

УДК 621.396.967.15

В.Д. Карлов<sup>1</sup>, О.А. Окунев<sup>1</sup>, Н.Н. Петрушенко<sup>2</sup>, Е.В. Лукашук<sup>3</sup><sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков<sup>2</sup>Командование Воздушных Сил Вооруженных сил Украины, Винница<sup>3</sup>ОАО «Акционерное общество НИИ радиотехнических измерений», Харьков

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК НАПРАВЛЕННОСТИ ВЫПУКЛОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

В статье получены результаты имитационного моделирования основных характеристик направленности выпуклых антенных решеток. Проведена оценка диаграммы направленности по мощности на различных расстояниях до точки наблюдения; максимального коэффициента направленного действия выпуклой антенной решетки при переменном расстоянии до точки наблюдения; зависимости относительной ошибки определения ближней границы дальней зоны от дальности по известным критериям. Кроме этого рассмотрены вопросы определения ближней границы дальней зоны выпуклой антенной решетки по различным параметрам. Получены зависимости характеристик направленности выпуклых антенных решеток от геометрических параметров при используемых на практике амплитудных распределениях. Найдены зависимости параметров диаграмм направленности выпуклых антенных решеток от ширины углового сектора возбуждения при различных видах амплитудных распределений.

**Ключевые слова:** выпуклая антенная решетка, дальняя зона, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия, главный максимум, уровень боковых лепестков, имитационное моделирование, амплитудно-фазовое распределение.

### Введение

**Постановка проблемы:** метод анализа выпуклых антенных решеток (ВАР), радиусом ( $a$ ), излучающих сигнал на длине волны  $\lambda_0$  рассмотренный в [1], позволяет определять их основные характеристики направленности (ХН) при произвольном расстоянии от антенны, применительно к случаю когда справедливы асимптотические выражения для поля излучателя, что соответствует расстояниям порядка  $R_{nm} \geq a + 10\lambda_0$  [2]. Использование ВАР больших электрических размеров в качестве приемной антенны наземной станции спутниковой связи может привести к увеличению достижимой ближней границы зоны обнаружения. Обычно в качестве критерия определения (ДЗ) принимают четырехкратное релеевское расстояние [3]. Как показано в [4 – 7], при определении этой границы существенное влияние оказывают форма области, занимаемой излучающими токами, характер амплитудно-фазового распределения (АФР) в ней и требуемая точность вычислений. Вместе с тем вопросы определения ближней границы ДЗ осесимметричных антенных решеток (ОСАР) в известной литературе практически не рассмотрены.

**Цель статьи:** оценка основных характеристик направленности выпуклой антенной решетки.

### Основная часть

Для оценки основных характеристик направленности ВАР было проведено имитационное моделирование, в ходе которого оценивались: величина

относительного снижения максимального коэффициента направленного действия (КНД)

$D_{MAX}(|\vec{X}|) \cdot D_{|\vec{X}| \rightarrow \infty}^{-1}$ , где  $D_{|\vec{X}| \rightarrow \infty}$  – максимальный

КНД при  $|\vec{X}| \rightarrow \infty$ ;  $f_{max}(|\vec{X}|)$  и  $f_{med}(|\vec{X}|)$  – уро-

вень максимального и среднего бокового лепестка (БЛ) диаграммы направленности (ДН) по полю;

$\delta_{D_{MAX}(f_{max}, f_{med})}$  – относительная ошибка определения ближней границы ДЗ:

$$\delta_{D_{MAX}(f_{max}, f_{med})} = \left| \frac{D_{|\vec{X}| \rightarrow \infty} \left( f_{max|\vec{X}| \rightarrow \infty}, f_{med|\vec{X}| \rightarrow \infty} \right) - D_{MAX}(|\vec{X}|, f_{max}(|\vec{X}|), f_{med}(|\vec{X}|))}{-D_{MAX}(|\vec{X}|, f_{max}(|\vec{X}|), f_{med}(|\vec{X}|))} \right| \times \left| D_{|\vec{X}| \rightarrow \infty} \left( f_{max|\vec{X}| \rightarrow \infty}, f_{med|\vec{X}| \rightarrow \infty} \right) \right|^{-1}$$

Как показало моделирование, с уменьшением дальности  $|\vec{X}|$  до точки наблюдения (ТН) (до значений порядка  $0,1R_{кл}$ , где  $R_{кл} \geq 2L^2\lambda_0^{-1}$ ;  $L$  – линейные размеры излучающей области.) происходит монотонное расширение основного лепестка ДН, заплывание нулей ДН по полю и рост уровня БЛ. Наиболее существенные изменения в ДН по мощности наблюдаются на расстояниях менее  $0,1R_{кл}$ , когда зависимости ширины главного максимума ДН, максимального и среднего уровней БЛ от дальности до ТН носят осциллирующий характер. Характер изменения ДН по мощности для различных значений  $R_{кл}$  проиллюстрирован на рис. 1

