

КОРРЕКЦИЯ АБЕРРАЦИЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ С КРУГОВОЙ СИММЕТРИЕЙ С ПОМОЩЬЮ ВТОРИЧНОГО ЗЕРКАЛА И ЛИНЕЙНОЙ СИНФАЗНОЙ РЕШЕТКИ

Н. Л. Кайдановский

Применение первичного облучателя — линейной синфазной решетки — позволяет существенно упростить форму корректирующего вторичного зеркала и технологию его изготовления.

The use of the primary feed, the linear cophased array, allows to simplify essentially the shape of the correcting secondary mirror and the manufacturing process.

В одном из режимов сопровождения источников на радиотелескопе РАТАН-600 предусматривалась установка отражающих элементов главного зеркала по поверхности кругового цилиндра с вертикальной образующей [1].

Для коррекции aberrаций зеркальных антенн с круговой симметрией с целью увеличения их действующей апертуры были предложены:

а) корректирующее вторичное зеркало специальной формы [2];

б) фазуемая линейная антенная решетка (ФАР) или специальная сегментная антенна, устанавливаемая на фокальной прямой вторичного зеркала — параболического цилиндра с горизонтальной образующей [3].

Сложность формы корректирующего зеркала двойной кривизны [2] и связанные с этим трудности его изготовления не позволили реализовать это предложение. Применение сегментной антенны как облучателя вторичного зеркала — параболического цилиндра также влечет большие технические трудности ввиду относительно большой ее глубины. Более реальным является использование ФАР [3]. Однако включение корректирующих фазовых задержек в элементах ФАР может ограничить полосу частот и увеличивает поглощение в облучателе.

В связи с этим рассмотрена возможность применения вторичного зеркала, у которого фокальная линия представляет собой эвольвенту от горизонтального сечения каустической поверхности кругового цилиндра. Это вторичное зеркало должно иметь вертикальные сечения, нормальные к фокальной кривой, в виде парабол с постоянным фокусным расстоянием F . Каждая вертикальная полоска такого вторичного зеркала является элементарным сферопараболоидом для лучей, отраженных главным зеркалом, с центром кривизны, лежащим на каустике в точке касания с ней.

Уравнения горизонтального сечения каустической поверхности кругового цилиндра с радиусом $R=1$ относительно начала, совпадающего с параксиальным фокусом, имеют вид:

$$x_{\kappa} = \sin^3 \varphi;$$
$$y_{\kappa} = \cos \varphi (1 - 0.5 \cos 2\varphi) - 0.5,$$

где φ — азимут отражающего элемента кругового цилиндра.

Координаты эвольвенты

Координаты	φ					
	10°	12°	14°	16°	18°	20°
$-x$	$2.557948 \cdot 10^{-3}$	$4.344803 \cdot 10^{-3}$	$6.759197 \cdot 10^{-3}$	$9.850452 \cdot 10^{-3}$	$1.364388 \cdot 10^{-2}$	$1.813849 \cdot 10^{-2}$
y	$6.853969 \cdot 10^{-4}$	$1.411709 \cdot 10^{-3}$	$2.594615 \cdot 10^{-3}$	$4.385279 \cdot 10^{-3}$	$6.951909 \cdot 10^{-3}$	$1.047226 \cdot 10^{-2}$

Длина дуги каустики

$$s = 1.5(1 - \cos \varphi).$$

Уравнение эвольвенты найдем при совместном решении уравнений касательной к каустике

$$y - (x - \sin \varphi) / \operatorname{tg} 2\varphi - \cos \varphi + 0.5 = 0$$

и окружности

$$(x - x_k)^2 - (y - y_k)^2 = s^2 = 2.25(1 - \cos \varphi)^2.$$

Некоторые значения координат эвольвенты помещены в таблице.

