

УДК 621.396.6

Печатная антенная решетка для бортовой РЛС

Е.В. Овчинникова, А.М. Рыбаков

Аннотация . В статье рассмотрена конструкция рупорно-волноводной антенной решётки с моноимпульсной диаграммой направленности для бортовой РЛС. Антенная решётка выполнена по технологии гальванопластики.

Ключевые слова: микрополосковые антенные решетки; моноимпульс; механическое сканирование.

Введение

Одной из основных задач, возникающих при разработке антенн бортовых радиоэлектронных систем, является минимизация массогабаритных параметров элементной базы. Помимо хороших массогабаритных характеристик, антенны и распределительные системы должны обладать ещё и высокой надёжностью. Решение этой задачи, как правило, сводится к использованию легких материалов, с низкими температурными коэффициентами и высокой механической прочностью, а также современных технологий изготовления, например гальванопластики [1]. Примером рупорной антенной решётки, формируемой методом гальванопластики, может служить антенна спутникового телевидения. На рис.1 показана фотография антенного полотна. На рис.2 показаны элементы антенно-фидерного тракта.



Рис.1. Фотография антенного полотна рупорной антенной решётки, выполненной методом гальванопластики.

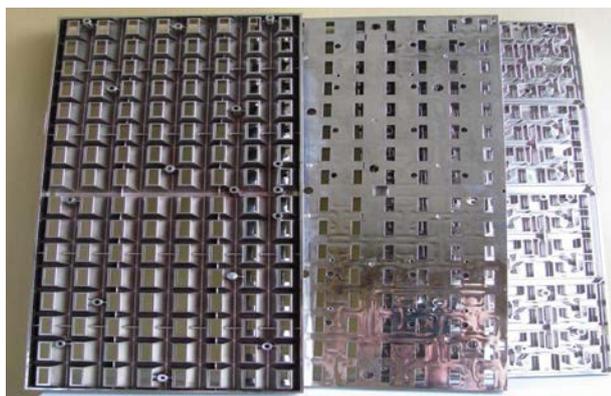


Рис.2. Фотография фрагментов антенного полотна и распределительной системы рупорной антенной решетки.

Однако такая технология изготовления неудобна, так как сложно контролировать параметры антенной решётки после изготовления, а также осуществлять отладку опытного образца. Альтернативной технологией изготовления является печатная технология [2]. Она достаточно хорошо освоена в производстве и обеспечивает минимальные затраты при изготовлении антенн. Антенные решетки, изготовленные по печатной технологии обладают хорошими массогабаритными характеристиками, высокой надёжностью и имеют малую глубину рис.3 и 4.



Рис.3. Четырехэлементная микрополосковая антенна системы спутниковой связи.

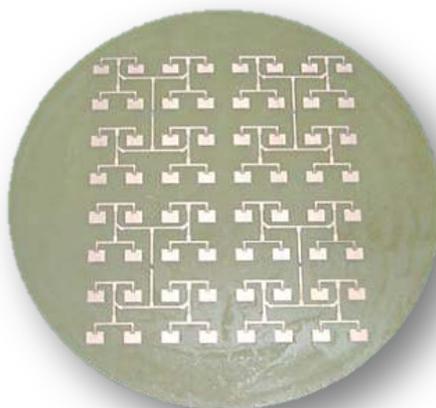


Рис.4. 64 элементная микрополосковая антенна системы спутниковой связи.

Однако печатные антенны имеют и недостатки. Хорошие массогабаритные характеристики достигаются путём совмещения излучающего полотна с

распределительной системой. В результате этого распределительная система будет излучать, изменяя характеристики направленности антенны. Антенные системы, изготовленные по печатной технологии, обладают высокими потерями (примерно 0,17 дБ на метр на полосковой разводке). Поэтому необходимо учитывать эти факторы при проектировании как одного излучателя, так и антенной решётки в целом.

В качестве элемента бортовой антенной решётки выбран прямоугольный печатный излучатель, общий вид которого показан на рис.5. Печатный излучатель, изготавливается на подложке из стеклотекстолита толщиной 2мм, параметры излучателя приведены в таблице 1. Возбуждение излучателя осуществляется полосковой линией с сопротивлением 50 Ом. Характеристики направленности элемента антенной решетки представлены на рис.6.

