

DOI: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2023.9.12>

УДК: 621.396.677

ФОРМИРОВАНИЕ ОДНОЛУЧЕВЫХ ДЕКАМЕТРОВЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК, РАЗМЕЩЕННЫХ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ СКЛОНАХ

И.М. Орощук, А.Н. Сучков, М.М. Кадочников

Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. С.О. Макарова,
690062, г. Владивосток, переулок Камский, 6

Статья поступила в редакцию 31 мая 2023 г.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований возможности формирования однолучевых ионосферных радиоканалов, обеспечивающих существенное повышение пропускной способности декаметровых каналов связи за счет снижения временного рассеяния и глубины замираний принимаемых сигналов. Для реализации этих каналов предложено использовать антенные решетки, размещенные на наклонной подстилающей поверхности. Показана возможность создания таких антенных решеток с направленными свойствами, обеспечивающими выделение одного дискретного луча при практически реализуемых габаритных размерах всей конструкции. Это существенно повысит надежность антенны и снизит затраты на ее реализацию и эксплуатацию, по сравнению с мачтовыми антеннами декаметрового диапазона.

Ключевые слова: цифровая неэквидистантная антенная решетка, пространственно-корреляционная обработка сигналов, помехоустойчивость, декаметровая связь, пропускная способность.

Автор для переписки: Кадочников Максим Михайлович, maks-navy@yandex.ru

Введение

Достоинство применения декаметровых (ДКМ) радиоканалов определяется возможностью установления прямой связи на различные расстояния, вплоть до межконтинентальных при высоких показателях живучести, низких экономических и энергетических затратах. Все это существенно повышает значимость применения и развития радиоканалов ДКМ диапазона.

Однако при всех преимуществах ДКМ связь имеет ряд недостатков. Низкая пропускная способность ДКМ каналов связи является ограничением широкого внедрения систем передачи данных в таких каналах, что связано с многолучевым распространением радиоволн, вызывающем глубокие замирания и большое временное рассеяние принимаемых сигналов. Также ограничения связаны с большими дисперсионными искажениями сигналов, возникающими при прохождении радиоволн в ионосфере [1].

Глубокие замирания вызывают временное снижение уровня принимаемого сигнала, в результате чего снижётся отношение уровней сигнал/шум, а большое временное рассеяние порождает межсимвольную интерференцию в принимаемой информационной последовательности (рис. 1). Все это в целом приводит к снижению помехоустойчивости канала и ограничению скорости передачи информации [2].

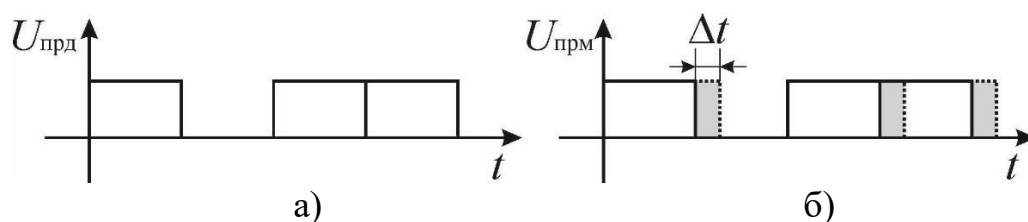


Рис. 1. Пояснение межсимвольной интерференции в ДКМ каналах:
а – передаваемый, б – принятый сигнал с межсимвольной интерференцией.

Дисперсионные искажения вызваны зависимостью скорости распространения фронта волны от используемой рабочей частоты, что ограничивает допустимую ширину спектра передаваемых сигналов

в пределах ДКМ диапазона от 100 до 200 кГц [3]. Это не позволяет использовать скоростные модемы, основанные на применении широкополосных сигналов.

