

**В.Б. Хайкин¹, М.К. Лебедев¹, Н.А. Попенко²,
Р.Е. Чернобровкин²**

¹ Специальная астрофизическая обсерватория РАН

² Институт радиофизики и электроники им. А.Я.Усикова НАН, Украина

Решетка гладкостенных сплайно-профильных рупоров 4x4 для многолучевого режима работы радиотелескопа РАТАН-600

В работе представлена решетка 4x4 для многолучевого режима работы работающая в частот 34-38ГГц (8мм диапазон длин волн). Измеренная ширина диаграммы направленности одиночного рупора на уровень -10дБ равна 45°/44° в Н- и Е- плоскостях и максимальный уровень коэффициента усиления 18дБ, уровень боковых лепестков ДН -18 дБ. Представлены результаты моделирования осевых и внеосевых ДН радиотелескопа РАТАН-600, многолучевой ДН 4x4. Начаты испытания решетки ГСПР в фокусе третичного зеркала с тестовым приемником 8 мм диапазона.

Ключевые слова: гладкостенный рупор, сплайн профиль, радиотелескоп РАТАН-600, многолучевая нефазированная фокальная решетка

ВВЕДЕНИЕ

Многолучевой режим работы с третичным зеркалом предложен для расширения поля зрения и изображения радиотелескопа РАТАН-600, уменьшения внеосевых aberrаций [1,2]. Расширение поля зрения необходимо для выполнения глубоких широкоугольных обзоров на РАТАН-600, включая фоновые, и наблюдения быстропеременных протяженных объектов (Солнце) в режиме прохождения, сопровождения и сканирования. Режим работы с третичным зеркалом на РАТАН-600 наиболее эффективен в ММ диапазоне волн, где размеры третичного зеркала не превышают 50 см в диаметре, и может достигаться двумерность изображения с числом пикселей 5x5/15x15 на волнах 8мм/3мм. В настоящее время третичное зеркало рассчитано, изготовлено и установлено на облучателе тип 3 РАТАН-600.

Расширение поля изображения или фокального поля в режиме работы с третичным зеркалом позволяет эффективно применять матричные средства приема и оптимизировать волноводные облучатели в составе решетки. Для многолучевого режима работы с третичным зеркалом разработаны и оптимизированы гладкостенные сплайно-профильные рупора (ГСПР) в составе решетки [3]. Высокая апертурная эффективность (более 95%) гладкостенных сплайно-профильных рупоров и возможность оптимизации поперечного сечения и профиля позволяют добиться максимально плотной упаковки решетки и приемлемого качества характеристик радиотелескопа. В настоящей работе приводятся характеристики решетки ГСПР и радиотелескопа РАТАН-600 с такой решеткой в фокусе третичного зеркала.

РЕШЕТКА ГЛАДКОСТЕННЫХ СПЛАЙНО-ПРОФИЛЬНЫХ РУПОРОВ

С учетом опыта разработки и применения ГСПР в качестве одиночного рупора на РАТАН-600 [4] было предложено его модифицировать и применить в составе решетке облучателей для создания многолучевой нефазированной фокальной решетки

в диапазоне 34-38 ГГц [3]. Требования к рупору такой решетки можно сформулировать следующим образом. Максимальный диаметр апертуры равняется 20 мм, ширина луча на уровне -10дБ составляет 43°, уровень кросс-поляризации излучения меньше чем -25дБ. С такими параметрами, достижимая полоса частот эффективного ГСПР находится в пределах 34-38ГГц с уровнем боковых лепестков ниже -18дБ, коэффициент обратных потерь лучше чем -17дБ, и взаимная связь между смежными рупорами в составе антенной решетки не хуже -38дБ.

Конструктивно рупор состоит из короткого прямоугольного волновода, плавного перехода от круглого к прямоугольному волноводу, преобразующего TE_{01} моду прямоугольного волновода в TE_{11} моду круглого волновода (длина составляет 12мм), и оптимизированного гладкостенного сплайн-профильного рупора. Максимальное усиление рупора 18дБ достигается на частоте 38ГГц (рис. 1а). Параметр S_{11} , диаграммы направленности в обеих главных плоскостях и коэффициент усиления рупора вычислялись в полосе частот 30 - 38ГГц. Учитывая тот факт, что измеренный коэффициент обратных потерь практически один и тот же для всех 16-ти рупоров, мы приводим на рисунке 1б параметр S_{11} одного из них. Некоторое несоответствие расчетных и экспериментальных значений могут быть обусловлены малыми размерными отклонениями экспериментальных макетов, допущенными в процессе их изготовления. Коэффициент взаимной связи двух соседних рупоров не превосходит -40дБ при среднем значении около -47дБ (рис. 2).

