

МИНИМАЛЬНО-ФАЗОВОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
РАДИОЯРКОСТИ ПО СИГНАЛУ НА ВЫХОДЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА  
ИНТЕНСИВНОСТЕЙ

А. А. Гальченко, И. Ф. Малов, Л. Ф. Могильницкая,  
В. А. Фролов

УДК 520.874

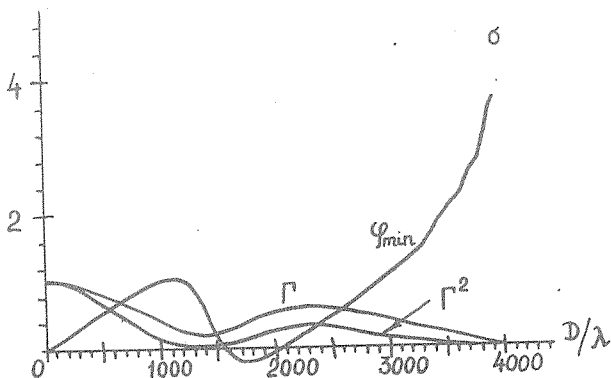
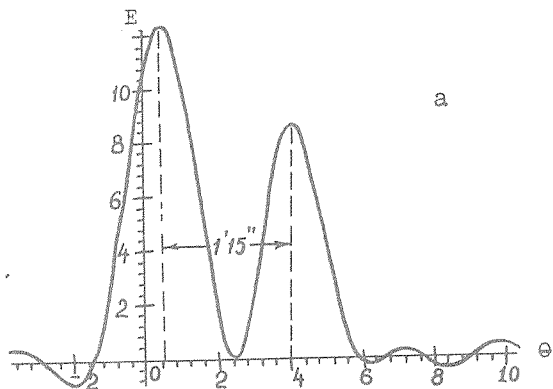
Показано, что минимально-фазовый метод позволяет получить профили источников космического радиоизлучения, согласующиеся с данными радиоастрономических наблюдений.

По способу получения выходного сигнала существующие интерферометры можно разделить на два типа. В первом сведение сигналов от антенн осуществляется по высокой частоте до детектора. Условно можно назвать интерферометр этого типа амплитудным интерферометром (АИ). Известно, что сигнал на выходе АИ пропорционален модулю комплексной функции когерентности  $G(u) = \Gamma(u)e^{i\varphi(u)}$  /I-3/, здесь  $u = 2\pi D/\lambda$  — пространственная частота, соответствующая базе АИ длиной  $D$  и длине волны  $\lambda$ . В интерферометрах второго типа сведение сигналов осуществляется после квадратичного детектора, т.е. используются огибающие сигналов. Такой интерферометр называется интерферометром интенсивностей (ИИ), и его сигнал на выходе пропорционален квадрату модуля  $\Gamma^2(u)$ , а информация о фазе  $\varphi(u)$  теряется /I-3/. Однако, использование аналитических свойств функции  $G(u)$  позволяет в минимально-фазовом приближении определить  $\varphi(u)$  для обоих типов интерферометров с помощью выражения /4-5/:

$$\varphi_{\min}(u) = \frac{2u}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\ln \Gamma(u')}{u'^2} - \frac{\ln \Gamma(u)}{-u^2} du' \quad (I)$$

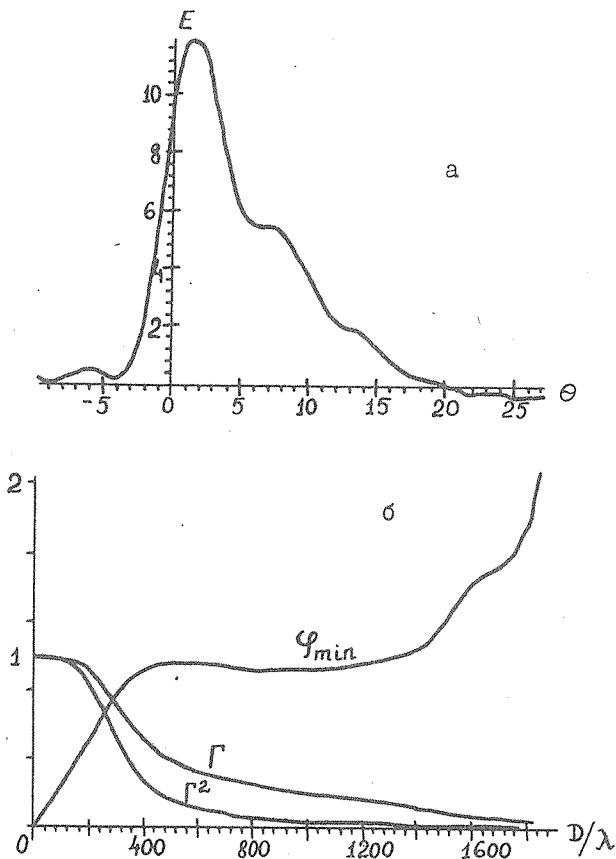
Определив фазу функции  $G(u)$ , можно перейти к восстановлению углового распределения радионрости  $E(\theta)$ :

$$E(\theta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Gamma(u) \exp\{-i[u\theta + \varphi_{\min}(u)]\} du. \quad (2)$$