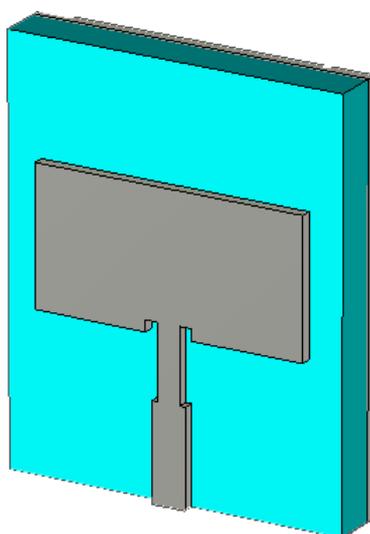


Рис.5. Общий вид печатного излучателя.

Таблица 1

| Размеры печатного излучателя | | Диэлектрическая проницаемость материала подложки | Толщина подложки | Ширина питающей полосковой линии | Толщина металлизации |
|------------------------------|-------|--|------------------|----------------------------------|----------------------|
| a, мм | b, мм | ϵ | h, мм | w, мм | t, мм |
| 12 | 6 | 4 | 2 | 4.1 | 1 |

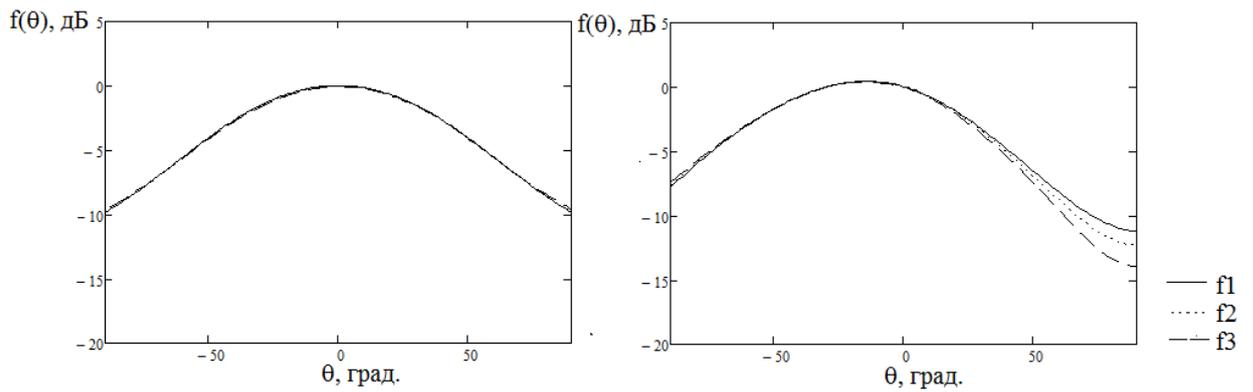


Рис.6. ДН в плоскостях E и H соответственно.

На рис.7 представлена зависимость коэффициента стоячей волны от частоты, а также пространственные ДН печатного излучателя на трёх частотах диапазона.