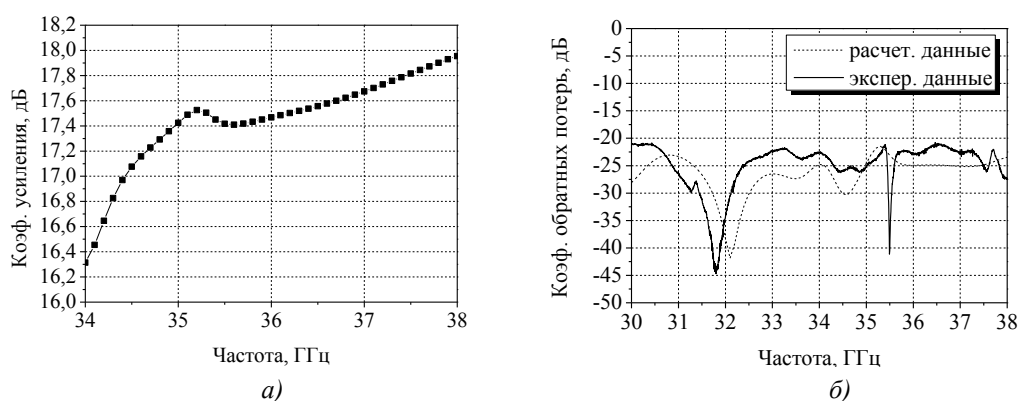


Рис 1. Расчетный коэффициент усиление рупора (а), расчетный и измеренный коэффициент обратных потерь рупора (б)

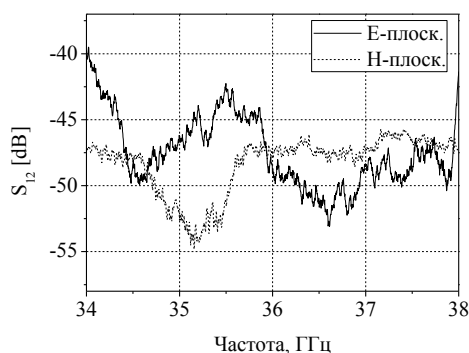


Рис 2. Измеренный коэффициент взаимной связи двух рупоров для случаев соседнего расположения в Е- и в Н-плоскостях.

ДН измерялись на частотах 36 ГГц и 38 ГГц. Рисунок 3 иллюстрирует экспериментальные диаграммы направленности в E - и H - плоскостях. Уровень боковых лепестков не превышает -18дБ в H - и E -плоскостях во всей полосе частот. В отличие от расчетных значений, измеренные ширины лучей в E - и H - плоскостях отличаются, начиная с уровня -20дБ. При этом максимальное несоответствие в ширинах лучей всех изготовленных рупоров (16 штук) не превышает 5° по уровню -10дБ.

