

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Мищенко С.Е.<sup>1</sup>, Шацкий В.В.<sup>1</sup>, Колесников В.Н.<sup>1</sup>, Бобков Н.И.<sup>2</sup>, Зелененко А.Т.<sup>2</sup>  
Ростовский военный институт ракетных войск<sup>1</sup>,  
ФГУП «ВНИИ «Градиент»<sup>2</sup>

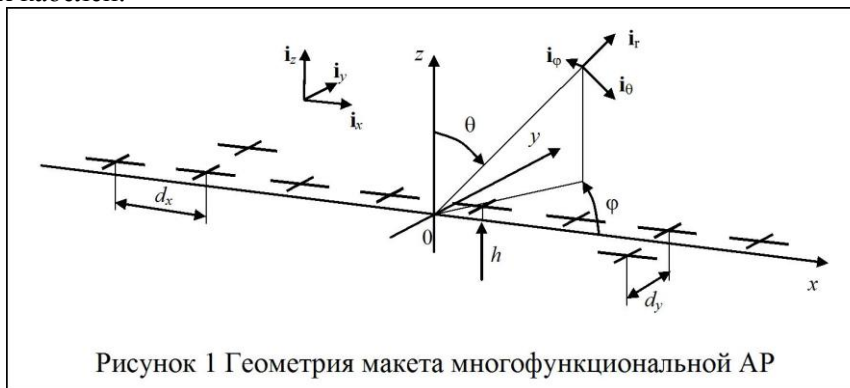
*В докладе приведены материалы натурных испытаний многофункциональной антенной системы, реализующей один из методов адаптивной компенсации помех*

Одной из важных проблем современной радиоэлектроники является одновременное обеспечение требуемых характеристик направленности используемых в составе радиоэлектронных средств антенн и высокого уровня помехоустойчивости радиотехнических систем (РТС). Особую актуальность указанная проблема приобретает в связи с интенсивным развитием средств радиоэлектронного подавления (РЭП). В этом случае антенна, предопределяющая в большинстве случаев характеристики радиосистем в целом, будет определять не только зону охвата и доступности связи между абонентами, но возможность повышения помехоустойчивости систем связи в данном регионе.

Поэтому наряду с антеннами, являющимися простыми взаимными устройствами, применяются и антенные системы, представляющие собой совокупность излучателей и обеспечивающие одновременное решение целого ряда задач, направленных на достижение радиосистемой заданных параметров. Речь идёт о создании многофункциональных антенных систем для базовых перспективных комплексов радиосвязи и радиолокации. Ещё более высока актуальность применения многофункциональных антенных систем на мобильных станциях спутниковой связи, функционирующих через ретрансляторы, размещённые на системе низкоорбитальных искусственных спутников земли.

Многофункциональные антенные системы могут выполняться на основе антенных решеток (АР) с различной геометрией излучающего раскрытия: кольцевые, линейные и плоские решетки. Изменением параметров АР возможно решение широкого круга задач, связанных с формированием диаграммы направленности (ДН) заданной формы, электромагнитной совместимости различных радиоэлектронных средств и рядом других задач. Одной из таких задач является проблема обеспечения требуемых ДН многофункциональной антенной решетки в условиях воздействия на нее различных мешающих электродинамических факторов, отрицательно сказывающихся на качестве связи. Адекватным решением этой проблемы является создание двухканальной многофункциональной антенной решетки (МАР) при использовании излучателей с двумя независимо управляемыми входами [1-4].

Геометрия макета, предназначенного для исследования возможностей предлагаемой многофункциональной АР приведена на рисунке 1. Схема питания излучателей представлена на рисунке 2. Макет АР состоит из основной восьмиэлементной линейной АР и двухэлементной компенсационной АР, коммутируемых фазовращателей, аттенюаторов, коммутируемых фазовращателей, аттенюаторов, делителей мощности и комплекта фазированных кабелей.