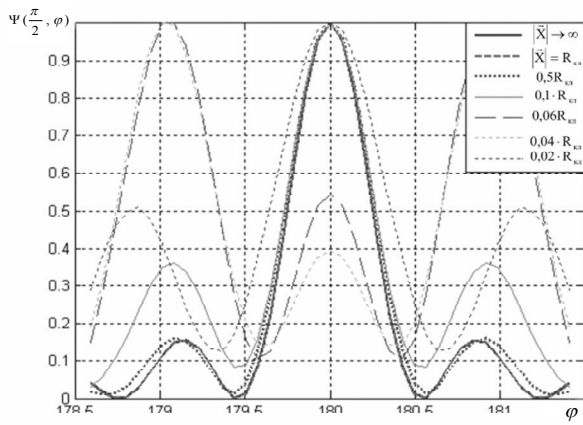


Рис. 1. ДН по мощности ВАР на различных расстояниях до точки наблюдения

Как обосновано в [7] при определении ближней границы ДЗ ВАР по критерию постоянства уровня максимального КНД, ограничиваются расстояниями порядка  $0,1R_{\text{кл}}$  с величиной относительной её ошибки менее 1%. Результаты математического моделирования свидетельствуют о том что, величина относительной ошибки в определении ближней границы ДЗ по уровню максимального КНД тем меньше, чем быстрее спадает амплитуда к краям области возбуждения. Наибольшие относительные ошибки имеют место при определении ближней границы ДЗ по уровню максимального и среднего БЛ. Величина ошибки тем больше, чем быстрее спадает амплитуда токов к краям области возбуждения. Так при величине относительной ошибки менее 1%, дальнюю зону ВАР можно определять на расстояниях порядка  $0,45 \div 0,3R_{\text{кл}}$ , при этом ошибка существенно зависит от выбранного вида амплитудного распределения в антенне. В качестве примера на рис. 2 – 5 приведены зависимости относительного снижения максимального КНД, уровня максимального и среднего БЛ ДН по полю в азимутальной плоскости и относительные ошибки в определении ближней границы ДЗ.

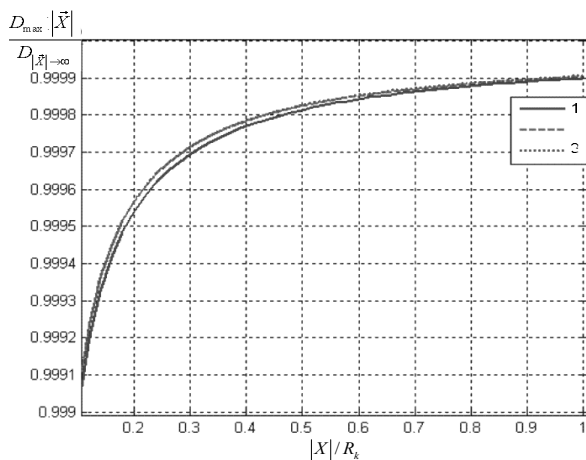


Рис. 2. Максимальный КНД ВАР при переменном расстоянии до точки наблюдения: 1 – амплитудное распределение Хемминга; 2 – амплитудное распределение Ханна; 3 – амплитудное распределение Бартлетта-Ханна

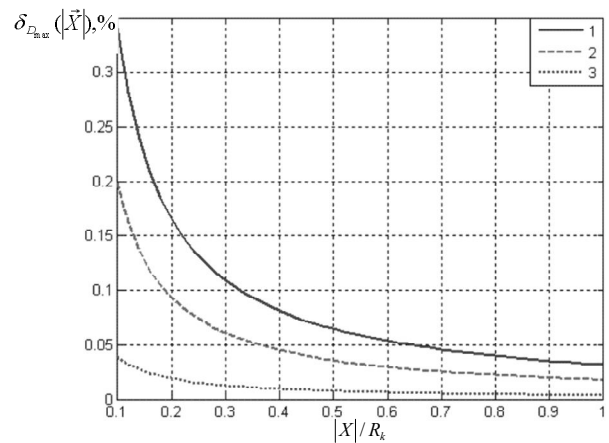


Рис. 3. Зависимость относительной ошибки определения ближней границы ДЗ по критерию постоянства КНД в направлении главного максимума ДН ВАР от дальности до ТН: 1 – равномерное амплитудное распределение; 2 – «обращенное» амплитудное распределение; 3 – косинусное «обращенное» амплитудное распределение

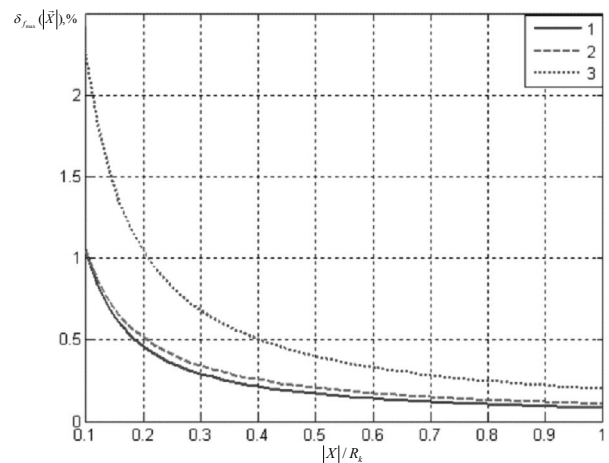


Рис. 4. Зависимость ошибки определения ближней границы ДЗ, по критерию постоянства максимального БЛ, от дальности до ТН: 1 – равномерное амплитудное распределение; 2 – «обращенное» амплитудное распределение; 3 – косинусное «обращенное» амплитудное распределение

