и автоматизации движения облучателя.

Метод, исследование которого предлагается в настоящей работе, и который получил название "радио-Шмидт телескоп", также может быть реализован с помощью антенной системы "Юг+Плоский". Для слежения за источником, как и в режиме "бегущая парабола", осуществляется изменение угла наклона плоского зеркала в небольших пределах и используется движущийся по дуговому пути облучатель. Отличительной особенностью этого режима является неподвижность элементов главного зеркала в процессе сопровождения источника.

В основе метода лежит идея создания на базе плоского и кругового отражателей предфокальной апланатической двухзеркальной системы с широким полем зрения, свободной от сферической аберрации и комы. В оптике к таким системам относятся системы Шварцшильда, Ричи– Кретьена, "зеркальный Шмидт"и "зеркальный Райт". Две последние являются частным случаем двухзеркальных апланатических систем – системами с планоидным зеркалом. У планоидов кривизна поверхности при вершине равна нулю, так что фокусное рассояние всей системы приблизительно равно фокусному расстоянию второго зеркала. В антенной системы "Юг+Плоский"РАТАН-600 планоидом является плоское зеркало. Отметим, что впервые идея "шмидтовской"коррекции волнового фронта радиотелескопа была выдвинута Арсаком и осуществлена на системе Крауса в Нансе [5], [6].

2 Расчет системы.

В оптике теория предфокальных апланатических систем из двух зеркал была разработана К.Швардшильдом, Кретьеном, Д.Д.Максутовым. В 30-х годах Райт предложил и рассчитал конструкцию укороченного Шмидт-телескопа [7]. Система Райта представляет собой апланатическую систему, где наряду со сферической аберрацией устраняется и кома, однако она имеет меньшее, чем система Шмидта поле зрения.

В настоящей работе для расчета двухзеркальной апланатической системы мы использовали методику, предложенную в работе [8], которая

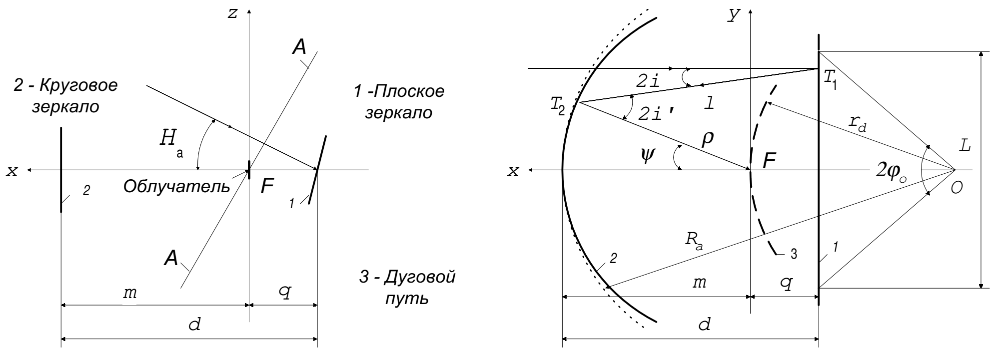

Рис. 2:

основана на исследовании дифференциальных уравнений, решение которых позволяет найти точные выражения для поверхностей зеркал, имеющих ось вращения. Вывод формул основывался на условии получения исправленного от сферических аберраций изображения на оси (принцип Ферма) и условии апланатизма (условии синусов Аббе).

Хотя плоский и круговой отражатели радиотелескопа РАТАН-600 не являются поверхностями вращения, выражения, полученные в работе [8], могут быть использованы для расчета кривых, по которым должны выставляться элементы зеркал, когда угол места фронта падающей волны равен нулю. В этом случае в приближении геометрической оптики ход лучей в горизонтальном сечении такой системы полностью совпадает с ходом лучей в меридианальном сечении зеркал, имеющих ось вращения, что объясняется распространением цилиндрической волны и фокусировкой лучей лишь в горизонтальной плоскости. Однако, формулы, полученные в работе [8], становятся неприменимы, когда фронт падающей волны наклонен к горизонту на угол, не равный нулю.