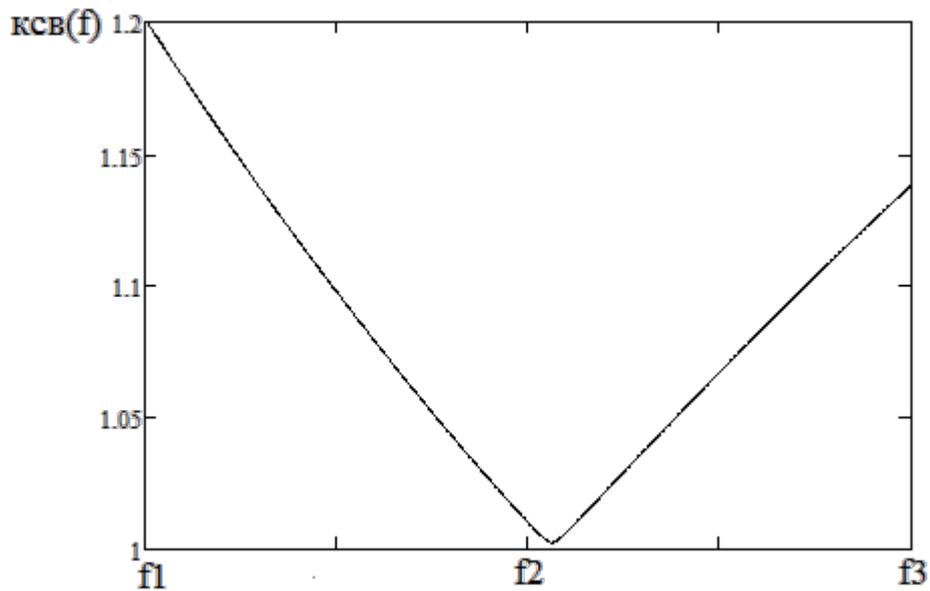


Рис.7. Зависимость КСВ от частоты.

Достаточно жесткие требования предъявляются к антенной решётке по уровню боковых лепестков. Требуемый уровень боковых лепестков -22 ДБ может быть практически реализован с помощью спадающего к краям амплитудного распределения. Возможны различные варианты амплитудного распределения: Тейлоровское распределение, косинус квадрат на пьедестале, Дольф-Чебышевское амплитудное распределение. В данном случае наиболее удобным для практической реализации является распределение в виде косинус квадрат на пьедестале рис.8.

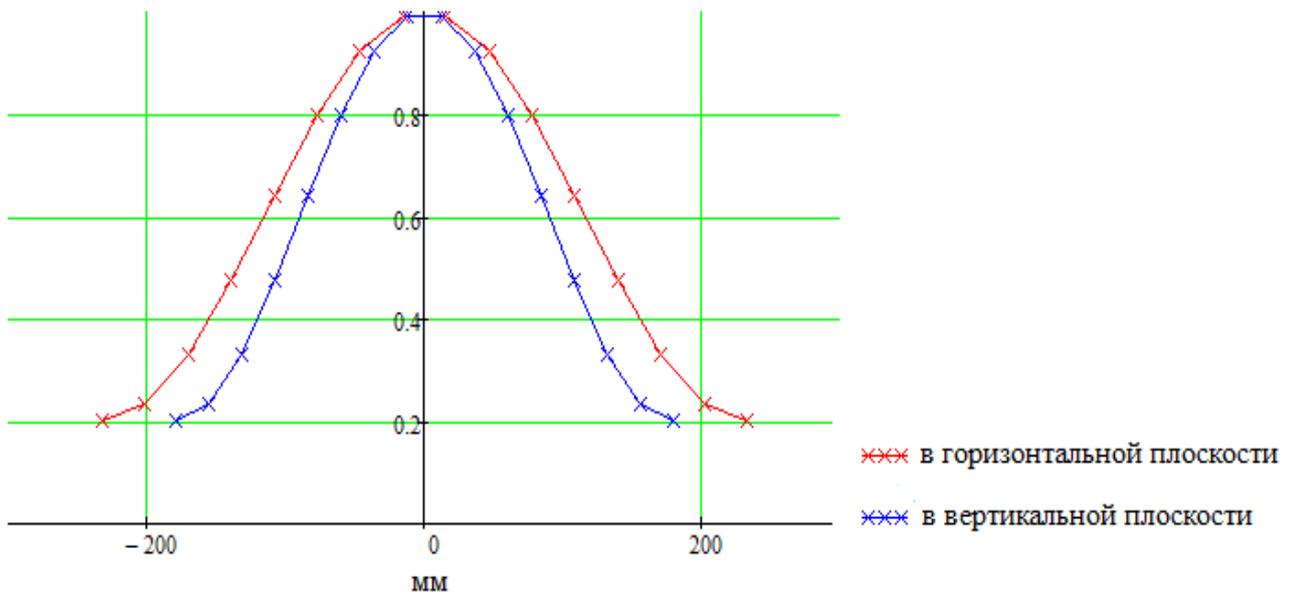


Рис.8. Амплитудное распределение.

Результаты предварительного расчёта характеристик направленности печатной антенной решётки представлены на рис.9 и 10.