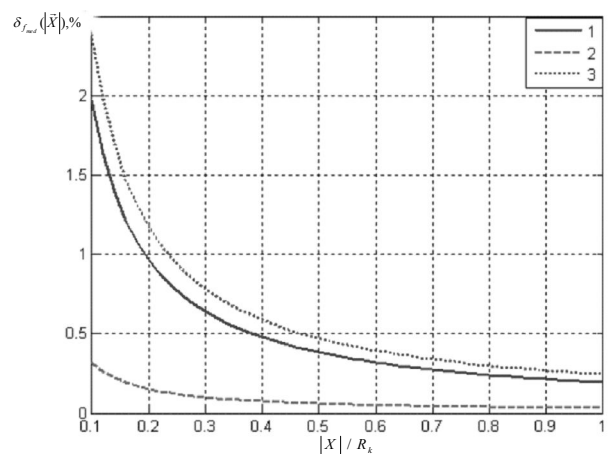


Рис. 5. Зависимость ошибки определения ближней границы ДЗ, по критерию постоянства среднего УБЛ, от дальности до ТН: 1 – равномерное амплитудное распределение; 2 – «обращенное» амплитудное распределение; 3 – косинусное «обращенное» амплитудное распределение

Фазовое распределение (ФР) на раскрыве антенны выбиралось таким образом, чтобы обеспечить формирование максимума в направлении  $\theta_\phi = 0,5\pi$ ,  $\phi_\phi = \pi$ , при следующих исходных данных:  $k_0a = 32$  ( $k_0$  – волновое число),  $d = 0,5\lambda_0$ , длина образующей выбиралась равной  $20\lambda_0$ ,  $C_0 = 0$  [1], а высота расположения излучателей над проводящей поверхностью  $h_1 = 0,25\lambda_0$ .

Из приведенных зависимостей следует, что величина максимального КНД антенны близка к КНД ВАР в заведомо дальней зоне даже на расстояниях порядка  $0,1R_{кл}$  для всех используемых на практике [10] видов амплитудных распределений. Отмечается некоторое уменьшение максимального и среднего уровня БЛ в азимутальной плоскости с расстоянием, в случае амплитудного распределения, спадающих к краям возбуждаемой части ВАР. Это можно пояснить тем, что вблизи антенны размеры «освещенной» области уменьшаются. При этом в силу симметрии ВАР, относительно направления главного максимума, в формировании поля излучения большое влияние оказывает та часть раскрыва, амплитуда поля в которой спадает к краям быстрее, чем в той части ВАР, которая участвует в формировании поля в дальней зоне.

Таким образом, при использовании в качестве критериев определения ближней границы ДЗ постоянства КНД в направлении главного максимума можно ограничиваться расстояниями порядка  $0,1R_{кл}$ , при допустимой степени точности [8]. Обычно при использовании для определения ближней границы ДЗ критерия постоянства уровня максимального БЛ ДН или среднего уровня БЛ можно ограничиваться расстояниями порядка  $0,5R_{кл}$  [8] при этом следует учитывать вид амплитудного распределения в ВАР.

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что ФР на возбуждаемой части направляющей ВАР можно условно разделить на область фазовых осцилляций и область в которой фаза распределена по закону близкому к квадратичному. При  $C_0 = 0$  [1], в формировании остронаправленного приема (излучения) ВАР в ДЗ по нормали к ВАР принимают участие элементы расположенные на верхней полусфере ВАР (рис. 6).

При изменении исходных данных, а именно величины  $k_0a$  ( $k_0a \geq 16$ ) и выборе вертикальной поляризации поля излучения, в результате моделирования были определены: ширина ДН по уровню половинной мощности в азимутальной плоскости ( $2\phi_{0,5P}^{град}$ ); максимальный КНД в азимутальной плоскости ( $D_{max}^\phi$ ); уровень максимального ( $f_{max}^\phi$ ) и уровень среднего ( $f_{med}^\phi$ ) БЛ ДН в азимутальной плоскости; максимальный уровень ( $f_{ap}^\phi$ ) заднего БЛ ДН по мощности и его протяженность ( $2\phi_{ap}^{0,5P}$ ). Результаты моделирования при-

ведены на рис. 7, где был приведен вид ДН ВАР по мощности в азимутальной плоскости вблизи главного максимума для выбранных видов АР при  $k_0a = 16$ ,  $d_\phi = d_m = 0,5\lambda_0$ ,  $L_{обр} = 20\lambda_0$ ,  $C_0 = 0$ ,  $h_1 = 0,25\lambda_0$ , и вертикальной поляризации поля излучения.

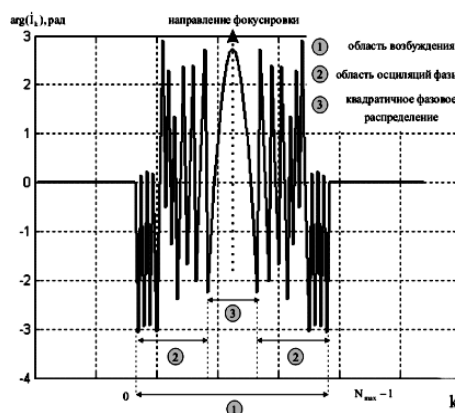


Рис. 6. Общий вид фазового распределения вдоль направляющей ВАР

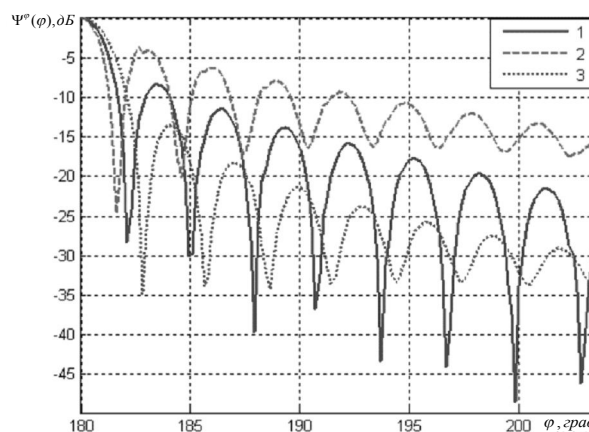


Рис. 7. ДН ВАР вблизи главного максимума при различных видах АР: 1 – равномерное амплитудное распределение; 2 – «обращенное» амплитудное распределение; 3 – косинусное обращенное амплитудное распределение