Проведем расчет конфигураций зеркал, позволяющих осуществлять фокусировку лучей, падающих под произвольным углом к горизонту. Азимутальный угол падающих на плоское зеркало лучей составляет с осью антенной системы угол $\alpha = 0°$. Ход лучей в ветикальной и горизонтальной плоскостях показан на рис.2.

Геометрические размеры антенной системы "Юг+Плоский": D – расстояние между вершинами зеркал составляет 184 м, Q – расстояние между облучателем, находящемся на дуговом рельсовом пути, и вершиной плоского зеркала равно 52 м, M – расстояние от мнимого фокуса облучателя до вершики кругового отражателя равно 132 м, F' – эквивалентное фокусное расстояние всей системы. Начало декартовой системы координат (x, y) и полюс полярной системы (ρ, ψ) помещаются в фокусе антенны F. $d = D/F'$, $q = Q/F'$, $m = M/F'$, $f' = 1$.

Условие отсутствия сферической аберрации задается выражением :

$$\rho + l - x\cos H_a = 2d + q(1 - \cos H_a) \quad , \tag{1}$$

которое описывает тот факт, что сумма оптических путей от плоскости фронта волны (АА), падающей под углом к горизонту, до фокуса F одинакова. ρ – расстояние от точки пересечения луча с круговым зеркалом до фокуса F, l – расстояние между точками пересечения луча с зеркалами, $x\cos H_a$ – расстояние от плоскости фронта падающей волны до плоского зеркала. Условие синусов Аббе при отсутствии комы:

$$y = \sin\psi \quad . \tag{2}$$

Учитывая геометрические соотношения в фокусирующей системе

$$x = \rho\cos\psi - l\cos 2i\,, \quad \psi = 2i' - 2i\,,$$
$$y = \rho\sin\psi + l\sin 2i\,, \quad \operatorname{tg} i' = \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{d\psi}\,,$$

а также выражения (1, 2) приходим к следующимему дифференциальному уравнению:

$$\frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{d\psi} = \frac{\operatorname{tg}\psi/2 - G}{1 + G\operatorname{tg}\psi/2}\,, \tag{3}$$

где

$$G = \frac{T - \sqrt{T^2 - B^2(1 - \cos^2 H_a)}}{B(1 - \cos H_a)}\,,$$

$$T = 2d + q(1 - \cos H_a) - \rho(1 - \cos\psi\cos H_a) \ , \quad B = (1 + \rho)\sin\psi \quad .$$

Решение этого дифференциального уравнения проводилось численным методом Рунге–Кутта с помощью ЭВМ. Создан комплекс программ, позволяющих рассчитывать параметры фокусирующей системы x, y, ρ, l и i в зависимости от величины эквивалентного фокусного расстояния системы F', размеров плоского зеркала L, угла падения фронта волны

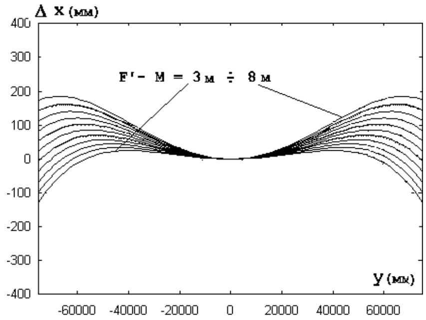

Рис. 3:

H_a. Угол H_a, на который рассчитывалась система, будем называть углом формирования антенны. Приведем выражения для x, i, l :

$$l = \frac{T}{1 + \cos H_a (1 - G^2)/(1 + G^2)}\,, \quad i = \operatorname{arctg} G \tag{4}$$

$$x = \rho \cos \psi - \frac{T}{\cos H_a + (1 + G^2)/(1 - G^2)}\,. \tag{5}$$

На рис.3 показано, как меняется форма плоского отражателя в режиме "радио-Шмидт телескоп"при изменении параметра $(F' - M)$ при $H_a = 0^0$. $\Delta x = x(y) - x(0)$ – изменение продольной координаты плоского зеркала. Кривые, по которым должен выставляться круговой отражатель представляют собой квази-окружности, сплюснутые к краям раскрыва.

При изменении угла H_a от 0^0 до $90°$ форма плоского зеркала подобна приведенным на рис.3 кривым, меняется лишь величина максимального изменения продольной координаты Δx_{max} (от 14 до 29 мм при апертуре 100 м и от 67 до 134 мм при апертуре 150 м).