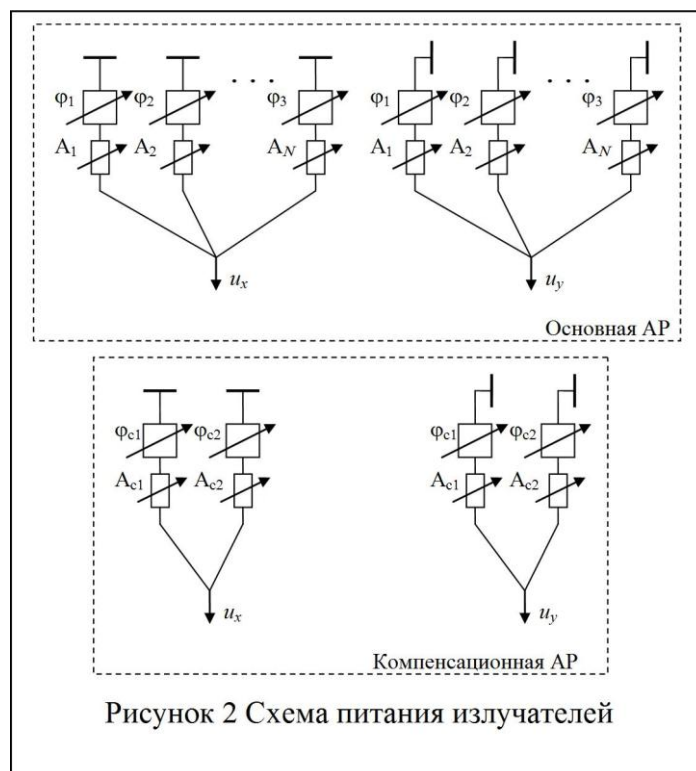


Фото общего вида макета приведено на рисунке 3. Элементы макета собраны на трубчатой металлической раме, являющейся основой для плоского сетчатого проволочного экрана с размерами ячейки около  $\lambda_{cp}/16$ , где  $\lambda_{cp}$  – рабочая длина волны. Расстояние между излучателями макета составляет  $0,53\lambda_{cp}$ .



В качестве излучателей макета АР применены скрещенные печатные вибраторы, установленные в плоскости раскрытия короткого запердельного волновода круглого сечения. Применение волновода позволило получить близкие к осесимметричным ДН вибраторов в главных плоскостях и расширить сектор сканирования АР, а в случае возбуждения круговой поляризации расширить сектор излучения с высоким коэффициентом эллиптичности [1]. КСВн

излучателей с дополнительными элементами согласования в раскрыве не превышает 2,0 в 12% полосе частот при средней частоте 1000 МГц. Симметрирование питания вибраторов осуществляется четвертьволновыми отрезками двухпроводных линий, расположенных вдоль оси волновода.

Внешний вид излучателя приведен на рисунке 4.



В макете МАР применены двухканальные коммутируемые фазовращатели серии М44104 на рiп диодах с четырьмя ступенями фазового сдвига: 0°, 45°, 90° и 180°. КСВн фазовращателей не превышает 2,0, вносимые потери – не более 2 дБ. Фазовращатели установлены на задней стенке короткозамыкателя запредельных волноводов и соединены непосредственно с выходными разъемами симметрирующих устройств вибраторов.

Для управления функцией амплитудного распределения по элементам АР и выбора весовых соотношений основной и компенсационной АР применяются фиксированные коаксиальные аттенуаторы одинаковой электрической длины.

В макете МАР применены восьмиканальные делители мощности в полосковом исполнении модели 37.24 разработанные и выпускаемые НПП «Фаза». Делители мощности рассчитаны на работу в полосе частот 0,5–2 ГГц. Неидентичность каналов по амплитуде не превышает 0,1 дБ, по фазе – не более 2 градусов.

Измерения ДН макета МАР проводились на открытом полигоне в дальней зоне излучения АР на частоте 1 ГГц при горизонтальной поляризации излучаемого поля.

