

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОТЕЛЕСКОПА СО СФЕРИЧЕСКИМ РЕФЛЕКТОРОМ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Давыдов И.Д., Семенов Б.В.

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
Екатеринбург, Россия

did112@yandex.ru, b.v.semenov@urfu.ru

Аннотация. Рассмотрены антенны радиотелескопов со сферическим рефлектором. Показана перспективность гибридных зеркальных антенн данного типа. Проанализированы характеристики поля рассматриваемых антенн с целью дальнейшей разработки многоэлементного облучателя.

Ключевые слова: радиотелескоп, сферический рефлектор, облучатель, амплитудное распределение электромагнитного поля.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF BUILDING A RADIO TELESCOPE IN THE MICROWAVE RANGE

Davydov I. D., Semenov B. V.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The antennas of radio telescopes with a spherical reflector are considered. The prospects of hybrid reflector antennas of this type are shown. The characteristics of the field of the antennas under consideration are analyzed in order to further develop a multi-element feed.

Keywords: radio telescope, spherical reflector, feed, amplitude distribution of the electromagnetic field.

1. Введение

Радиооптические телескопы (РОТ) со сферическим рефлектором способны точно управлять лучом для сканирования в угловом диапазоне диаграммы направленности без поворота рефлектора и только за счет поворота

облучателя [1]. Первые такие сооружения появились в СССР (в Армении) и США и в силу разных причин сейчас не функционируют [2]. В настоящее время работает лишь ROT FAST с 500 метровым сферическим рефлектором, принадлежащий Китаю [3].

В связи с этим вопрос построения ROT в РФ является актуальным. Ниже представлено исследование электромагнитного поля (далее – поля) такой антенны для дальнейшего проектирования облучателя – антенной решетки (АР).

2. Анализ поля в области фокусировки рефлектора

Рассматривается макет ROT с рефлектором в форме полусферы радиусом $R = 10$ м, на который падает плоская волна.

Логично поместить облучатель в области концентрации принимаемой мощности, что позволит минимизировать размеры АР и затенение рефлектора. Проведенный анализ лучевой структуры поля сферической антенны показал, что одни лучи отражаются однократно, а другие – многократно (рисунок 1).

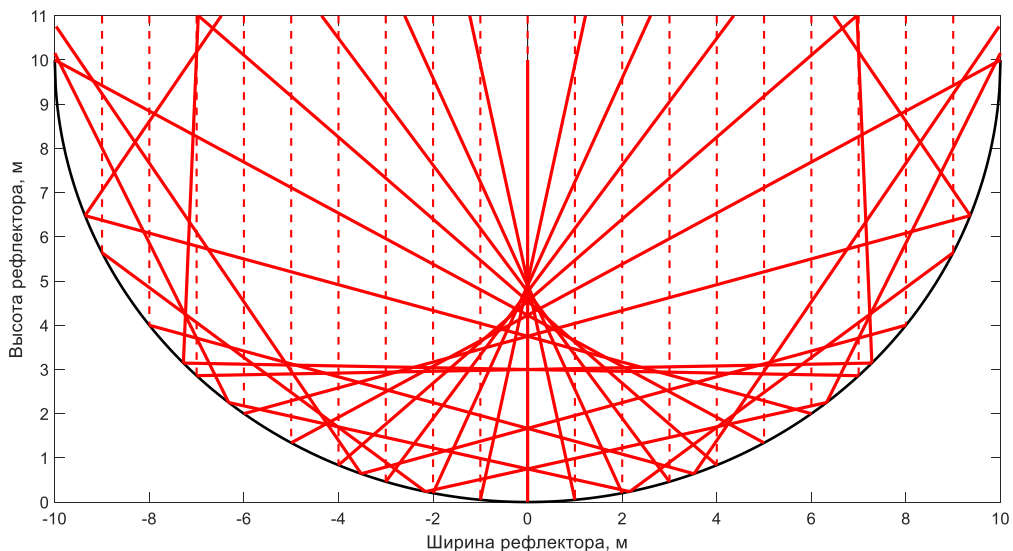


Рисунок 1 – Лучевая структура поля антенны в режиме приема
(- - - падающие лучи, — отраженные лучи)

Однократно отраженные лучи концентрируются в окрестности точки, расположенной на расстоянии $r \approx 0,5R$ от вершины рефлектора.

Для более точного определения местоположения и оптимальных размеров АР далее были проведены расчеты напряженности электрического поля в области фокусировки методом физической оптики [4]. Амплитудное распределение поля рассчитано на частоте 30 ГГц при вариации местоположения АР в области $r = 0,5R$ и при разных диаметрах фокусирующей (активной) поверхности зеркала $D_{\text{вн}}$ от трех до семи метров.

На рисунке 2 показана зависимость ширины пятна амплитудного распределения при удалении плоскости фокусировки на величину r от вершины рефлектора. Диаметры пятна фокусировки определялись по уровню 0,05 и 0,1 нормированного амплитудного распределения поля ($\Delta W_{0,05}$ и $\Delta W_{0,1}$ соответственно). Из чего следует, что минимальный диаметр пятна фокусировки достигается при отношении $r/R = 0,49$.