Форма кругового отражателя с изменением угла H_a практически не меняется и с высокой степенью точности сохраняется зависимость $\rho(\psi)$, полученная при $H_a = 0°$. Последняя в свою очередь совпадает с результатами расчетов формы кругового отражателя, выполненными по формуле в работе [8]:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{\xi}{d} + \frac{d^{1/(d-1)}}{d+q} \frac{(1-\xi)^{d/(d-1)}}{(d-\xi)^{1/(d-1)}}\,, \tag{6}$$

где $\xi = \sin^2(\psi/2)$.

Круговой отражатель радиотелескопа РАТАН-600 состоит из отдельных элементов, которые могут перемещаться в радиальном направлении в пределах $\pm$ 0.5 м от основной окружности радиуса R=288 м; диапазон перемещений элементов по азимуту составляет $\pm 6^\circ$, по углу места - $0^\circ \div 50^\circ$. Элементы плоского зеркала в штатном режиме перемещаются только по углу места ($0^\circ \div 50^\circ$), изменение их положения в продольном (меридианальном) направлении и по азимуту можно осуществить лишь с помощью специальных юстировочных приспособлений и не более чем на 200 мм по продольной координате и на 2° по азимуту.

Основным критерием при расчете было получение таких конфигураций зеркал, при которых выставляется максимальное число элементов плоского и кругового отражателей, т.е. получение антенной системы с максимальной эффективной площадью при наибольшем времени слежения за источником. При фиксированных значениях D, Q и M антенной системы "Юг+Плоский", это можно сделать, варьируя величину эквивалентного параксиального фокуса всей системы F'. Из условия планоидности системы следует, что значения F' не должны сильно отличаться от фокусного расстояния кругового зеркала M.

При расчете конфигураций зеркал методом последовательных приближений находились оптимальные значения параксиального фокуса системы F'_{opt}, такие, при которых продольные смещения элементов плоского зеркала минимальны при заданных значениях L. Расчеты показали, что максимальный горизонтальный размер плоского зеркала, при котором его элементы не выходят за допустимые границы, составляет 150 м $\div$ 170 м ($2\varphi_\circ = 30^\circ \div 34^\circ$). Максимальный раскрыв кругового отражателя – $2\varphi_r = 40^\circ$. ($2\varphi_\circ$ и $2\varphi_r$ – углы, под которыми видны раскрывы соответственно плоского и кругового отражателей из центра антенны).

Были рассчитаны также конфигурации зеркал при изменении положения облучателя между вершинами плоского и кругового отражателей. Расстояние между зеркалами не менялось. Расчеты показали, что величина максимального смещения элементов плоского зеркала по продольной координате уменьшается по мере приближения облучателя к плоскому зеркалу и достигает своего наименьшего значения при M = 184 м, величина же максимальных радиальных смещений элементов кругового отражателя минимамальна при M = 144 м. Из этого следует, что, помещая облучатель вблизи плоского зеркала на радиальном рельсовом пути, мы получим максимальную горизонтальную апертуру антенны (около 200 м), возможность же сопровождения источников при этом будет

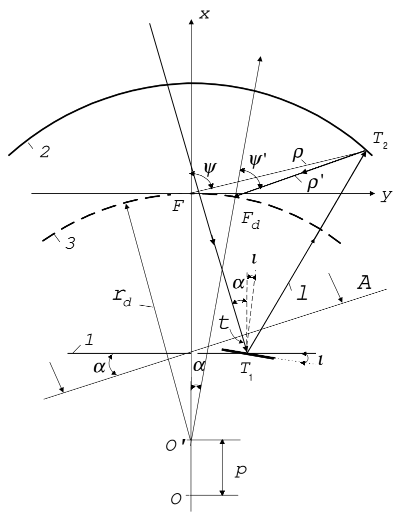

Рис. 4:

ограничена. Однако такой способ наблюдений может быть эффективен в режиме обзора неба с использованием вращения Земли, а также при установке в фокальной линии облучателя многоэлементной антенной решетки. Для достижения наибольшего времени слежения за источником облучатель должен перемещаться по дуговому пути с радиусом 144 м.

