

УДК 621.396.679

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ДВУХЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ
КАССЕГРЕНА С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАЛЫМ ЗЕРКАЛОМ В
САDFEKO**

А.Д. Малько, В.В. Паслён

Донецкий национальный технический университет
Кафедра радиотехники и защиты информации

В статье описан метод электромеханического сканирования с помощью двухзеркальной антенны Кассегрена, создана виртуальная модель антенны в САDFEKO 5.5, приведены результаты исследования изменения коэффициента усиления и диаграммы направленности в зависимости от угла наклона малого зеркала, показана актуальность применения данного способа сканирования.

Двухзеркальные антенны (ДЗА), благодаря высокому коэффициенту использования поверхности антенны, узкой диаграмме направленности (ДН) и меньшей, чем в однозеркальных антеннах, длине фидерных линий, являются одними из наиболее часто используемых антенн в наземных станциях спутниковой связи, радиолокационных и радиорелейных системах. Особенностью ДЗА является возможность изменения формы малого зеркала с целью оптимизированного подбора фазового и амплитудного распределений в раскрыве антенны.

Принцип действия ДЗА основан на преобразовании сферического волнового фронта электромагнитных волн, излучаемых источником, в плоский волновой фронт, что достигается за счет последовательного отражения излучения от малого вспомогательного и основного зеркал. В ДЗА Кассегрена малое зеркало выполнено в форме гиперблоида вращения [1, с. 4-5].

ДЗА получили широкое распространение в качестве сканирующих антенн. Под электромеханическим сканированием понимается управление лучом ДН в пространстве за счет механического перемещения одного из элементов конструкции антенны [2, с. 460-461].

В схеме ДЗА Кассегрена механическое вращение малого зеркала под разным углом наклона позволяет перемещать основной максимум ДН в необходимых пределах без значительных потерь на боковые излучения. В соответствии с методикой расчета основных параметров ДЗА Кассегрена, изложенной в [3, с. 12-13; 4, с. 169-176], определены геометрические размеры и ширина ДН ДЗА Кассегрена при исходных

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР

значениях частоты и диаметра большого зеркала, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры рассчитанной ДЗА Кассегрена

Рабочая частота антенны, ГГц	Диаметр большого зеркала, см	Диаметр малого зеркала, см	Угол раскрыва антенны	Фокус большого зеркала, см	Ширина ДН
12	70	14	120°	30	3°

Компьютерное моделирование ДЗА Кассегрена проведено в программном продукте FEKO 5.5. Облучателем ДЗА служит рупорная антенна с прямоугольным пирамидальным рупором. ДН реализованной ДЗА (без наклона вспомогательного зеркала) относительно коэффициента усиления (КУ) в дальнем поле показана на рисунке 1.