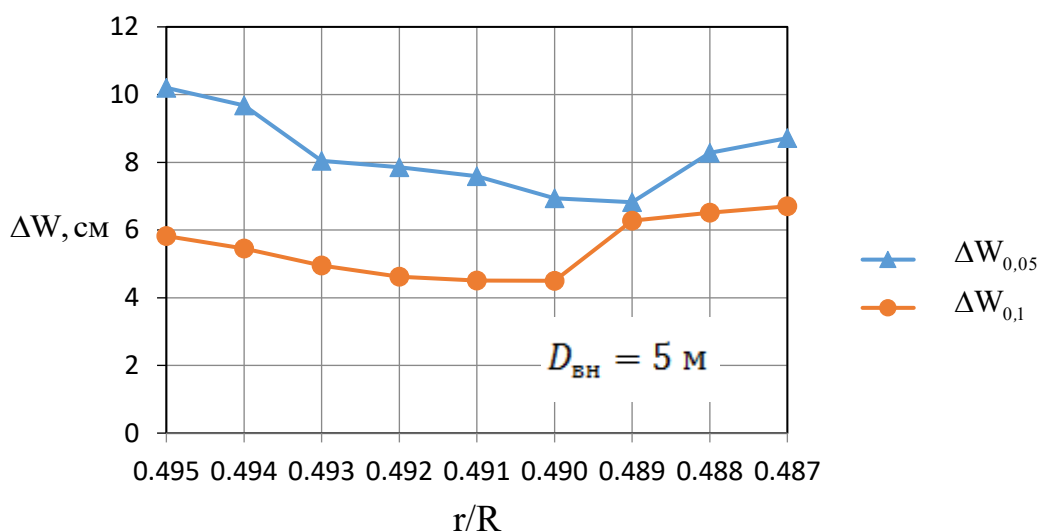


Рисунок 2 – Зависимость ширины пятна от удаления плоскости фокусировки

На рисунке 3 показана зависимость ширины пятна амплитудного распределения при разных диаметрах фокусирующей поверхности зеркала $D_{\text{вн}}$ при удалении плоскости фокусировки на $r = 0,49R$ от вершины рефлектора.

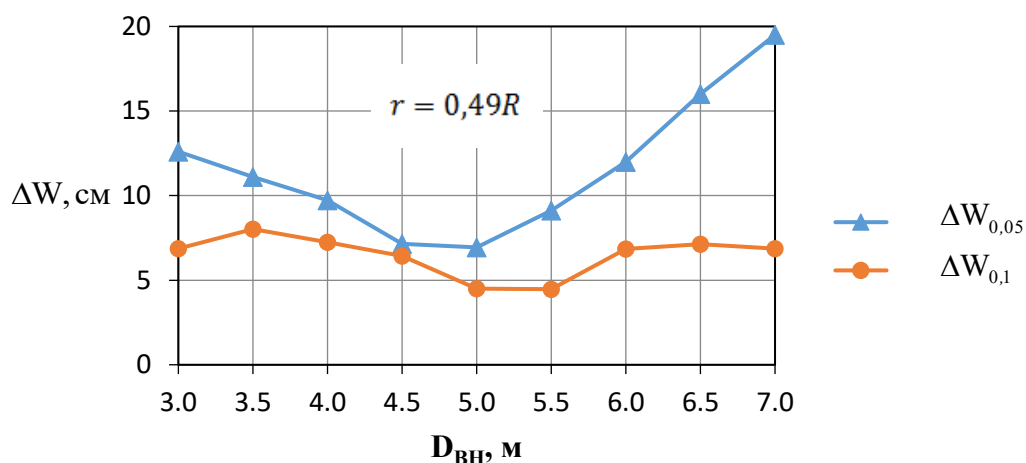


Рисунок 3 – Зависимость ширины фокального пятна поля от используемого диаметра принимающей площади рефлектора

При $D_{\text{вн}} = 5$ м удастся достичь компромисса между достаточной принимаемой мощностью и минимизацией затенения рефлектора.

3. Заключение

Для исследуемой антенны облучатель лучше расположить на удалении $r = 0,49R$ от вершины рефлектора. Активный диаметр составит $D_{\text{вн}} = 5$ м, а диаметр АР 7 см. При этом затенение активной зоны рефлектора не превысит 0,02%. Результаты позволяют перейти к созданию АР облучателя.

Библиографический список

1. Пономарев О. П. Гибридные зеркальные антенны на основе зеркал с круговым профилем для многофункциональных радиолокационных станций / О. П. Пономарев, Н. Н. Смирнов, С. М. Клишин // Научно-технические ведомости СПбГТУ – 2010. – №2 – С. 23 – 30.
2. Крушение легенды: фото и видео разрушения радиотелескопа Arecibo: сайт URL: <https://zelenyikot.com/krusheniye-legendy/> (дата обращения 29.03.2024).
3. Мир Китая: сайт URL: <https://world-china.livejournal.com/87609.html> (дата обращения 29.03.2024).
4. Марков, Г. Т. Антенны / Г. Т. Марков, Д. М. Сазонов. – Москва : Изд-во «Энергия», 1975. – 528 с.