3 Расчет фазового распределения поля и ДН радиотелескопа при наблюдениях в азимутах при $H_a \neq H_i$

В дальнейшем будем полагать, что поверхности зеркал составлены из бесконечного числа элементов, горизонтальные размеры которых стремятся к нулю. Элементы плоского и кругового отражателей устанавливаются по кривым, заданным выражениями (2, 3, 5). Последние были выведены для случая, когда плоская волна падает на плоское зеркало под углом H_a к горизонту и составляет с осью антенной системы азимутальный угол $\alpha = 0°$ (прохождение источника через меридиан). Рассчитаем фазовое распределение поля в раскрыве антенны, когда высота наблюдаемого источника $H_i \neq H_a$, а азимут $\alpha \neq 0°$.

Элементы кругового отражателя выставляются строго вертикально и образуют квази-круговой цилиндр с вертикальной образующей, элементы плоского зеркала наклонены относительно горизонта на угол $H_u/2$. В случае, когда азимут источника не равен нулю, углы H_u и H_i связаны соотношением:

$$\operatorname{tg} H_u = \frac{\operatorname{tg} H_i}{\cos\alpha} \quad . \tag{7}$$

Облучатель смещен по дуговому пути от оси системы и положение нового фокуса F_d в полярной системе координат, центр которой O' располагается на оси системы на расстоянии p от центра круга O, задается координатами (r_d, α) (рис.4). Сумма оптических путей S от фокуса F_d до плоскости AA, перпендикулярной фронту волны, падающей под углом H_i к горизонту, равна:

$$S = t_h + l + \rho' \,, \tag{8}$$

где t_h – расстояние от плоскости , проходящей через вершину плоского зеркала, до точки T_1 на плоском зеркале, l – расстояние между точками T_1 и T_2 на поверхности плоского и кругового отражателей, ρ' – расстояние от точки T_2 на поверхности кругового отражателя до фокуса F_d или радиус-вектор точки T_2 в полярной системе координат (ρ', ψ'). Прямой A на рис.4 показана линия пересечения плоскости AA с горизонтальной плоскостью.

Рассчитаем фазовое распределение поля на апертуре, выраженное в линейной мере, $\Delta S(\psi') = S(\psi')$ - $S(0)$.

$$t_h = t\cos H_i = (y_1 \sin\alpha - x_1\cos\alpha)\cos H_i \,. \tag{9}$$

Координаты x_1, y_1 плоского зеркала и угол i между касательной к кривой в точке T_1 и осью y рассчитывались по формулам (2, 4, 5) для угла формирования антенны H_a .

l описывается уравнением прямой, проходящей через точку T_1 с координатами (x_1, y_1) и углом наклона $(\alpha_0 - i)$ к оси y:

$$y_1 - y = (x_1 - x)\operatorname{tg}(\alpha_0 - i) \,, \tag{10}$$

где α_0 – азимутальный угол отраженного луча при $i = 0$.