В результате, несмотря на активные разработки новых модемов, повышающих помехоустойчивость ДКМ каналов связи, возможности их применения в ионосферных ДКМ каналах связи всегда ограничены, прежде всего, из-за большого временного рассеяния и дисперсионных искажений принимаемых сигналов. Эти факторы определяют основную проблему для существенного повышения скорости передачи информации, особенно в период больших возмущений в ионосфере [2].

Одним из решений проблемы повышения скорости передачи информации в ДКМ диапазоне может служить способ организации однолучевого ионосферного канала связи, подверженного только диффузной многолучевости [2, 4]. В этом случае резко снижается временное рассеяние принимаемого сигнала и глубина замираний, что дает возможность существенно повысить скорость передачи информации.

Таким образом, применение однолучевого канала позволит увеличить скорость передачи информационных сигналов. В частности, при использовании бинарной модуляции можно достигнуть скорости работы модема до 13 кБод, которой соответствует скорость передачи информации до 13 кбит/с, а при применении многопозиционных видов модуляции, таких как *PSK-8*, *QAM-16* – *QAM-64* и т.д. скорость передачи данных в ДКМ канала может превышать 200 кбит/с [2, 4].

Проведенные экспериментальные исследования показали, что для выделения одного дискретного луча требуется антенна с управляемой узкой диаграммой направленности (ДН) в вертикальной плоскости с пространственным разрешением менее 10° [2].

Для достижения требуемых направленных свойств могут быть использованы вертикальные антенные решетки (АР) с управляемой диаграммой направленности типа синфазной горизонтальной диапазонной АР. Однако реализация таких АР сопряжена с использованием громоздких

сооружений, построенных на высоких мачтах с большим количеством антенных элементов (АЭ), на которую требуется большие экономические затраты на ее сооружение и последующую эксплуатацию. Причем при необходимости кругового азимутального позиционирования необходимо использовать серию таких громоздких антенн.

В качестве альтернативы для решения проблем практической реализации высоконаправленных ДКМ антенн предлагается вместо высоких мачт размещать АЭ АР на естественном склоне (рис. 2). Это позволит сформировать ДН в любом направлении в верхней полусфере, тем самым обеспечить возможность позиционирования АР на выбранный дискретный луч ионосферного канала связи в направлении противоположной станции в горизонтальной плоскости [5].