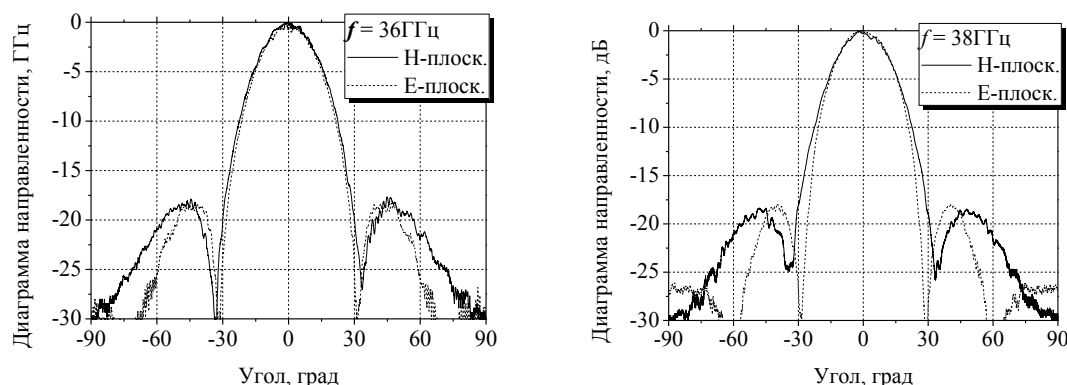


Рис. 3. Измеренные диаграммы направленности ГСПР в H - и E -плоскостях

ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОТЕЛЕСКОПА РАТАН-600 С РЕШЕТКОЙ РУПОРОВ В ТРЕТИЧНОМ ФОКУСЕ

Для расчета характеристик радиотелескопа РАТАН-600 с третичным зеркалом была разработана дифракционно-оптическая модель РАТАН-600 [5]. На рис.5-6 приведены результаты расчета осевых и внеосевых диаграмм направленности РАТАН-600 на волне 8 мм в режиме работы с третичным зеркалом (модифицированная антенная система - АС). На рис 4 приведена модельная многолучевая диаграмма направленности РАТАН-600 с решеткой 4x4. В качестве характеристик облучателей в третичном фокусе использованы характеристики ГСПР.

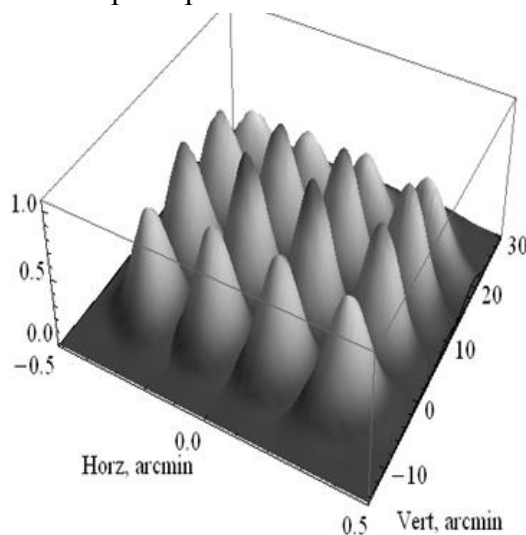


Рис. 4. Многолучевая ДН РАТАН-600 с фокальной решеткой 4x4 в третичном фокусе

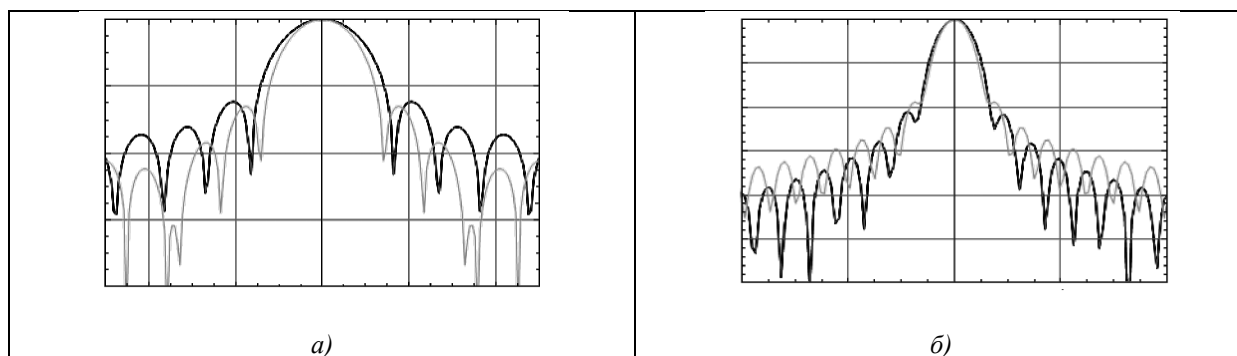


Рис. 5. Осевые ДН: а) - горизонтальные; б) - вертикальные. Более темный график - ДН модифицированной АС, более светлый - ДН АС при работе в штатном режиме. По горизонтальной оси угол в минутах дуги.