$$\sin\alpha_0 = \sin(\alpha - i)\cos H_i \,. \tag{11}$$

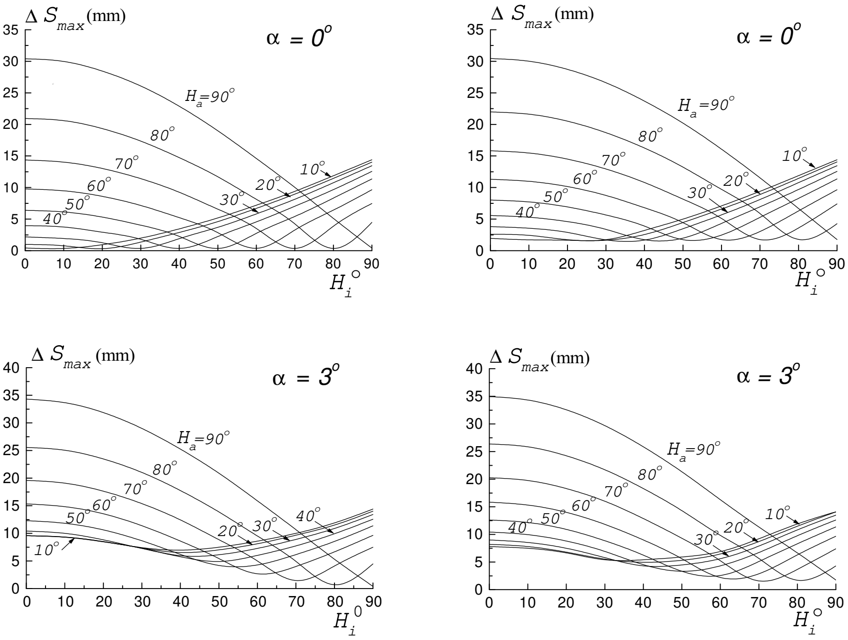

Рис. 5:

Для нахождения координаты точки T_2, в которой луч пересекает круговой отражатель, и величины l численными методами решалось трансцендентное уравнение относительно угла ψ:

$$y_1 - \rho \sin \psi = (x_1 - \rho \cos \psi) \operatorname{tg}(\alpha_0 - i) \quad . \tag{12}$$

При решении этого уравнения для ρ использовалось выражение (6), полученное при $H_a = 0^\circ$, поскольку, как уже отмечалось выше, $\rho(\psi)$ не зависит от H_a.

Зная положение точки T_2 в системе координат (ρ, ψ) и положение фокуса F_d на дуге – (r_d, α), путем несложных преобразований находился радиус - вектор точки T_2 в системе координат (ρ', ψ').

Расчеты проводились для двух случаев. В первом, при формировании поверхности плоского зеркала его элементы выставляются строго по кривым, описанным выражениями (2, 4, 5). В этом случае элементы плоского зеркала смещаются по продольной координате и разворачиваются по азимуту. Назовем этот режим "точный радио-Шмидт".

Второй случай, названный "приближенным радио-Шмидтом", предполагает смещение элементов плоского зеркала только по продольной

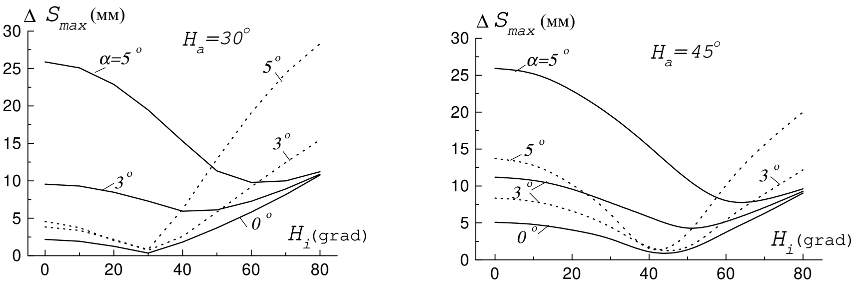

Рис. 6:

координате, угол разворота элементов по азимуту равен нулю. Аналогичным образом осуществляется "шмидтовская"коррекция на радиотелескопе в Нансе.

На рис.5 показаны результаты расчетов фазы поля в апертуре антенны для режимов "точный"(a) и "приближенный"(b) "радио-Шмидт телескоп"при L=100 м, $\alpha = 0°, 3°$ и различных H_a. По оси ординат отложены значения максимального набега фазы на апертуре ΔS_{max} в мм, по оси абсцисс – угол наблюдения источника H_i. Линейная составляющая фазы предварительно вычиталась, поскольку она не приводит к искажению ДН, а только к ее развороту. Таким образом по этим кривым можно оценить, какова будет максимальная фазовая ошибка при наблюдениях источника с высотой H_i, когда антенна сформирована на угол $H_a \neq H_i$. Из рассмотрения семейств кривых, представленных на рис.5 можно сделать следующие выводы.

Как и следовало ожидать, синфазное распределение поля в раскрыве антенны ($\Delta S = 0$) (или близкое к синфазному - в случае "приближенного радио-Шмидта") реализуется при наблюдении источников, высота которых равна углу формирования антенны и $\alpha = 0°$, а также при азимутальных углах, отличных от нуля, для $H_i \cong H_a \geq 70°$. Для антенной системы, расчитанной на низкие и средние углы, максимальная фазовая ошибка увеличивается с увеличением азимутального угла.