Как видно из полученных данных при равномерном распределении в освещенной области уровень мощности излучения (приема) сигнала по боковым лепесткам ДН достаточно высок. Минимальная ширина ДН обеспечивается для полученного аналитически в [1] экспоненциального распределения, однако в этом случае УБЛ максимальный. Приемлемую долю мощности излучения (приема) сигналов обеспечивают лишь спадающие к краям освещенной области решетки распределения. При уменьшении уровня максимального БЛ отмечается также снижение уровня заднего БЛ ДН и среднего УБЛ, хотя угловая протяженность последнего слабо зависит от вида распределения и в основном определяется величиной электрического радиуса ВАР –  $k_0a$ . Используя эти данные можно выбрать вид распределения, который позволит обеспечить требуемые характеристики ДН в приемной ВАР.

Полученные результаты хорошо согласуются с представленными в [9 – 11].

Известно, что, при разработке антенной системы на базе активной фазированной антенной решетки возникают задачи выбора количества излучателей или электрических размеров решетки при которых обеспечивается минимум затрат на ее изготовление. Это связано с определением минимального расстояния между центрами излучателей при котором будут обеспечены требуемые характеристики антенной системы.

На рис. 8 представлены результаты моделирования ХН от шага вдоль направляющей ВАР с различными амплитудными распределениями при постоянном количестве излучателей. Моделирование проведено для широкого интервала значений шага решетки вдоль направляющей ВАР  $d_\varphi = (0,4 \div 2)\lambda_0$  и электрического радиуса  $k_0a = 20 \div 130$ , при постоянном количестве элементов в элементарном кольце излучателей  $N = 64$ , для ВАР сфокусированной в ДЗ в направлении  $\theta_\varphi = 0,5\pi$ ,  $\varphi_\varphi = \pi$  и исходных данных:

$$d_m = 0,5\lambda_0, L_{обр} = 20\lambda_0, C_0 = 0, h_1 = 0,25\lambda_0.$$

Как показало моделирование, максимум КНД антенны (нормированный к величине  $k_0a$ ) достигается при минимальном шаге решетки, которая в этом случае близка к антенне с непрерывным распределением тока вдоль ВАР [10].

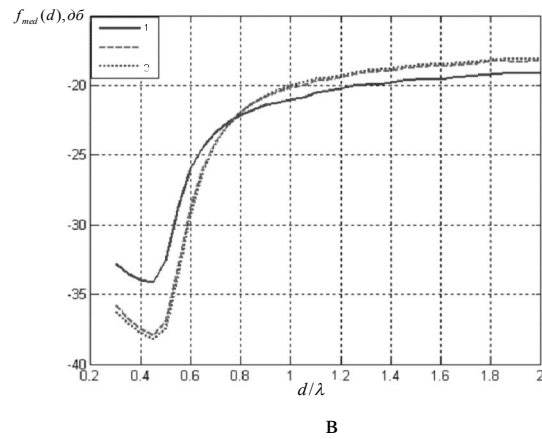
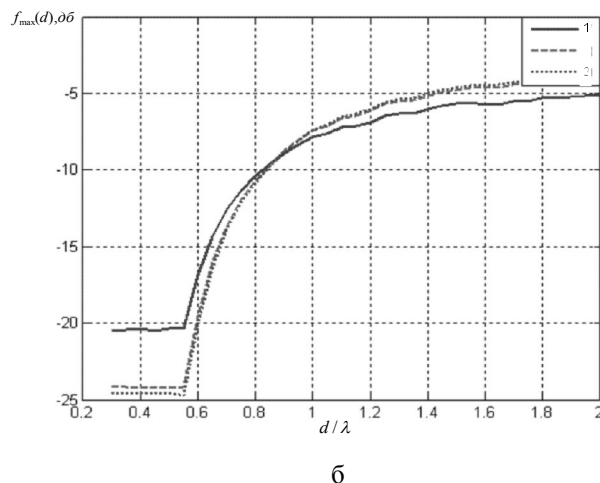
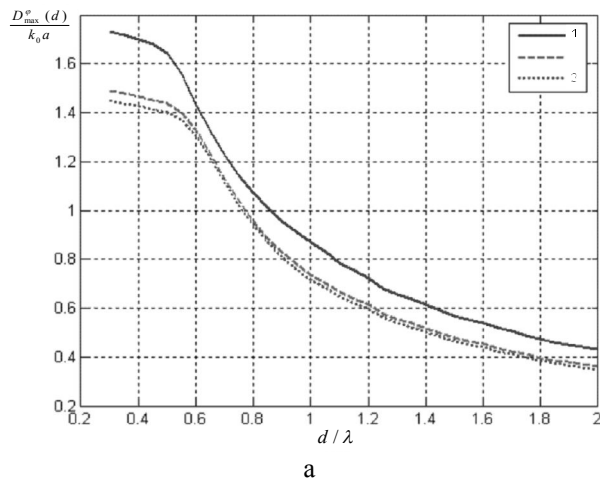