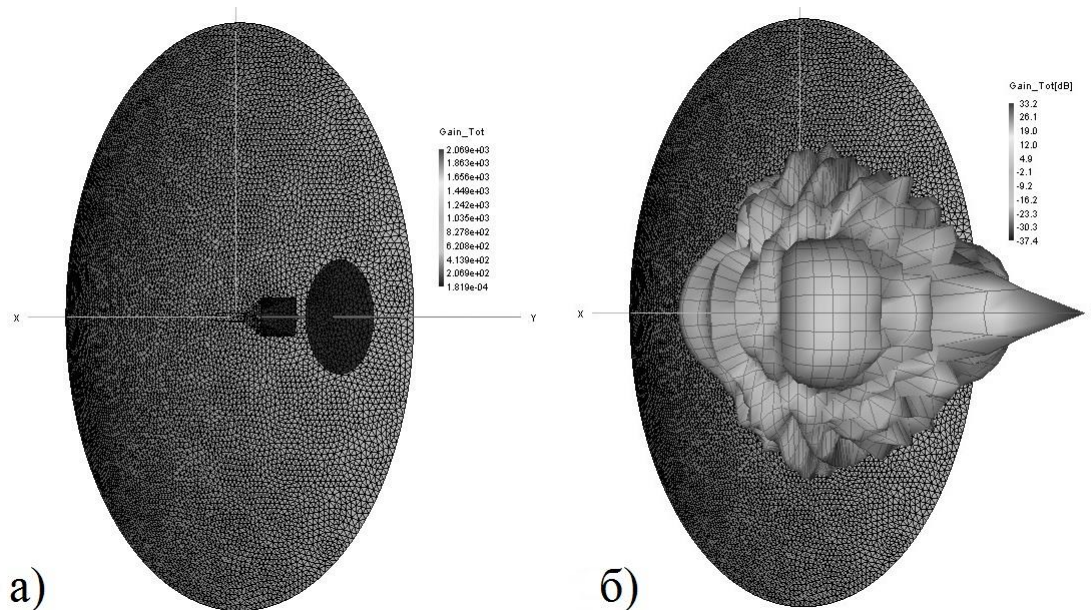


Рисунок 1 – ДН ДЗА Кассегрена:
а) КУ; б) КУ в дБ

Как видно из рисунка 1 (а), ДН имеет игольчатый вид, что свидетельствует о хороших направленных свойствах модели ДЗА Кассегрена. На рисунке 1 (б) показано, что максимальное значение КУ (в децибелах) имеет в направлении оси Y. Значение КУ составляет 2069, в децибелах – 33,2 дБ.

При исследовании были выбраны некоторые значения углов наклона малого зеркала для последующего его вращения. Для каждого

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС ДНР**

угла смоделировано 4 положения вспомогательного зеркала и определены значения КУ. Результаты исследования для удобства отображения сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Изменение значения КУ при наклоне малого зеркала ДЗА Кассегрена

Угол наклона	Наклон верхней части малого зеркала к основному		Наклон нижней части малого зеркала к основному		Наклон правой части малого зеркала к основному		Наклон левой части малого зеркала к основному	
	КУ	КУ, дБ	КУ	КУ, дБ	КУ	КУ, дБ	КУ	КУ, дБ
3°	1687	32,3	1885	32,8	1436	31,6	1433	31,6
6°	534	27,3	501	27	283	24,5	279	24,5
9°	800	29	815	29,1	891	29,5	895	29,5
12°	1723	32,4	1702	32,3	1749	32,4	1751	32,4
14°	2060	33,3	2043	33,2	1673	32,8	1700	32,8
15°	2030	33,1	1999	33	1741	32,4	1740	32,4
16°	1833	32,6	1802	32,4	1501	31,8	1496	31,8
18°	1142	30,6	1092	30,4	980	29,9	974	29,9
21°	662	28,2	666	28,2	530	27,2	536	27,3
24°	968	29,9	974	29,9	948	29,8	954	29,8
27°	877	29,4	880	29,4	1172	30,7	1165	30,6
30°	622	27,9	625	27,9	856	29,3	860	29,3
40°	247	23,9	256	24	314	25	320	25
50°	32,3	15,1	33	15,1	32,5	15,1	33,4	15,1
60°	39	15,9	40	15,9	39,2	15,9	40,6	15,9

Из таблицы 2 видно, что при повороте вспомогательного зеркала значение КУ значительно уменьшается вследствие изменения условий отражения электромагнитных волн – используемая площадь малого зеркала уменьшается, следовательно лишь часть энергии попадает на большое зеркало, а часть распространяется без отражения от вспомогательного зеркала, что и приводит к образованию боковых лепестков.

Следует отметить, что при наклоне малого зеркала на 14° ДН в дальнем поле сохраняет игольчатую форму и имеет минимальные потери энергии на боковое излучение (КУ равен 2060 или 33 дБ).

ДН в дальнем поле ДЗА с наклоном гиперболического зеркала на 14° показано на рисунке 2.