В диапазоне H_a от $0°$ до $20°$ зависимости $\Delta S_{max}(H_i)$ отличаются незначительно, так что с антенной, рассчитанной на угол $H_a = 0°$, возможно наблюдение источников, высота которых не превышает $20°$.

Расчет зависимостей $\Delta S_{max}(H_i)$ для $L = 150$ м показал, что характер их сохраняется с изменением размеров апертуры, меняется лишь абсо-

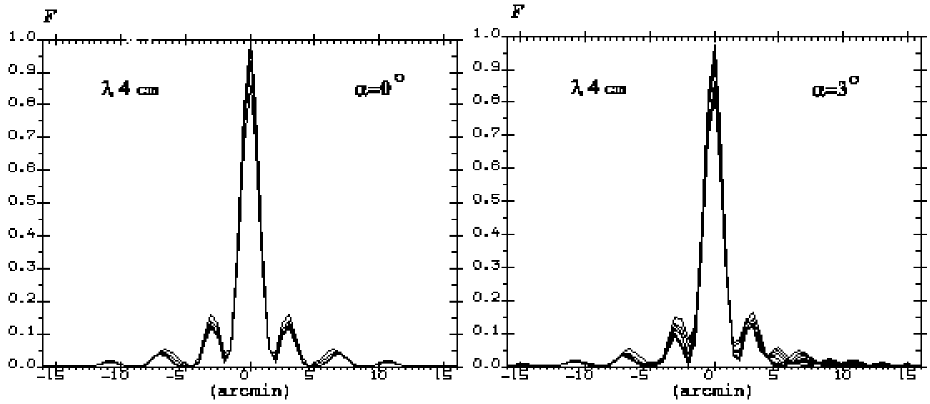

Рис. 7:

лютное значение максимального набега фазы на апертуре.

И, наконец, в режиме "приближенный радио-Шмидт"при азимутальных углах $3^\circ \div 5^\circ$ и укороченной апертуре ($L = 100$ м) максимальные фазовые ошибки меньше или равны ΔS_{max} в режиме "точный радио-Шмидт". Такое же утверждение можно сделать и для апертуры 150 м для углов H_a, не выше 60°. Поэтому далее при расчете ДН радиотелескопа основное внимание будет уделено режиму "приближенный радио-Шмидт".

Более детальные исследования показали, что уменьшить фазовые ошибки, обусловленные комой, при $\alpha > 0^\circ$ можно, изменяя конфигурацию рельсового пути, по которому движется облучатель. Были расчитаны оптимальные радиусы кривизны дуги рельсового пути для фиксированных значений азимутального угла α. На рис.6 приведены зависимости максимального набега фазы при оптимальной кривизне дуги для углов формирования антенны $H_a = 30^\circ$ и 45° в режиме "точный радио-Шмидт телескоп". Сплошной линией показаны зависимости $\Delta S_{max}(H_i)$ для реального дугового пути, пунктирной - для дугового пути с оптимальной кривизной. Горизонтальный размер апертуры $L = 100$ м.

Из приведенных зависимостей видно, что при наблюдении источников, высота которых $H_i = H_a$, и использовании дугового рельсового пути оптимальной кривизны, распределение поля в апертуре будет практически синфазно в диапазоне азимутальных углов от -5° до 5°, что соответствует примерно часовому сопровождению источника с неискаженной ДН антенны. При наблюдениях источников с высотами $H_i \neq H_a$, синфазность нарушается. Кроме того, для каждого угла формирования антенны существует своя оптимальная дуга рельсового пути, так что полностью избавиться от фазовых искажений на всех высотах не удается, но снижение величины ΔS_{max} в некотором диапазоне H_i происходит и весьма существенное.

Рассчитанные таким образом распределения фазы поля в апертуре использовались для расчета диаграммы направленности радиотелескопа. ДН расчитывались по стандартной программе, учитывающей все особенности геометрии антенной системы РАТАН-600, исходя из ДН первичного облучателя (рупора) [9]. Расчеты проводились для существующего дугового рельсового пути.