Рис. 8. Зависимость ХН от шага вдоль направляющей ВАР с различным АР при постоянном количестве излучателей: а – нормированный КНД: 1 – амплитудное распределение Гаусса; 2 – амплитудное распределение Блэкмана; 3 – треугольное амплитудное распределение; б – уровень максимального БЛ: 1 – амплитудное распределение Гаусса; 2 – амплитудное распределение Блэкмана; 3 – треугольное амплитудное распределение

Для большинства спадающих к краям «освещенной» области распределений имеет место интервал значений  $d_\varphi \lambda_0^{-1}$  в котором величина КНД практически постоянна, а уровень дифракционных максимумов (ДМ) мал. Наиболее критичны к изменению шага амплитудные распределения близкие к равномерному, так для антенных решеток зависимость ХН от величины  $d_\varphi \lambda_0^{-1}$  носит близкий к периодическому характер с ярко выраженными экстремумами.

Как видно из рис. 7 и 8 наибольшую величину КНД достигается при шаге решетки  $d_\varphi = 0,5\lambda_0$ . С ростом шага  $d_\varphi = (0,5 \div 1)\lambda_0$  максимальное значение КНД достигается при АР близком к равномерному. Анализ зависимости максимального БЛ ДН ВАР по мощности от  $d_\varphi \lambda_0^{-1}$  показал, что для спадающих к краям распределений при шаге решетки  $d_\varphi = (0,5 \div 0,6)\lambda_0$  амплитуда ДМ мала по сравнению с максимальным уровнем БЛ ДН. При дальнейшем увеличении шага уровень ДМ растет.

На рис. 9 представлен вид ДН ВАР, рассчитанный для выбранных исходных данных при равномерном АР и различных значениях параметра  $d_\varphi \lambda_0^{-1}$ . Как следует из анализа зависимости ДН по мощности (рис. 9) ДМ ВАР имеют характер лепестков в азимутальной плоскости с уровнем меньшим главного максимума. С ростом шага ( $d_\varphi$ ) отмечается снижение уровня и протяженности заднего БЛ ДН. Полученные результаты хорошо согласуются с известными, полученными для ВАР дифракционного типа с помощью метода эквивалентного плоского раскрытия [9, 10].

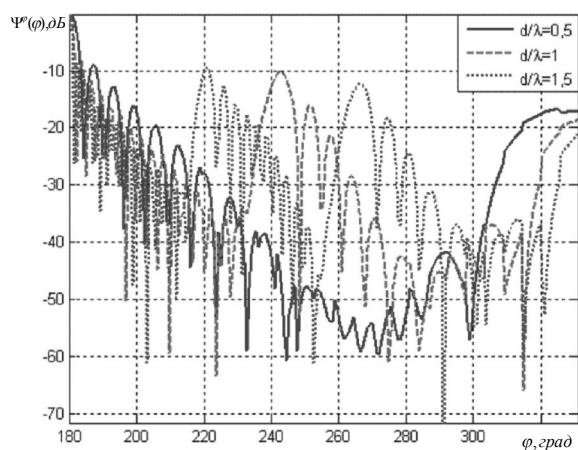


Рис. 9. Зависимость ДН по мощности от шага решетки ( $d_\phi$ )

Однако в известной литературе [9, 10] не уделено внимание рассмотрению вопроса связанного с определением оптимального угла возбуждения  $\phi_0$  вдоль направляющей ВАР для различных параметров ДН и амплитудных распределений. Вместе с тем результаты имитационного моделирования свидетельствуют о том, что при уменьшении величины углового сектора возбуждения  $\phi_0 < \pi$ , происходит расширение главного максимума ДН в азимутальной плоскости, а также снижение УБЛ ближайших к главному максимуму ДН. Кроме того происходит рост уровня дальних БЛ, угловой протяженности заднего БЛ ДН и его уровня.

В качестве примера на рис. 10 представлены ДН по мощности в азимутальной плоскости при различной величине углового сектора возбуждения при:  $k_0 a = 32$ ,  $L_{обр} = 20\lambda_0$ ,  $d_\phi = 0,5\lambda_0$ ,  $h_1 = 0,25\lambda_0$ .