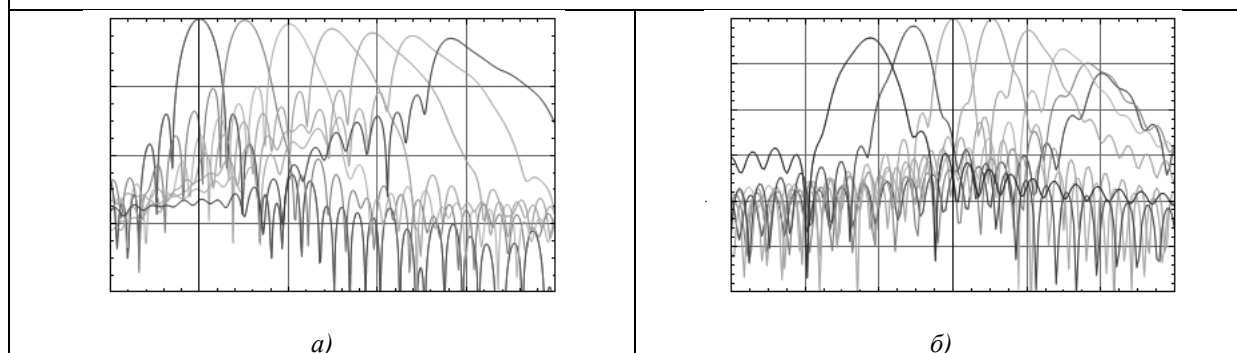
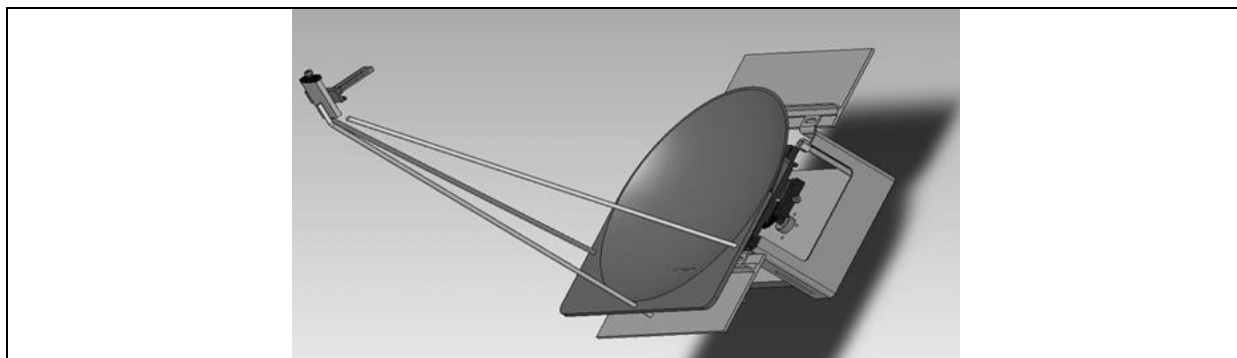


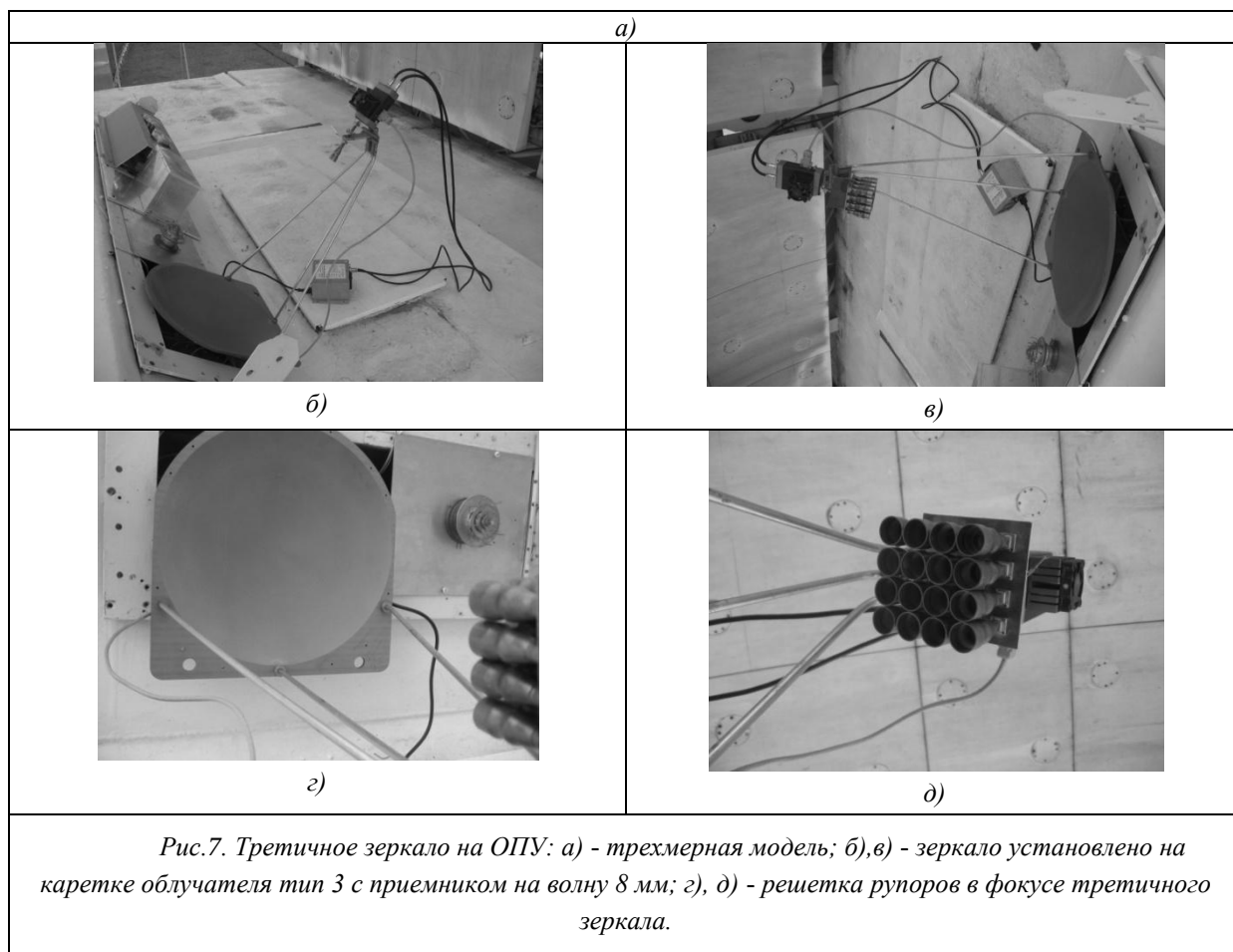
Рис. 6. Внеосевые ДН модифицированной АС: а) - горизонтальные; б) - вертикальные. Выносы из фокуса АС через 24 мм (3λ). По горизонтальной оси угол в минутах дуги.