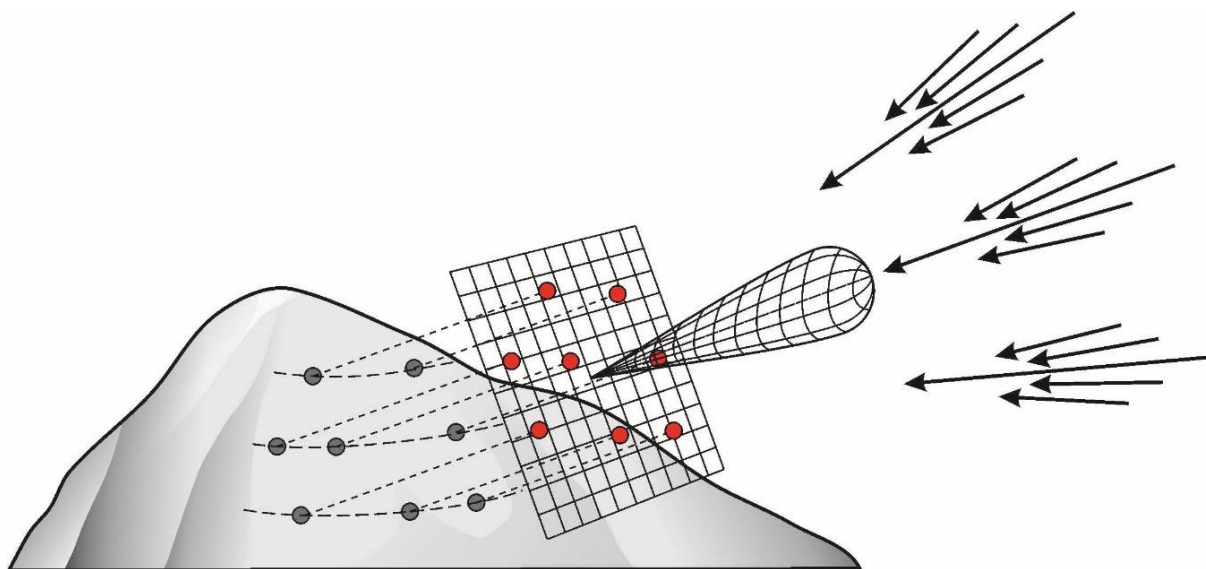


Рис. 2. Размещение приемных элементов на естественном склоне и пример ее позиционирования.

Размещение АР на естественных склонах обеспечит ряд преимуществ перед вертикальными АР, построенными на антенных мачтах:

- за счет экранирующих свойств земли не потребуются сложные конструкции АЭ для подавления заднего лепестка ДН;
- не потребуются расходы на изготовление и монтаж громоздких мачтовых сооружений;
- снизится ветровая нагрузка на конструкцию антенн, что повысит надежность эксплуатации АР;

– для обслуживания и ремонта не потребуется привлечение специалистов-высотников (обслуживание может выполняться силами эксплуатирующей организации).

Определённым недостатком АР, размещенной на склоне, является ограничение позиционирования по азимуту. Однако данный недостаток может быть решен за счет многосекторного размещения подобных АР по периметру возвышенности.

В качестве АЭ антенной решетки выбрана активная антенна, построенная на использовании несимметричного вертикального вибратора с длиной менее половины волны, установленного на наклонной подстилающей поверхности и устройства усиления и согласования. Выбор такой антенны обусловлен ее направленными характеристиками, а также широкополосностью, малыми масса-габаритными характеристиками и прочностью конструкции [6].

Для реализации разрабатываемой АР необходимо обеспечить прием в заданном секторе углов прихода ионосферной волны. Из работы [1] известно, что наиболее вероятные значения углов прихода ионосферной волны изменяются в пределах:

- 8° - 55° при длине магистрали от 600 до 2000 км;
- 5° - 15° при длине магистрали от 2000 до 3000 км;
- 3° - 8° при длине магистрали более 3000 км.

Следовательно, для радиотрасс протяженностью от 600 до 4000 км углы прихода лучей изменяются в пределах от 3° до 55° в вертикальной плоскости, которые определяют необходимый сектор позиционирования разрабатываемой АР в вертикальной плоскости. При этом, учитывая, что наименьшим временным рассеяниям подвержены лучи, приходящие под меньшим углом в вертикальной плоскости, сектор позиционирования АР в вертикальной плоскости в общем может быть снижен в пределах от 3° - 35° [4]. Данный сектор позиционирования определяют требования к диаграмме направленности АЭ антенной решетки.

Для оценки направленных свойств вертикального вибратора, размещенного на наклонной поверхности разработана математическая модель.

Модель позволяет оценивать ДН такой антенны при разных углах наклона и параметрах подстилающей поверхности (рис. 3).