Примеры ДН РАТАН-600 в режиме "приближенный радио-Шмидт телескоп"на волне 4 см, при наблюдении источников с высотами $H_i = 10°$, $20°$, $30°$, $40°$, $50°$, $60°$, $70°$ и $\alpha = 0°$, $3°$ даны на рис.7. Угол формирования антенны $H_a = 30°$, горизонтальный размер апертуры $L = 100$ м. Как видим, форма ДН мало меняется как с изменением высоты наблюдаемого источника, так и с изменением азимутального угла в диапазоне $\alpha = 0° \div 3°$

Более полную картину дают зависимости максимума ДН радиотелескопа от высоты наблюдаемого источника H_i, рассчитанные для ряда длин волн. Зависимости эти приведены на рис.8. Расчеты проводились на волнах 1 см, 2 см 4 см, 8 см при горизонтальной апертуре антенны 100 м для трех значений угла формирования антенны $H_a = 0°$, $30°$, $45°$. Кривыми (1, 2, 3) показаны зависимости в режиме "приближенный радио-Шмидт телескоп", (4) – "точный радио-Шмидт телескоп"при $H_a = 30°$.

Анализ полученных зависимостей позволяет утверждать, что с помощью антенной системы "Юг+Плоский"можно построить фокусирующую систему, так называемый "радио-Шмидт телескоп", который позволит осуществлять длительное сопровождение источника - от получаса ($\alpha \cong -3° \div 3°$) до часа ($\alpha \cong -5° \div 5°$) - без существенных искажений ДН в широком диапазоне длин волн и высот наблюдаемого источника.

При существующем дуговом рельсовом пути режим "приближенный радио-Шмидт"является более универсальным, чем режим "точный радио-Шмидт", к тому же он проще в реализации.

Режим "точный радио-Шмидт телескоп"имеет преимущество на коротких волнах ($\lambda \cong 1$ см при $L = 100$ м, $\lambda \cong 2$ см при $L = 150$ м), а также при наблюдениях в азимутах, близких к нулевым. Если придать оптимальную кривизну рельсовому пути, по которому движется облучатель, то предпочтительней окажется режим "точный радио-Шмидт", поскольку в этом режиме на одной из высот мы будем иметь практически неискаженную ДН при длительном сопровождении источника и существенное уменьшение искажений в некотором диапазоне высот наблюдаемого источника.

Что касается выбора угла формирования антенны, наиболее оптимальным нам представляется диапазон углов H_a от $0°$ до $30°$. При таких углах диапазон высот, в котором можно наблюдать источники с сопровождением при допустимых потерях (за критерий можно взять 20-30% от максимума ДН по мощности), максимален. Однако окончательный выбор можно сделать, исходя из конкретной астрофизической задачи.

Расчеты показали, что более коротковолновым является режим с укороченной апертурой ($L = 100$ м). Режим с апертурой 150 м даст большую эффективную площадь, но использовать его можно на волнах, не короче 4 см при существующем дуговом рельсовом пути.

Для задач, не требующих длительного сопровождения источника, а лишь накопления сигнала на одном склонении можно использовать режим "точный радио-Шмидт"с апертурой антенны до 170 - 200 м, расчитанный на заданную высоту $H_a = H_i$. Широкое поле зрения достигается за счет помещения на фокальной линии облучателя многоэлементной антенной решетки [10].

4 Заключение.

В результате проведенных исследований выведены формулы и создан комплекс программ для рассчета поверхностей плоского и кругового отражателей радиотелескопа РАТАН-600 в режиме двухзеркальной апланатической системы, так называемый "радио-Шмидт телескоп".

Расчитаны фазовые распределения поля на апертуре и ДН радиотелескопа в режимах "точный"и "приближенный"радио-Шмидт телескоп. Проведена оптимизация основных параметров фокусирующей системы радиотелескопа в этом режиме.