Р и с. 1. Минимально-фазовое стрип-распределение вдоль главной оси радиосточника. Суг А (позиционный угол Р.А. =  $113^\circ$ ) на частоте 127 МГц (а) и соответствующие значения модуля  $\Gamma(u)$  и фазы  $\varphi_{\min}(u)$  (б). Угол  $\theta$  выражен в единицах  $10^{-4}$  радиан

Исследование минимально-фазового алгоритма восстановления распределения радиояркости дало хорошие результаты как для модельных, так и для реальных распределений  $E(\theta)$ , полученных из измерений  $\Gamma(u)$  на амплитудных интерферометрах /5-6/. Целью настоящей работы является исследование возможности применения выражений (1) и (2) к обработке данных, получаемых с помощью интерферометров интенсивностей.



Р и с. 2. Минимально-фазовое стрип-распределение для радиоисточника Cas A (P.A. =  $113^{\circ}$ ) на частоте 127 МГц

Искалось распределение радиояркости космических источников Лебедь-А (Cyg A) и Кассиопея-А (Cas A). Данные о квадрате модуля  $I^2(u)$  для них были взяты из работы /7/. На рис. 1 и 2 приведены результаты расчетов. Восстановленные распределения  $e(\theta)$ , представленные на рис. 1, не противоречат современным данным о профилях исследуемых источников /8,9/.

В /7/ была предложена модель Cyg A в виде двух компонентов одинаковой интенсивности. Восстановление минимально-фазовым методом (рис. 1а) дает два компонента с разной интенсивностью. К такому же результату приводят и измерения радиояркости на частотах 1,4 – 9 ГГц /8/: второй компонент на всех частотах оказывается слабее. Кроме того, как показывает рис. 2 работы /8/, расстояние между компонентами уменьшается с уменьшением частоты. В минимально-фазовом распределении (рис. 1а) разделение компонентов также несколько меньше, чем в модели, предложенной в /7/.

Что касается Cas A, то для нее в /7/ использована симметричная однокомпонентная модель. Однако измерение радиояркости /9/ показывает сложную структуру источника. При этом можно ожидать, что стрип-распределение будет сильно зависеть от позиционного угла. К сожалению, нет данных о распределении радиояркости по Cas A на низких частотах. Поэтому мы не можем сравнить минимально-фазовый профиль (рис. 2а) с наблюдениями. Тем не менее, на наш взгляд, это профиль ближе к распределению на высоких частотах, чем симметричный модельный профиль работы /8/.

Проведенные исследования приводят к общему выводу о том, что в случае использования интерферометра интенсивностей минимально-фазовый алгоритм позволяет определить "утерянную" фазу функции  $G(u)$  и использовать ее для восстановления энергетических стрип-распределений по источникам излучения.

Поступила в редакцию  
25 сентября 1981 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. В. И. Слыш, УФН, 87, 471 (1965).
2. Н. А. Есепкина, Д. В. Корольков, Ю. Н. Парийский, Радиотелескопы и радиометры, М., "Наука", 1973 г.

3. Э. Вольф, Л. Мандель, УФН, 37, 491 (1965); 38, 619 (1966).
4. В. А. Фролов, Ю. В. Волгин, Тезисы докладов VII Всесоюзной конференции по радиоастрономии, Пуцзино, 1975 г., с. 163.
5. И. Г. Косарев, И. Ф. Малов, В. А. Фролов, Препринт ФИАН № 90, 1980 г.
6. А. А. Гальченко, И. Ф. Малов, Л. Ф. Мотильницкая, В. А. Фролов, Краткие сообщения по физике ФИАН № 2, 8 (1982).
7. R. S. Jennison, M. K. Das Gupta, Phil. Mag., 1 (Ser. 8), 55 (1956).
8. K. E. W. Yip, G. A. Seielstad, Ap. J., 177, 291 (1972).
9. I. Rosenberg, M. N. R. A. S., 147, 215 (1970).