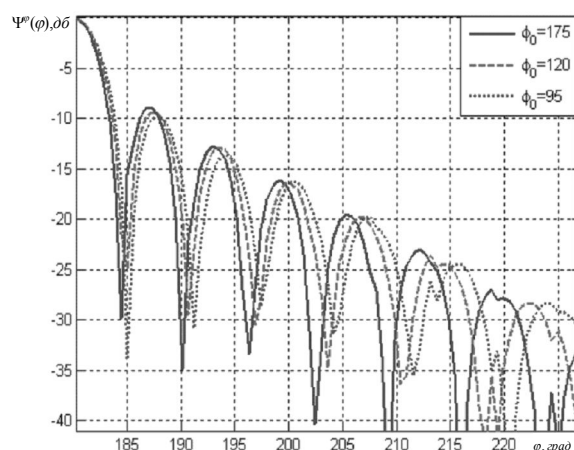
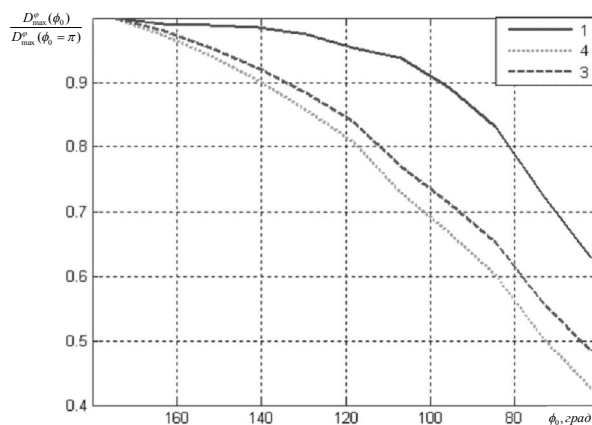


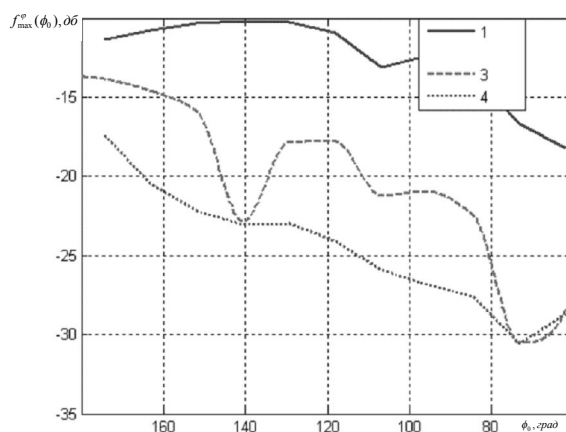
Рис. 10. ДН ВАР с равномерным амплитудным распределением при различной величине углового сектора возбуждения

Проведенное моделирование показало, что параметры ДН ВАР при различных величинах  $\phi_0$  существенно зависят от вида АР в возбуждаемой части решетки. Кроме этого выявлено, что величина относительного снижения максимального КНД в азимутальной

плоскости  $D_{\max}^\phi(\phi_0)(D_{\max}^\phi(\phi_0 = \pi))^{-1}$  уменьшается тем больше, чем больше спадает АР к краям области возбуждения. Установление закономерности иллюстрируется данными на рис. 11, где представлены зависимости величины  $D_{\max}^\phi(\phi_0)(D_{\max}^\phi(\phi_0 = \pi))^{-1}$  и максимального уровня БЛ ДН в азимутальной плоскости для ряда АР и выбранных выше исходных данных.



а



б

Рис. 11. Зависимость ХН от угловой величины сектора возбуждения ВАР  $\phi_0$  при различных АР: а – нормированный КНД: 1 – равномерное амплитудное распределение; 3 – косинусное обобщенное амплитудное распределение; 4 – амплитудное распределение Хемминга; б – максимальный УБЛ: 1 – равномерное амплитудное распределение; 3 – косинусное обобщенное амплитудное распределение; 4 – амплитудное распределение Хемминга

Как видно при равномерном распределении (на рис. 11 обозначено цифрой 1) уменьшение КНД решетки с угловым сектором возбуждения  $\phi_0 = 100^\circ$  не превышает 10% от исходного, при этом уровень максимального бокового лепестка изменяется не более чем на 3 дБ. Для спадающих к краям распределений (цифры 3, 4 рис. 11) величина КНД и угол возбуждения связаны практически линейной зависимостью.

Поскольку зондирующий и отраженный сигналы отличны от монохроматического, необходимо определить характер зависимости основных ХН приемной ВАР в полосе частот спектра зондирующего

сигнала. Это связано с тем, что при формировании множества ДН на прием предполагается, что АФР токов возбуждения выбрано исходя из требований к ДН на средней (несущей) частоте и при изменении частоты остается постоянным. В таком случае АФР в решетке для спектральных составляющих принимаемого сигнала уже не будет оптимальным. Так как в приемной ВАР предполагается параллельная обработка принятых сигналов в отдельном канале (модуле), связанным с конкретным излучателем, то дисперсионные свойства внутренней области ВАР не являются определяющими и в первом приближении могут не учитываться при анализе [10, 12]. В качестве основных интегральных параметров ДН ВАР в азимутальной плоскости (сфокусированной в бесконечность) были выбраны: величина относительного изменения КНД –  $D_{\max}^{\phi}(k_0) \left( D_{\max}^{\phi}(k) \right)^{-1}$ ; величина относительного изменения среднего УБЛ –  $f_{\text{med}}(k) - f_{\text{med}}(k_0)$ , дБ при переменной частоте сигнала. В расчетах относительный диапазон частот сигнала полагался равным  $\Delta F \cdot f_0^{-1} = 2,2 \cdot 10^{-4}$ , при различных величинах  $k_0 a$  и  $L_{\text{обр}} = 20\lambda_0$ ,  $d_m = d_{\phi} = 0,5\lambda_0$ ,  $h_1 = 0,25\lambda_0$ ,  $C_0 = 0$ .