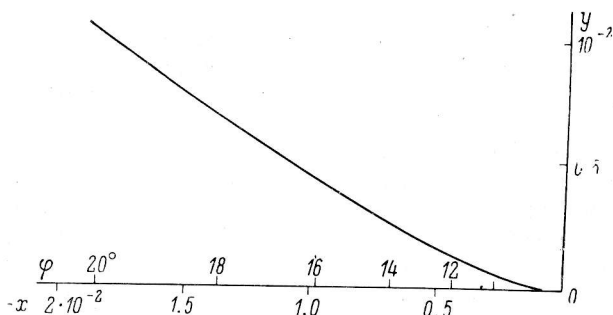


Рис. 1. Вид кривой эвольвенты к каустической поверхности кругового цилиндра с радиусом $R=1$.

Oy — ось симметрии.

Вид кривой эвольвенты представлен на рис. 1.

Разность хода лучей, отраженных от различных точек кругового цилиндра с различными азимутами φ от плоскости фронта до эвольвенты, $\Delta l=0$ (рис. 2), так как длина хода луча

$$l = ab + bc + s + 2F = \cos \varphi - \cos \varphi_m + 0.5 \cos \varphi + 1.5 - 1.5 \cos \varphi + 2F = \\ = 1.5 - \cos \varphi_m + 2F$$

не зависит от азимута φ .

Таким образом, эвольвента является геометрическим местом точек, где лучи, отраженные круговым цилиндром и вторичным зеркалом, имеют одинаковую фазу. Это позволяет применить в качестве первичного облучателя линейную синфазную решетку, изогнутую по кривой — эвольвенте каустики.

Преимущество такого линейного синфазного облучателя перед ФАР вторичного зеркала в виде параболического цилиндра в отсутствии дополнительных фазовых задержек, а также в меньшей (приблизительно на 30%) его длине. Оба эти обстоятельства ведут к уменьшению потерь в облучателе и расширению его полосы частот.

Вторичное зеркало с вертикальными сечениями — параболой с постоянным параметром существенно проще, чем вторичное зеркало, опи-

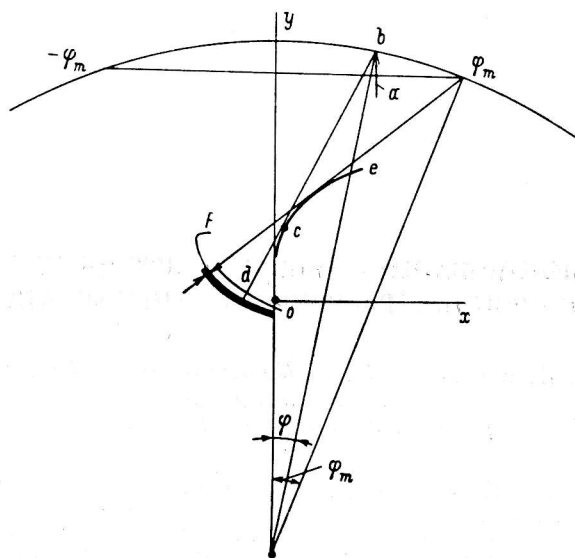


Рис. 2. Ход луча от плоскости фронта волны до фокальной кривой вторичного зеркала l .

φ — азимут отражающего элемента кругового цилиндра oe — каустика; od — эвольвента; $cd=oc=s$ — длина дуги каустики; F — фокусное расстояние вторичного зеркала.

санное в [2], так как оно может быть составлено из одинаковых параболических штангоутов, расставленных нормально к эвольвенте, и заполнено аппроксимирующей поверхностью одной кривизны.

Список литературы

1. Хайкин С. Э., Кайдановский Н. Л., Парицкий Ю. Н., Есепкина Н. А. Радиотелескоп РАТАН-600. — Изв. ГАО, 1972, 188, с. 3—12.
2. Вавилова И. В. К вопросу расчета корректирующего зеркала в двухзеркальных антеннах круговой симметрии. — В кн.: Антенны. Вып. 5. М., «Связь», 1969, с. 72—81.
3. Кайдановский Н. Л. Коррекция aberrаций зеркала с круговой симметрией. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1978, 10, с. 93.