ИСПЫТАНИЯ РЕШЕТКИ ГСПР НА РАДИОТЕЛЕСКОПЕ РАТАН-600

Третичное зеркало с одиночным ГСПР и решеткой ГСПР показано на рис.7.

В настоящее время на РАТАН-600 выполнена геодезическая юстировка третичного зеркала и ведутся испытания решетки ГСПР в фокусе третичного зеркала с тестовым приемником 8 мм диапазона. Задача испытаний решетки и измерения с ней характеристик радиотелескопа традиционным радиотехническим методом осложняется трудностями использования автоколлимационного режима (режима самофокусировки радиотелескопа) с третичным зеркалом, поскольку нет возможности разместить источник сигнала вблизи каждого рупора плотно упакованной решетки. Задача измерения характеристик радиотелескопа с решеткой по космическим источникам требует очень тщательной подготовки наблюдений с учетом короткой длины волны.





Библиографический список

1. Хайкин В.Б. О возможности расширить поле зрения радиотелескопа РАТАН-600 в обзорных задачах с помощью третичного зеркала // тезисы конференции «Сахаровские осцилляции и СМВ проблемы», 15-19 октября 2007, САО РАН, пос.Нижний Архыз.
2. Лебедев М.К., Хайкин В.Б., Богод В.М. Моделирование режима работы антенной системы «ЮГ+ПЛОСКИЙ» РАТАН-600 с корректирующим зеркалом // тезисы конференции «Повышение эффективности и модернизация радиотелескопов», 22-26 сентября 2008, САО РАН, пос.Нижний Архыз.
3. Characteristics of smooth-walled spline-profile horns for tightly packed feed-array of RATAN-600 / Popenko N., Chernobrovkin R., Ivanchenko I., Granet C., Khaikin V. // In Proceed. of MEMSWAVE-2011, Athens, Grece, June 2011.
4. Spline-profile horn for array applications in radio astronomy / Chernobrovkin R., Popenko N., Khaikin V., Granet C. // Radio Physics and Radio Astronomy. 2009, Vol. 14, No. 3, pp 314-320.
5. Лебедев М.К., Хайкин В.Б., Богод В.М. Характеристики радиотелескопа РАТАН-600 в режиме работы с третичным зеркалом на волне 8 мм // тезисы конф. ВРК-2011, СПб, с.24-25, сентябрь 2011.