Расчеты, проведенные в широком диапазоне углов и длин волн, поз-

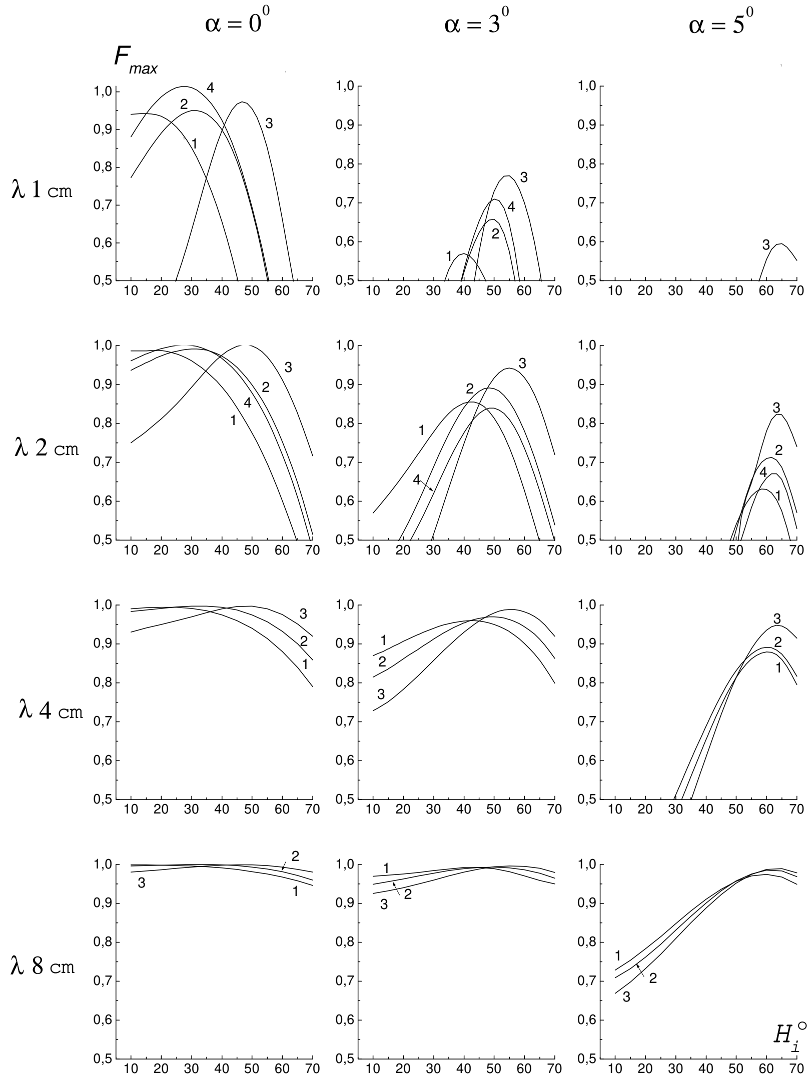

Рис. 8:

волили получить материал, на базе которого можно выбрать тот или иной режим "радио-Шмидта"в зависимости от поставленной астрофизической задачи.

Было показано, что в режиме "приближенный радио-Шмидт телескоп"при существующем дуговом пути возможно длительное сопровождение источников (порядка 1 часа) на волнах, длиннее 2 см, с апертурой антенны 100 м и на волнах, длиннее 4 см, с апертурой 150 м. При оптимизации радиуса кривизны рельсового пути, по которому перемещается облучатель, можно будет проводить длительные наблюдения с минимальными искажениями ДН на волнах, вплоть до 1 см.

Список литературы

[1] Хайкин С.Э., Кайдановский Н.Л., Парийский Ю.Н., Есепкина Н.А. //Изв. ГАО, 1972, №188, С.3.

[2] Мингалиев М.Г., Петров З.Е., Филипенко В.И., Черков Л.Н. //Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1976, №19, С.76.

[3] Голубчина О.А. //Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1986, №21, С.75.

[4] Шиврис О.Н. //Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1980, №12, С.134.

[5] Arsac J. Report interne, Radioastronomie. - Obs. de Meudon, 1960.

[6] Biraud F. Jhese de doctorat d'etat es sciences. - Nancay, 1969.

[7] Amateur telescope making advanced. - Munn and co.inc., 1946, P.401.

[8] Попов Г.М., Попова М.Б. //Изв.КрАО, 1976, №54, С.272.

[9] Коржавин А.Н. //Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1979, №11, С.170.

[10] KHaikin V.B., Majorova E.K., Shifman R.G., Parnes M.P., Pobtov V.A., Guzevich V.O. MMIC Solution for Multi-pixel Reception in RATAN-600 Aberrationless Focal Zone. - Proceedings of 2-nd ESA Workshop on Millimetre Wave Technology and Applications, Espoo, Finland, 1998.