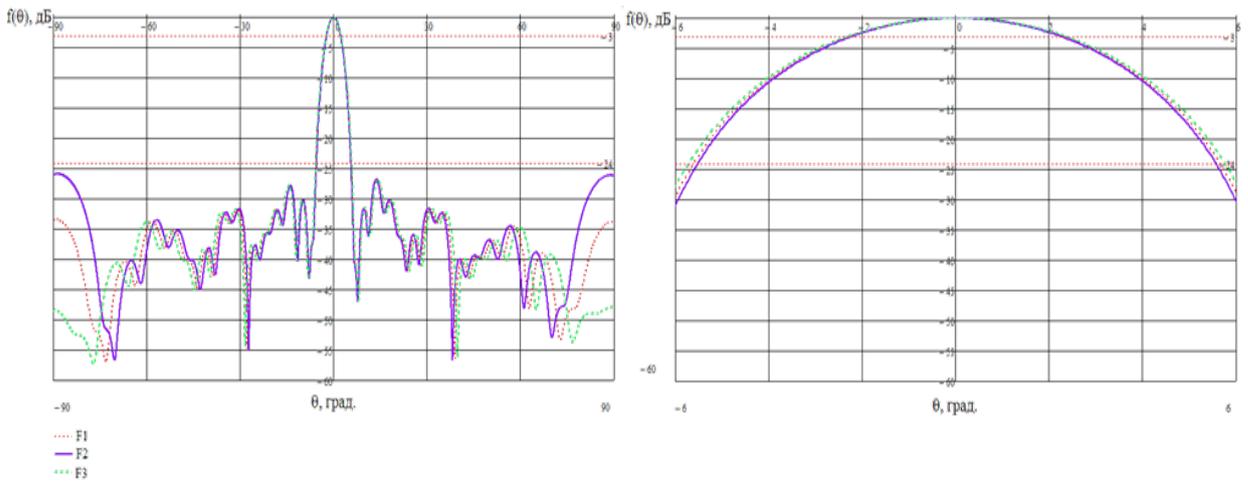


Рис.9. ДН антенной решетки в горизонтальной плоскости

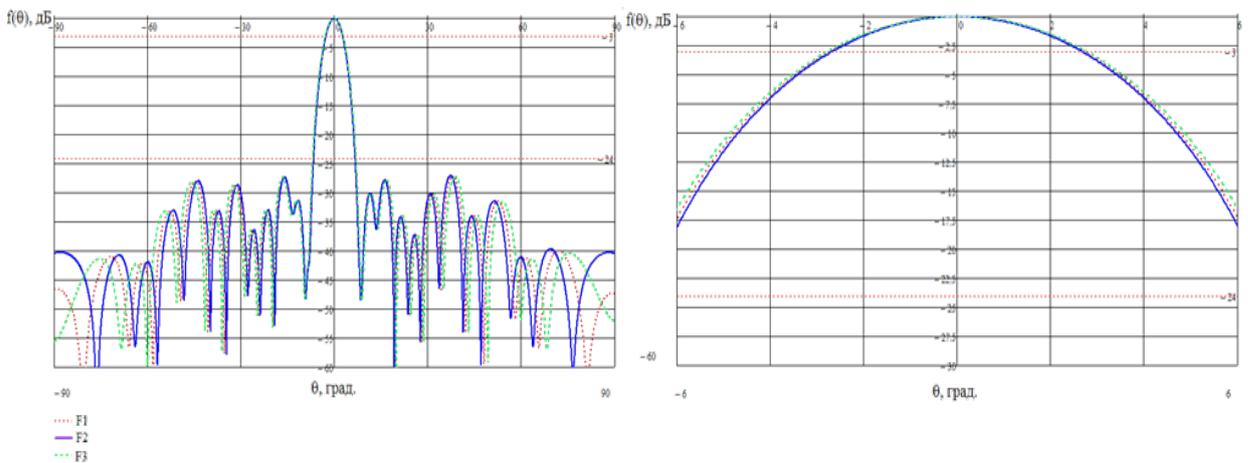


Рис.10. ДН антенной решетки в вертикальной плоскости

Для оценки направленных свойств антенной решётки целесообразно определить парциальную ДН излучателя, т.е. ДН излучателя в составе антенной решётки. Парциальную ДН излучателя АР рассчитываем для элемента АР размерностью 8x8 рис.11. На рис.12 представлены парциальные диаграммы направленности элемента АР. Из рис.12 видно, что влияние соседних элементов существенно изменяет ДН одиночного излучателя.