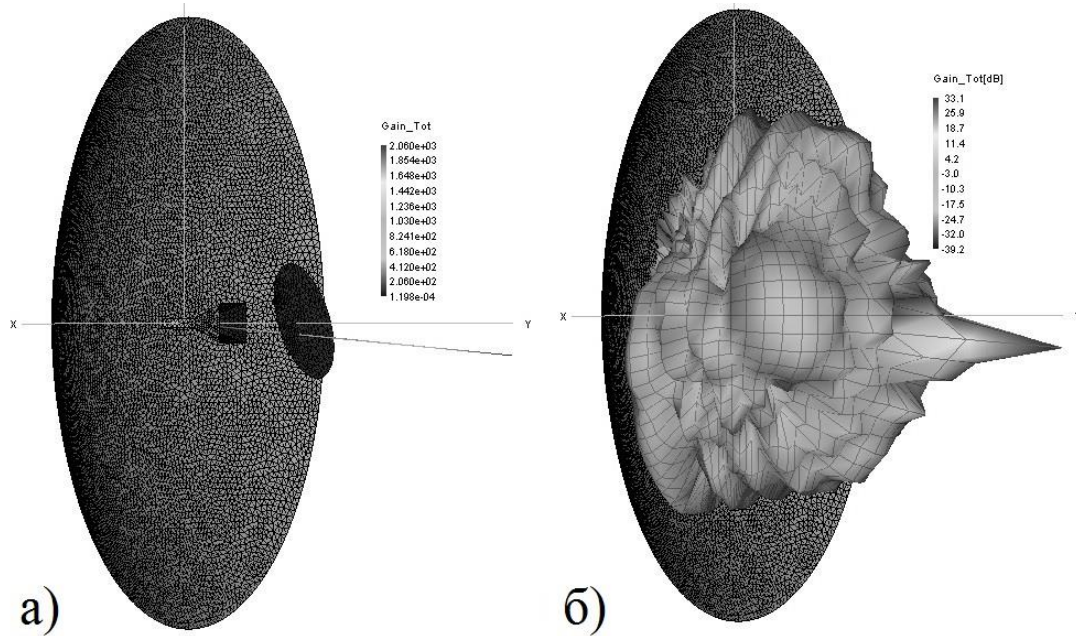


Рисунок 2 – ДН ДЗА Кассегрена при повороте малого зеркала на 14° :
а) КУ; б) КУ в дБ

На рисунке 3 показана ДН в прямоугольной системе координат без наклона малого зеркала, на рисунке 4 – с наклоном на 14° . Ширина ДН в первом случае равна 3° , а при наклоне зеркала – $3,2^\circ$, что соответствует расчетным данным (3°). Из рисунка 4 видно, что ДН отклоняется от исходного направления (90°) на значение, примерно равное 5° , сохраняя при этом высокое значение КУ.

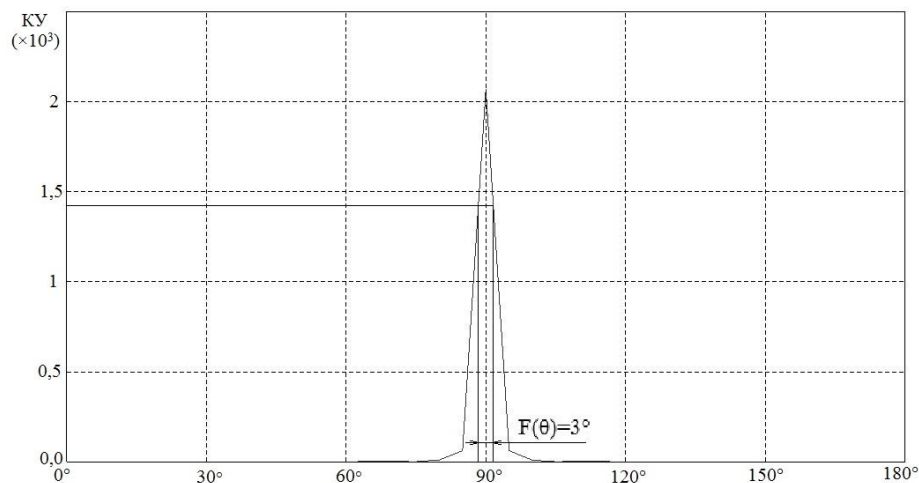


Рисунок 3 – ДН ДЗА Кассегрена в прямоугольной системе координат
(без поворота малого зеркала)