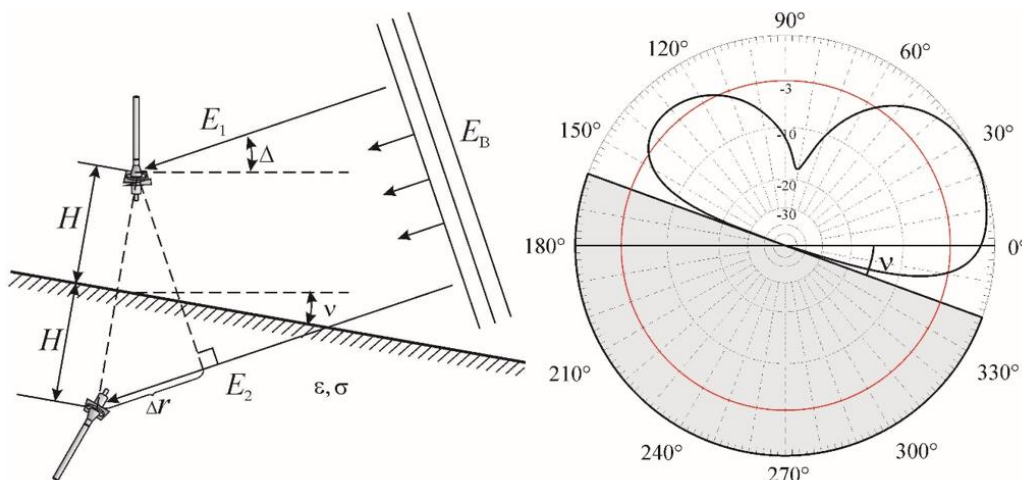


Рис. 3. Размещение антенного элемента на наклонной поверхности и его диаграмма направленности.

Математическая модель позволяет оценивать направленные свойства АЭ (см. рис. 3):

$$F_{AЭ}(\Delta, \vec{V}_{AЭ}^{\rho}) = \sqrt{\Psi^2(\Delta) + 2\Psi(\Delta)\Psi(\Delta + 2\nu) |\Phi_{||}| \cos \gamma + \Psi^2(\Delta + 2\nu) |\Phi_{||}|^2}, \quad (1)$$

где Δ – угол места;

$\vec{V}_{AЭ}^{\rho}$ – вектор параметров антенного элемента:

$$\vec{V}_{AЭ}^{\rho} = \{\nu, H, \varepsilon, \sigma\}; \quad (2)$$

Ψ – промежуточный параметр:

$$\Psi(\Delta) = \frac{\cos(kl \sin \Delta) - \cos(kl)}{\cos \Delta}; \quad (3)$$

ν – угол наклона подстилающей поверхности;

$|\Phi_{||}|$ – модуль коэффициента отражения;

γ – промежуточный параметр:

$$\gamma = \varphi_{||} - 2kH \sin(\Delta + \nu); \quad (4)$$

H – высота подвеса антенны;

σ – удельная проводимость земли;

ε – диэлектрическая проницаемость земли;

k – коэффициент фазы;

l – длина плеча вибратора;

φ_{\parallel} – аргумент коэффициента отражения.

Модуль и аргумент коэффициента отражения от земли определяется выражениями:

$$|\Phi_{\parallel}| = \sqrt{\frac{(\varepsilon \sin \Delta - |A| \cos B)^2 + (|A| \sin B + 60 \sigma \lambda \sin \Delta)^2}{(\varepsilon \sin \Delta + |A| \cos B)^2 + (|A| \sin B - 60 \sigma \lambda \sin \Delta)^2}}, \quad (5)$$

$$\varphi_{\parallel} = -\arctg \frac{|A| \sin B + 60 \sigma \lambda \sin \Delta}{\varepsilon \sin \Delta - |A| \cos B} - \arctg \frac{|A| \sin B - 60 \sigma \lambda \sin \Delta}{\varepsilon \sin \Delta + |A| \cos B}, \quad (6)$$

где A – промежуточный параметр:

$$A = \sqrt[4]{(\varepsilon - \cos^2 \Delta)^2 + (60 \sigma \lambda)^2}; \quad (7)$$

B – промежуточный параметр:

$$B = -0,5j \cdot \arctg \frac{60 \sigma \lambda}{\varepsilon - \cos^2 \Delta}. \quad (8)$$

Для оценки возможности обеспечения требуемой ДН выбранного АЭ было проведено численное моделирование по исследованию ширины главного лепестка (ГЛ) ДН в вертикальной плоскости при различных значениях угла наклона подстилающей поверхности в пределах рабочих частот ДКМ диапазона.