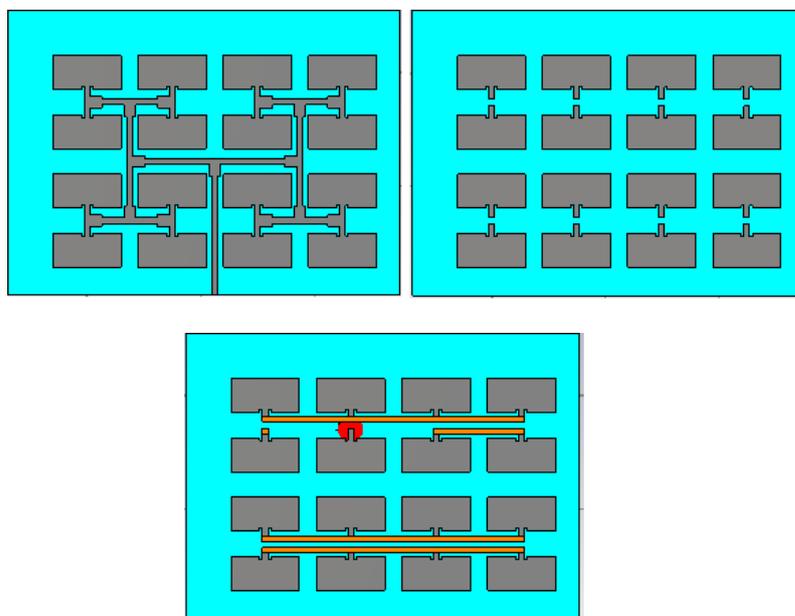


Рис.11.Фрагмент антенной решетки для расчета парциальных диаграмм

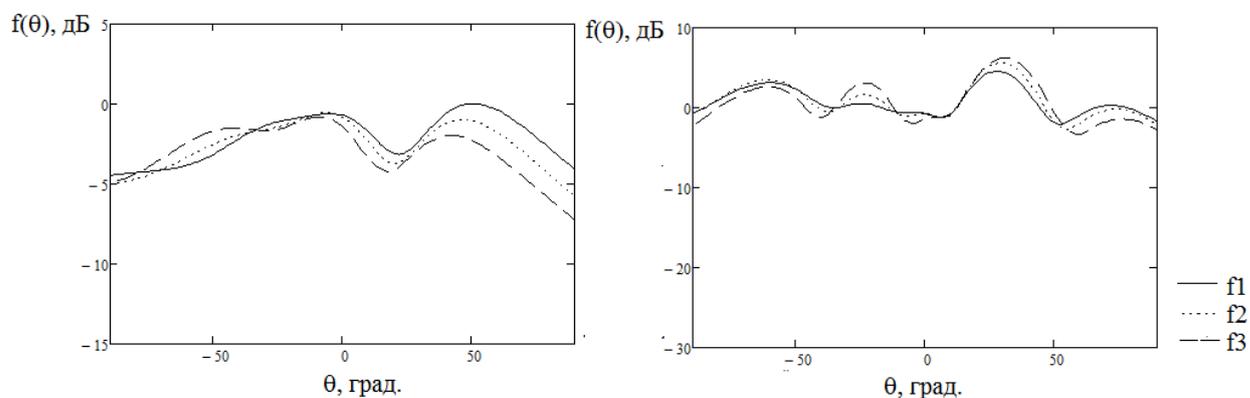


Рис.12.Фрагмент антенной решетки для расчета парциальных диаграмм

На рис.13 и 14 показаны результаты расчёта характеристик направленности печатной АР из 256 элементов в горизонтальной и в вертикальной плоскости соответственно по суммарному каналу.