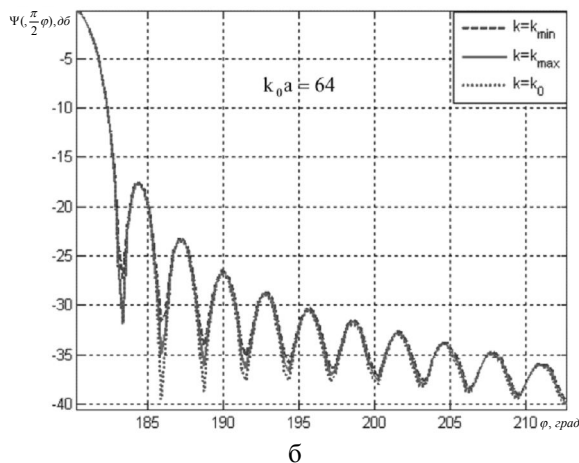
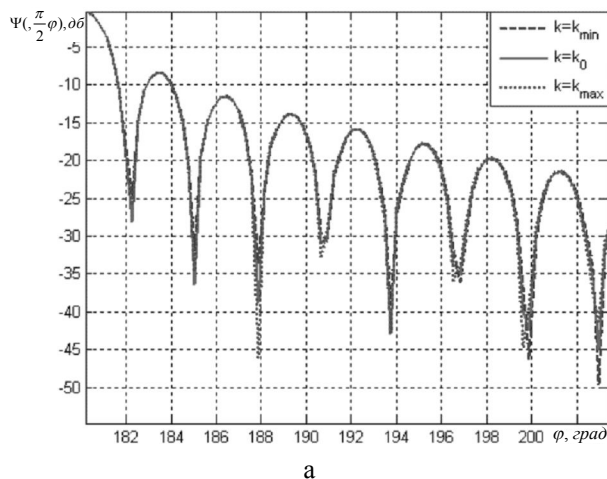


Рис. 12. ДН ВАР на крайних частотах спектра зондирующего (отраженного) сигнала при различных амплитудных распределениях: а – равномерное АР; б – АР Хемминга

Как показали расчеты, с увеличением электрического радиуса ВАР значение относительного изменения КНД и среднего УБЛ растет, причем растет тем больше, чем более спадает к краям амплитуда поля вдоль направляющей ВАР. В качестве примера, на рис. 12 представлены ДН ВАР по мощности на крайних частотах спектра зондирующего (отраженного) сигнала.

На рис. 13 представлены результаты расчетов параметров ДН ВАР, сфокусированной на частоте  $\omega_0$  для переменной  $k = (k_{\min} \div k_{\max})$ . Как следует из анализа данных приведенных на рис. 13 величина изменения максимального КНД антенны для всех рассмотренных случаев не превышает 1,3%. Кроме этого наибольшее изменение в среднем уровне боковых лепестков не превышает 12% от ДН на гармонике несущей.

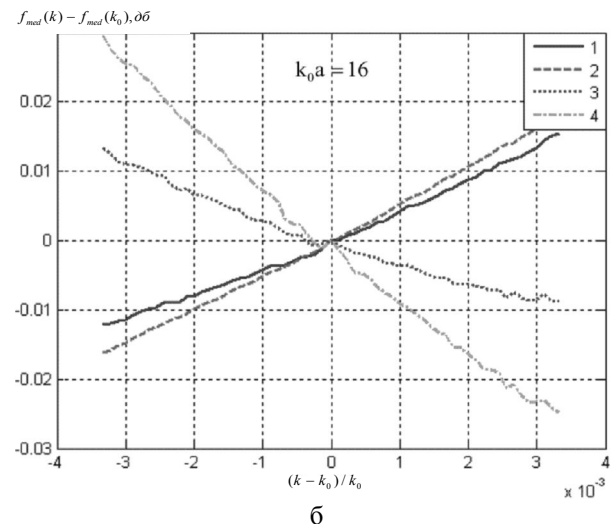
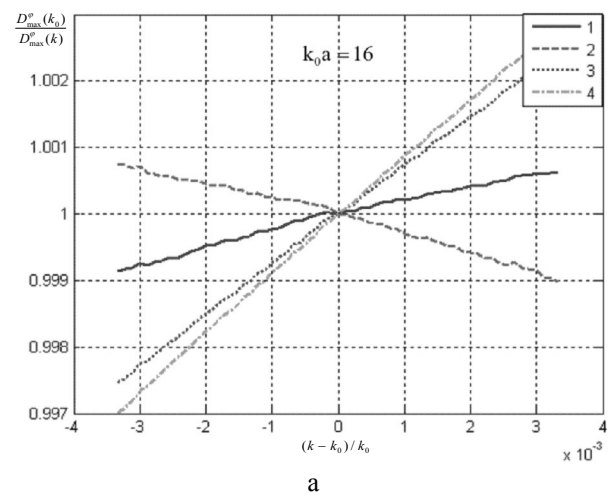


Рис. 13. Зависимость ХН АРЦ в полосе частот спектра зондирующего (отраженного) сигнала:  
 а – относительное изменение КНД: 1 – равномерное амплитудное распределение; 2 – «обращенное» амплитудное распределение; 3 – косинусное обобщенное амплитудное распределение; 4 – амплитудное распределение Хемминга;  
 б – относительное изменение среднего уровня БЛ: 1 – равномерное амплитудное распределение; 2 – «обращенное» амплитудное распределение; 3 – косинусное обобщенное амплитудное распределение; 4 – амплитудное распределение Хемминга

## Выводы

Проведенная в работе оценка основных характеристик направленности ВАР, свидетельствуют о том, что при определении ближней границы дальней зоны ВАР с величиной относительной ошибки менее 1% по критерию постоянства максимального КНД, допустимо ограничиться релейским расстоянием ( $R_{кл}$ ) порядка 10% от классического. Имитационное моделирование показало, что при формировании ДН на центральной частоте спектра зондирующих сигналов, при электрическом радиусе решетки  $k_0 a \geq 16$  и частоте  $\Delta F \cdot f_0^{-1} = 2,2 \cdot 10^{-4}$  для принимаемого сигнала, величина изменения максимального КНД не превышает 1,3%, при этом наибольшее изменение в среднем уровне БЛ будет не более 12%, от ДН формируемых на центральной частоте зондирующего сигнала.