Анализ проведенных исследований показал, что выбранный АЭ обеспечивает прием в секторе вероятного прихода лучей от 3° до 55° (рис. 4) при наклоне подстилающей поверхности в пределах от 25° до 35° . Кроме того, такой наклон обеспечивает наиболее приемлемые условия эксплуатации антенны. Дополнительно показана, что вибратор, размещенный на наклонной поверхности, обеспечивает прием сигналов под углами 0° . То есть применение таких антенн может решить проблему классических

антенных систем, применяемых для ДКМ радиотрасс с поверхностной волной [3].

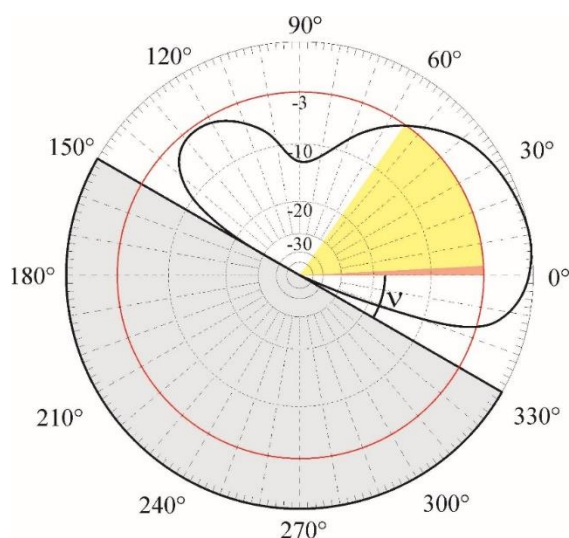


Рис. 4. Диаграмма направленности антенного элемента с указанием сектора вероятного приема при $\nu = 30^\circ$.

С учетом возможности применения в телекоммуникационных системах микропроцессорной техники, для реализации позиционируемых ДКМ антенн может быть использована АР с цифровой обработкой сигналов. В частности, к таким АР относятся цифровые антенные решетки (ЦАР) с пространственно-корреляционным методом обработки сигнала [7-11], взятые за основу построения разрабатываемой антенной решетки. Приоритет выбора таких антенн определен исследованиями, показавшими их высокую эффективность для горизонтальных АР [12, 13].

Принцип работы ЦАР с пространственно-корреляционной обработкой сигналов (рис. 5) [14-19] строится на выполнении операций предварительного усиления, оцифровки и фильтрации сигналов в приемном тракте, после которых осуществляется виртуальное позиционирование элементов АР на одну плоскость, ортогональную направлению прихода сигнала за счет ввода временных задержек в оцифрованные выходные напряжения сигналов всех АЭ (рис. 6) [11, 13, 14]. Далее выполняется вычисление суммы взаимных корреляций оцифрованных напряжений между всеми парами АЭ, после чего этот сигнал поступает на устройство принятия решений, в котором принимается решение о принятом информационном символе.