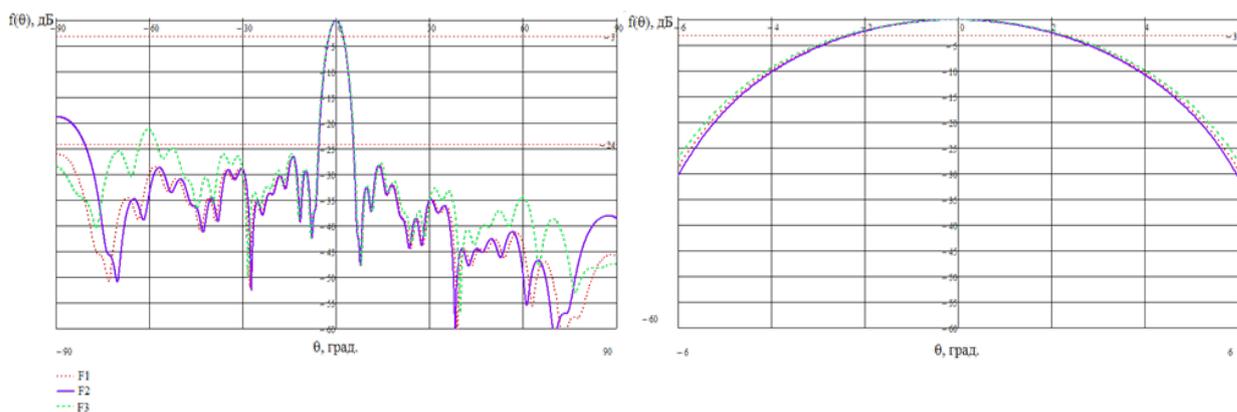


Рис.13. ДН антенной решетки в горизонтальной плоскости

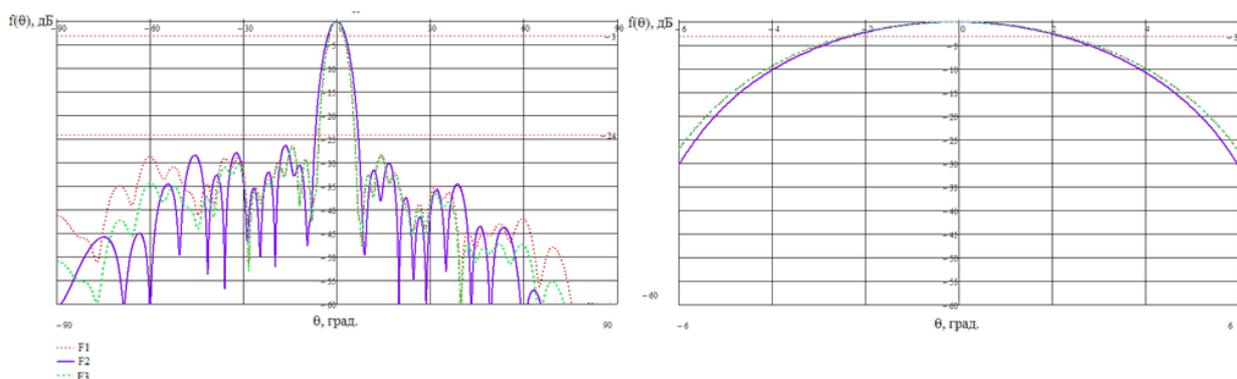


Рис.14. ДН антенной решетки в вертикальной плоскости

Результат расчёта показывает, что УБЛ -22 дБ указанный в ТЗ может быть реализован на практике. Такой вариант антенной решётки, при соответствующей доработке, даёт требуемые характеристики направленности. Оптимальный выбор материалов и конструктивное исполнение обеспечивают достаточно высокую механическую прочность.

Заключение

Таким образом, разработана электродинамическая модель печатной АР. Показана возможность практической реализации антенной системы с низким уровнем бокового излучения на основе печатных излучателей. Проведён анализ характеристик направленности такой АР с учётом взаимодействия излучателей в полотне.

Библиографический список

1. Казначей Б.Я. "Гальванопластика в промышленности" М.:ГИМП РСФСР, 1955.— 174 с.
2. Панченко Б.А. Нефедов Е.И. Микрополосковые антенны. Радио и связь,1986.— 144 с.

ОВЧИННИКОВА Елена Викторовна, доцент Московского авиационного института
(национального исследовательского университета), к.т.н.,
МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993; тел.: +7(915)323-40-36;

РЫБАКОВ Антон Михайлович, студент Московского авиационного института
(национального исследовательского университета),
МАИ, Волоколамское ш., 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993; тел.: (499) 158-41-22