## Список литературы

1. К вопросу выбора метода определения характеристик выпуклой антенной решетки / В.Д. Карлов, О.А. Окунев, Н.Н. Петрушенко, Е.В. Лукашук // Збірник наукових праць ХУ ПС. – Х., 2009. – Вип. 1(19). – С. 64-49.
2. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн / В.В. Никольский, Т.И. Никольская. – М.: Наука, 1989. – 544 с.
3. Сканирующие антенные системы СВЧ / Под ред. Р. Хансена. – М.: Сов. радио, 1966. – 536 с.
4. Шифрин Я.С. Статистика линейной антенны в зоне Френеля / Я.С. Шифрин, Ю.М. Бородавко, В.А. Назаренко. – Х.: ХИРЭ, 1986. – 162 с.

5. Канащенков А.И. Электронные СВЧ компоненты – база настоящих и будущих радиолокационных систем / А.И. Канащенков, В.В. Копылов, В.Я. Рогов // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2003. – № 7. – С. 26-29.
6. Менцер Дж. Р. Дифракция и рассеяние радиоволн / Дж. Р. Менцер. – М.: Сов. радио, 1958. – 148 с.
7. Шевченко А.Ф. Оценка границы дальней зоны линейной антенной решетки / А. Шевченко, В. Замятин // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 1 (50). – С. 55-65.
8. Фрадин А.З. Измерение параметров антенно-фидерных устройств / А.З. Фрадин, Е.В. Рыжков. – М.: Связь, 1972. – 352 с.
9. Антенны и устройства СВЧ (Проектирование фазированных антенных решеток): учебное пособие для вузов / Д.И. Воскресенский, С.Д. Кременецкий, А.Ю. Грунев и др.; под ред. Д.И. Воскресенского. – М.: Радио и связь, 1981. – 432 с.
10. Воскресенский Д.И. Выпуклые сканирующие антенны (основы теории и методы расчета) / Д.И. Воскресенский, Л.И. Пономарев, В.С. Филиппов. – М.: Советское радио, 1978. – 304 с.
11. Josefsson L. Conformal array theory and design / L. Josefsson, P. Persson. – New Jersey: IEEE press. Wiley-Interscience publication, 2006. – 488 p.
12. Malek G.M. Hussain Cylindrical Array Beamforming Based on Ultra-Wideband Signals / G.M. Hussain Malek // IEEE Trans. On Wireless Communications. – 2005. – Vol. 4, №.6. – P. 635.

Поступила в редколлегию 22.06.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.И. Карпенко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СПРЯМОВАНОСТІ ОПУКЛОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

В.Д. Карлов, О.О. Окунев, М.М. Перушенко, О.В. Лукашук

У статті отримані результати імітаційного моделювання основних характеристик спрямованості опуклих антенних решіток. Проведено оцінку діаграми спрямованості по потужності на різних відстанях до точки спостереження; максимального коефіцієнта спрямованої дії опуклою антенною решіткою при змінній відстані до точки спостереження; залежності відносної помилки визначення ближньої границі далекої зони від дальності за відомими критеріями. Крім цього розглянуті питання визначення ближньої границі далекої зони опуклої антенної решітки по різних параметрах. Отримано залежності характеристик спрямованості опуклих антенних решіток від геометричних параметрів при використуванні на практиці амплітудних розподілів. Знайдено залежності параметрів діаграм спрямованості опуклих антенних решіток від ширини куткового сектора збудження порушення при різних видах амплітудних розподілів.

**Ключові слова:** опуклі антенні ґрати, дальня зона, діаграма спрямованості, коефіцієнт направленої дії, головний максимум, рівень бічних пелюсток, імітаційне моделювання, амплітудно-фазовий розподіл.

## MODELING OF CHARACTERISTICS OF AN ORIENTATION OF A CONVEX ANTENNA LATTICE

V.D. Karlov, O.A. Okunev, N.N. Petrushenko, H.V. Lukashuk

In article results of imitating modelling of the basic characteristics of an orientation of convex antenna lattices are received. The estimation of the diagramme of an orientation on capacity on various distances to a supervision point is spent; the maximum factor of the directed action of a convex antenna lattice at variable distance to a supervision point; dependences of a relative error of definition of near border of a distant zone on range by known criteria. Questions of definition of near border of a distant zone of a convex antenna lattice on various parametres are besides considered. Dependences of characteristics of an orientation of convex antenna lattices on geometrical parametres are received at peak distributions used in practice. Dependences of parametres of diagrammes of an orientation of convex antenna lattices on width of angular sector of excitation are found at various kinds of peak distributions.

**Keywords:** protuberant aerial grate, distant area, diagram of orientation, coefficient of the directed action, main maximum, level of lateral petals, imitation design, gain-phase distributing.