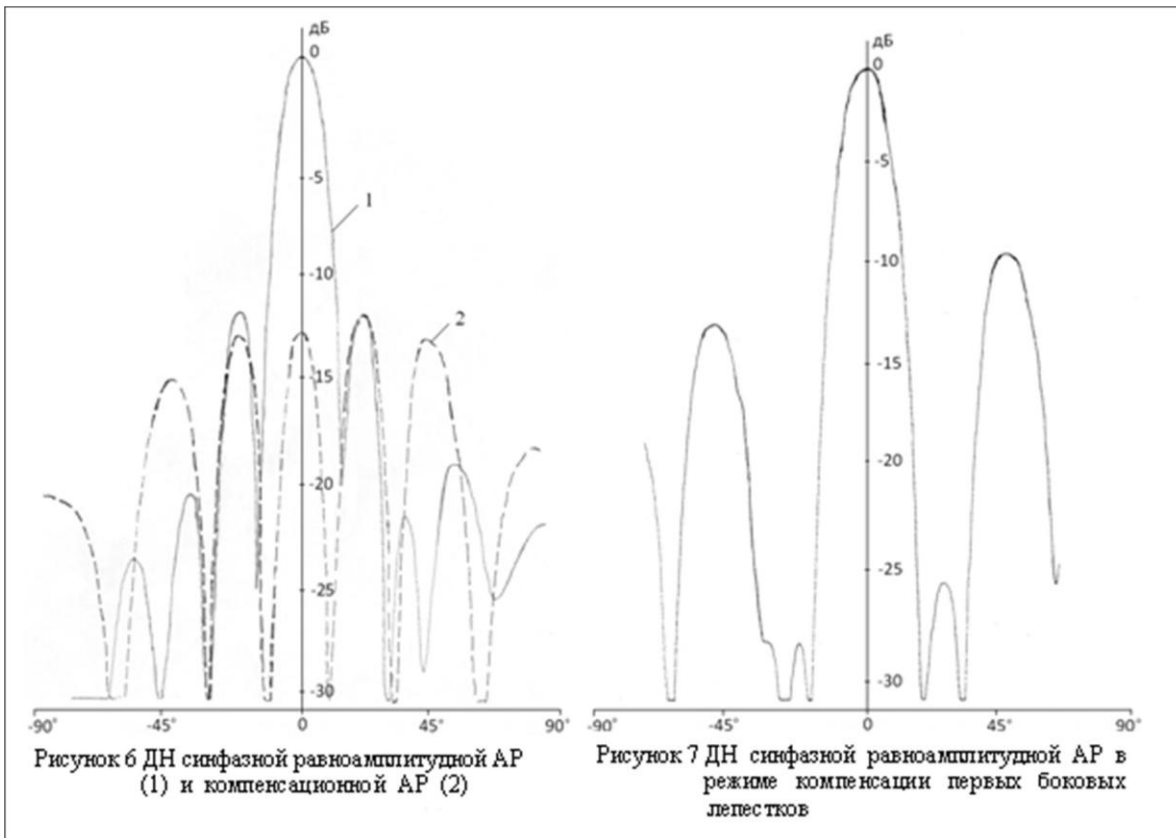
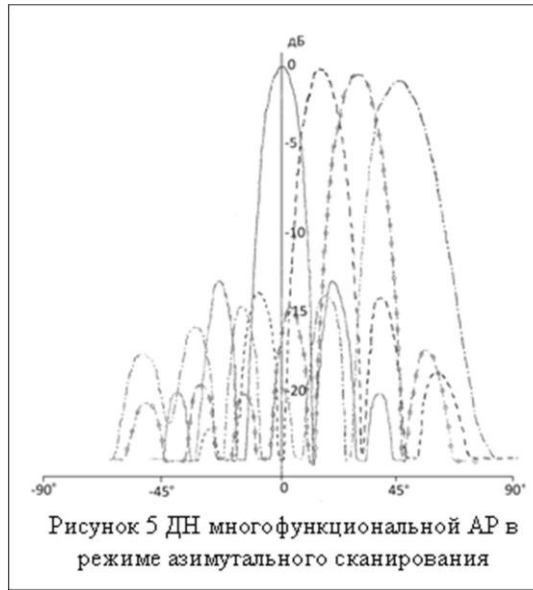
На рисунке 5 приведены ДН основной АР в режиме азимутального сканирования для значений фазового сдвига между элементами АР 0°, 45°, 90° и 135° при равномерном распределении амплитуды возбуждения вибраторов.

Работа МАР в режиме компенсации (подавления) бокового излучения в выбранном секторе углов экспериментально исследовалась для случаев синфазного равноамплитудного и синфазного косинусоидального распределения амплитуды возбуждения вибраторов.