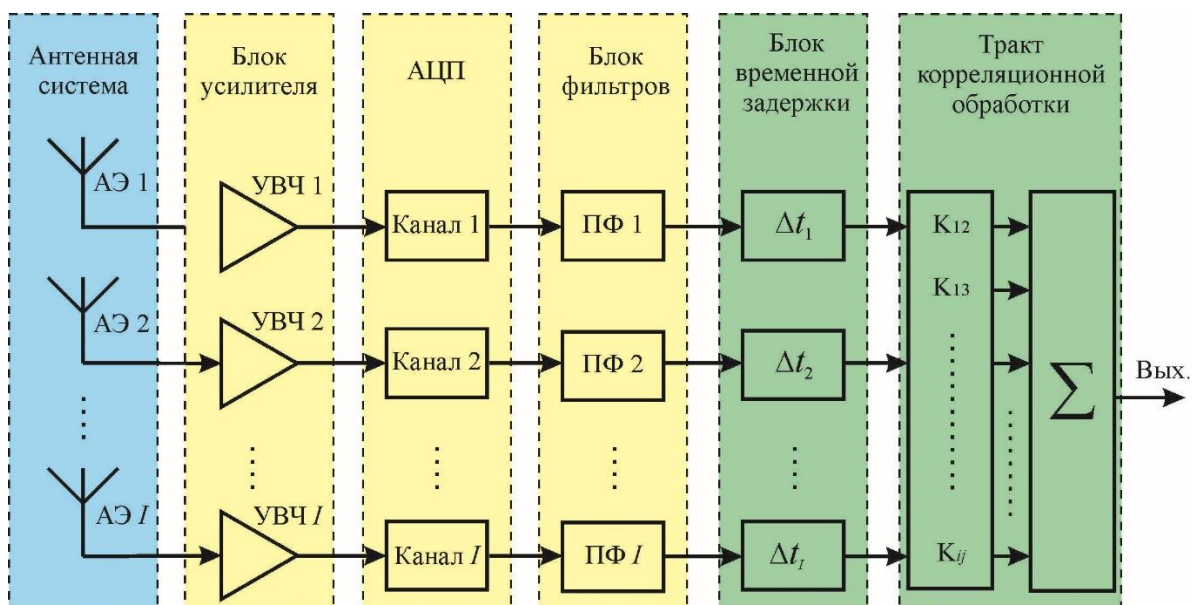


Рис. 5. Схема ЦАР с пространственно-корреляционным методом обработки сигналов.

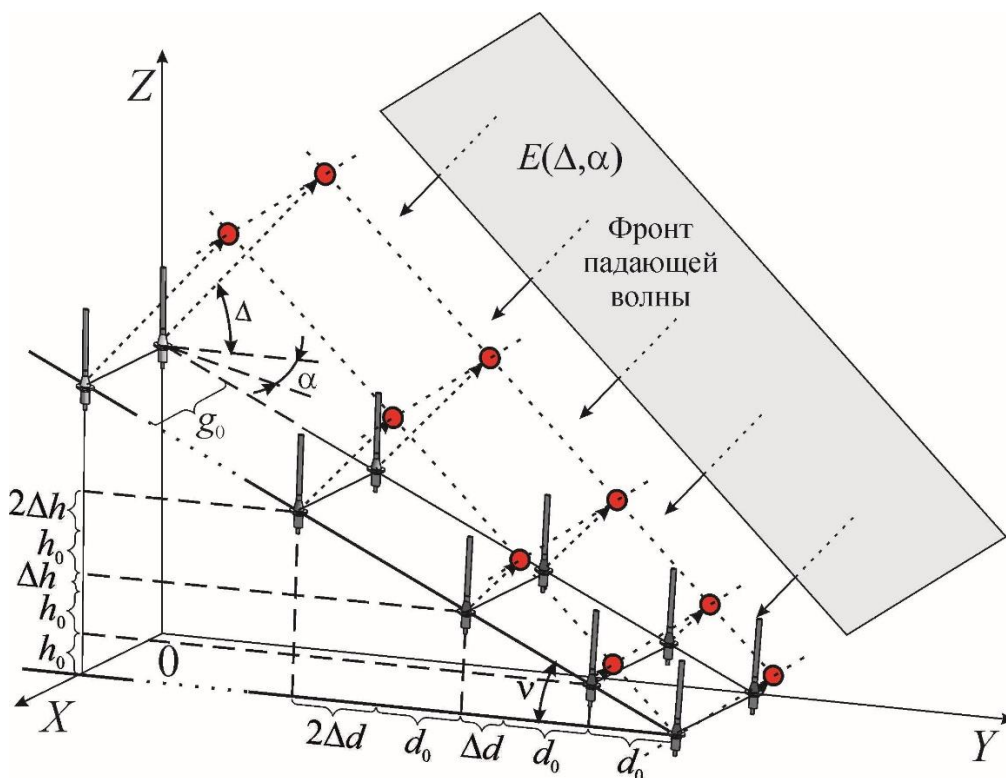


Рис. 6. Конструктивные параметры и пояснение процесса позиционирования АР.