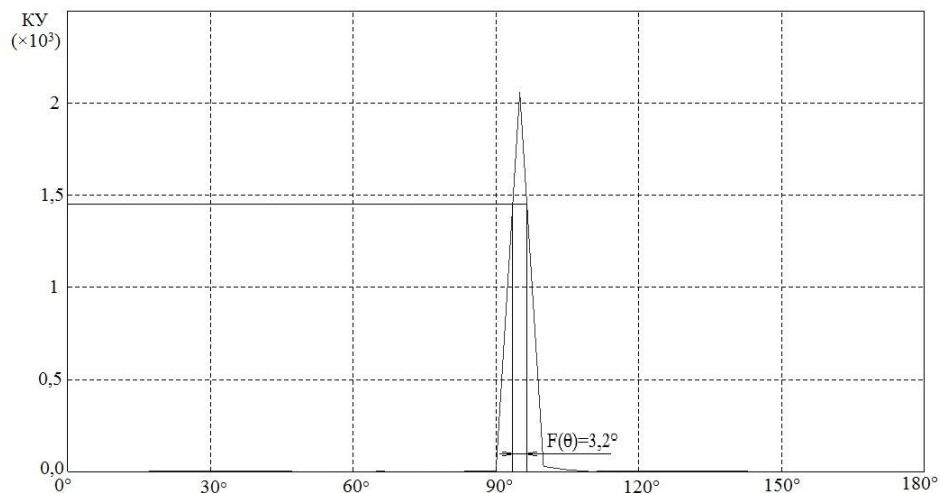


Рисунок 4 – ДН ДЗА Кассегрена в прямоугольной системе координат (поворот зеркала на 14°)

Следовательно, при создании сканирующей ДЗА Кассегрена с вращающимся малым зеркалом, механизм вращения должен обеспечивать поворот малого зеркала на $14-15^\circ$ для поддержания узкой ДН и осуществления сканирования в радиусе 5° .

Выводы

Рассмотренный метод электромеханического сканирования с помощью двухзеркальной антенны Кассегрена представляет практическую ценность благодаря способу исполнения – осуществляется вращение только малого зеркала, что требует меньшего количества механизмов и систем, чем для перемещения всей антенны. При использовании данного способа сканирования обеспечивается игольчатая диаграмма направленности (ширина ДН = 3°) без значительных потерь энергии на боковое излучение. Рассчитанная двухзеркальная антенна способна осуществлять сканирование в радиусе 5° . Использование сканирующей двухзеркальной антенны Кассегрена с вращающимся малым зеркалом в наземных станциях спутниковой связи позволит производить поиск сигналов в широком радиусе действия.

Список литературы

1. Айзенберг Г.З. и др. Антенны УКВ. Под ред. Г.З. Айзенберга. В 2-х ч. Ч. 2. М., «Связь», 1977, 288 с. с ил.
2. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. Учебник для студентов радиотехнических специальностей вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1975, 528 с. с ил.
3. Заикин И.П., Тоцкий А.В., Абрамов С.К. Проектирование антенных устройств радиорелейных линий связи. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм ун-т «Харьк. авиац. ин-т»., 2006. – 90 с.
4. Фролов О.П. Антенны и фидерные тракты для радиорелейных линий связи. – М.: Радио и связь, 2001. – 416 с.: ил.