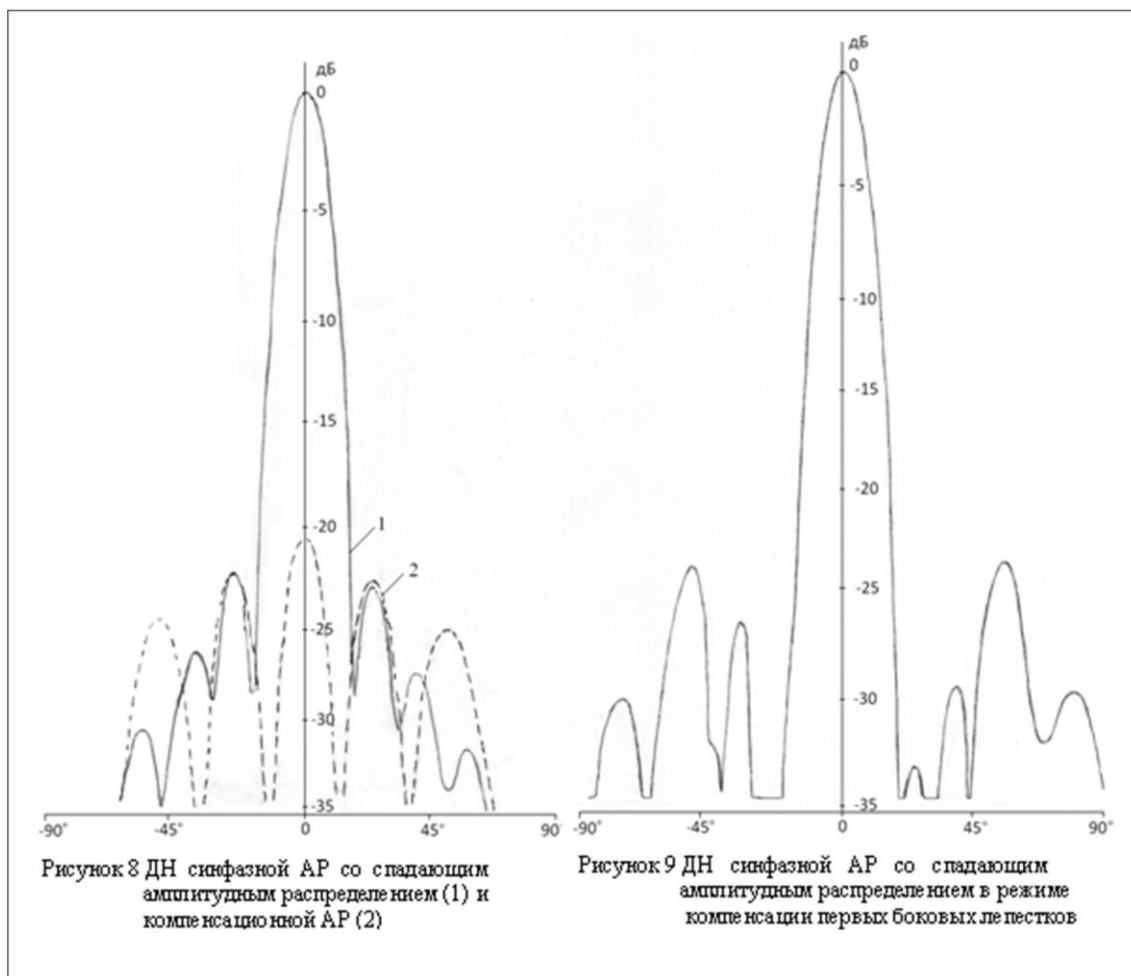
На рисунке 6 приведены в едином масштабе амплитуд ДН основной и компенсационной АР при синфазном равномерном амплитудном распределении. Разность фаз и весовые коэффициенты подобраны так, чтобы можно было подавить первые боковые лепестки справа и слева от главного лепестка. Результирующая ДН показана на рисунке 7. Первые боковые лепестки подавлены не менее чем на 12 дБ относительно уровня главного лепестка ДН. Вместе с тем возрос уровень бокового излучения АР в секторе вторых боковых лепестков ДН, т.к. в этих секторах происходит сложение амплитуд сигналов, принимаемых основной и компенсационной АР.

На рисунках 8 и 9 приведены аналогичные ДН макета МАР в случае синфазного спадающего распределения амплитуды возбуждения вибраторов. Как видно из рисунка 9 в направлениях первых боковых лепестков основной АР достигнуто подавление уровня приема

не менее 10 дБ, при этом уровень боковых лепестков в остальных секторах не превышает исходного уровня минус 23 дБ основной АР без компенсации.



Следует отметить, что рассматриваемая схема компенсации приводит к снижению коэффициента усиления АР в направлении главного лепестка за счет противофазного сложения сигналов основной и компенсационной АР в этом направлении. Несмотря на это, за счет снижения уровня приема в выбранных секторах в направлении помеховых сигналов вплоть до полного подавления при соответствующем выборе фазирования, весовых коэффициентов и конфигурации компенсационной АР реализуется существенный рост отношения «сигнал-помеха/шум» в каналах связи с применением компенсации бокового излучения антенн.



Сравнение расчётных и экспериментальных результатов показало их достаточно близкое совпадение, подтвердив правильность заложенных идей.

Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента РФ в рамках программы государственной поддержки молодых российских ученых (грант № МД-1145.2009.8).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бобков Н.И., Кашубин Б.Т., Маев В.Д., Петряев А.В., Шерсткий Г.С., Штанько Ю.Г. / Слабонаправленная антенна. // Патент РФ №1771019. – 14.05.1993.
2. Землянский С.В., Колесников В.Н., Миценко Е.Н., Миценко С.Е., Шацкий В.В. / Способ подавления помех при приеме электромагнитной волны круговой поляризации антенной решеткой идентично ориентированных векторных излучателей // Патент РФ №2330356. Н 01 Q 3/26. – Бюл. № 21. – 27.07.2008.
3. Колесников В.Н., Миценко С.Е., Шацкий В.В., Шацкий Н.В. / Антенна // Патент РФ № 2393597. Н 01 Q 21/24. – Бюл. № 18. – 27.06.2010.
4. Колесников В.Н., Миценко С.Е., Шацкий В.В. / Алгоритм подавления помех при приеме падающей электромагнитной волны многоканальной антенной системой // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – Т.42. – №4. – С.73–80.