Для детального исследования направленных свойств ЦАР, размещенной на наклонной поверхности на базе модели АЭ была разработана математическая модель антенной решетки. Выходным параметром модели является отклик ЦАР, значение которого определяет ее функцию направленности:

$$F_{\text{ЦАР}}(\alpha, \Delta, \vec{V}_{\text{АР}}, f) = (2fF_{\text{АЭ}}(\alpha, \Delta))^n \left[\sum_{i=1}^{I-1} \sum_{j=i+1}^I \left[\int_0^{T_0} S_i(t) S_j(t + \Delta t_{ij}) dt \right] \right]^n, \quad (9)$$

где α – азимутальный угол;

$\vec{V}_{\text{АР}}^{\text{Р}}$ – вектор параметров АР:

$$\vec{V}_{\text{АР}}^{\text{Р}} = \{I, v, h_0, d_0, g_0, \Delta h, \Delta d, \Delta g, F_{\text{АЭ}}(\alpha, \Delta)\}; \quad (10)$$

$F_{\text{АЭ}}(\alpha, \Delta)$ – функция направленности АЭ в вертикальной и горизонтальной плоскостях:

$$F_{\text{АЭ}}(\alpha, \Delta) = [\Psi^2(\Delta) + 2\Psi(\Delta)\Psi(\Delta + 2\arctg(\text{tg}v_0 \cos \alpha)) | \Phi_{\parallel} | \cos \gamma + \Psi^2(\Delta + 2\arctg(\text{tg}v_0 \cos \alpha)) | \Phi_{\parallel} |^2]^{\frac{1}{2}}. \quad (11)$$

I – количество элементов антенной решетки;

S_i, S_j – напряжения выходных сигналов i, j элементов антенной решетки;

Δt_{ij} – временная задержка после позиционирования АР:

n – порядок обработки сигналов;

h_0 – минимальная расстояние между АЭ по оси Z ;

d_0 – минимальное расстояние между АЭ по оси Y ;

g_0 – минимальное расстояние между АЭ по оси X ;

Δh – приращение расстояния по оси X ;

Δd – приращение расстояния по оси Y ;

Δg – приращение расстояния по оси X .

Для вычисления временной задержки Δt_{ij} используются координаты антенных элементов спозиционированной АР:

$$\Delta t_{ij} = \frac{m_{yi}^* - m_{yj}^*}{c}, \quad (12)$$

где m_{yi}^* и m_{yj}^* – значения ординат антенных элементов после позиционирования АР.

Матрица координат спозиционированных антенных элементов вычисляется путем последовательного умножения матрицы исходных координат

АЭ на матрицы поворотов вокруг оси X и Z . Такая операция обеспечивает виртуальное позиционирование АР в горизонтальной и вертикальной плоскостях:

$$M^*(\Delta, \alpha) = M_x M_z M, \quad (13)$$

где M_x – матрица поворотов вокруг оси X ;

M_z – матрица поворотов вокруг оси Z ;

M – матрица исходных координат антенных элементов.

$$M_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\Delta) & \sin(\Delta) \\ 0 & -\sin(\Delta) & \cos(\Delta) \end{bmatrix}; \quad (14)$$

$$M_z = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (15)$$

$$M = \begin{bmatrix} m_{x1} & m_{x2} & \dots m_{xi} \\ m_{y1} & m_{y2} & \dots m_{yi} \\ m_{z1} & m_{z2} & \dots m_{zi} \end{bmatrix}, \quad (16)$$

где $m_{x,i}$, $m_{y,i}$ и $m_{z,i}$ – исходные координаты антенных элементов АР.

Следует отметить, что в общем случае поверхность склона имеет неравномерную плоскую поверхность, однако это не ограничивает возможность реализации ЦАР. Неровности поверхности можно компенсировать высотой подвеса антенн, а также возможностью позиционирования элементов АР с учетом соответствующих координат размещения АЭ по высоте.

Для анализа направленных свойств ЦАР был произведен расчет более 500 диаграмм направленности при различных конструктивных параметрах антенны с эквидистантным и неэквидистантным размещением антенных элементов на рабочих частотах ДКМ диапазона.

Проведенные исследования показали, что наилучшими направленными свойствами обладают антенные решетки симметричные в горизонтальной

плоскости с неэквидистантным размещением антенных элементов в вертикальной плоскости. Модельные исследования показали, что наибольшей эффективностью обладают АР с конфигурацией апертуры в виде «елки», варианты конструкции которой показаны на рис. 7.

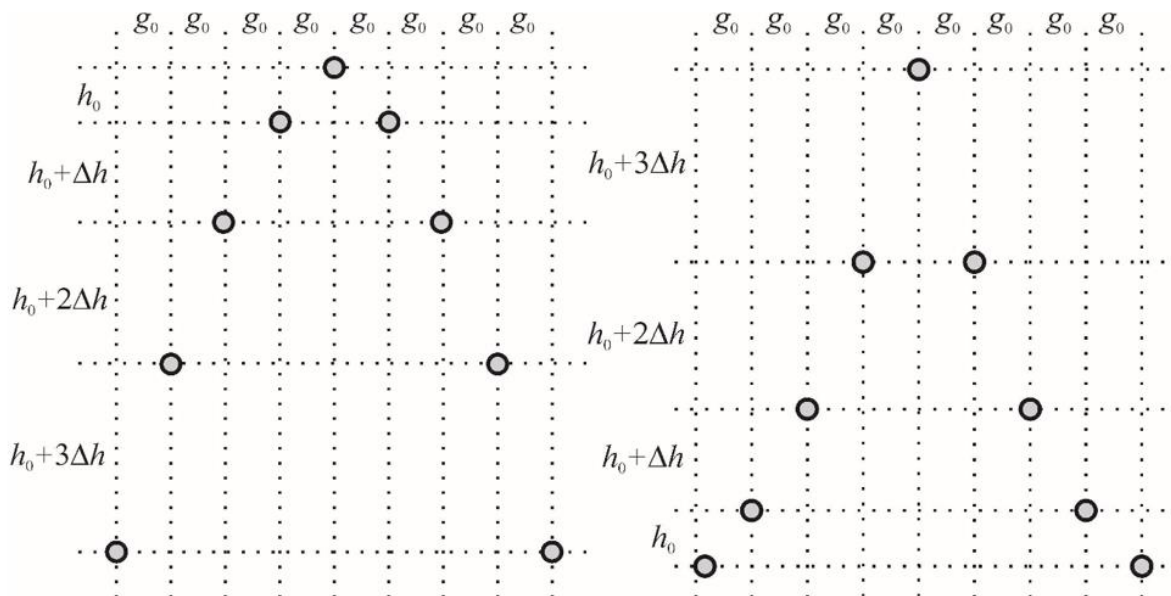


Рис. 7. Варианты конструкций АР типа «елка» (вид с фронта).

Антенная решетка с конфигурацией в виде «елки» превосходит другие по направленным характеристикам, особенно на низких частотах. Такая конструкция АР обеспечивает заданные направленные свойства по ширине ГЛ и уровню боковых лепестков при меньшем числе антенных элементов. В качестве примера, на рис. 8 представлена разработанная конструкция АР типа «Елка», общие размеры апертуры которой ограничены реализуемыми на практике размерами $G \times D \times H = 72,5 \times 250 \times 145$ м. Диаграмма направленности этой антенны показана на рис. 9.

Разработанная АР имеет высокие направленные свойства и возможность позиционирования ДН в секторе от 3° до 55° в вертикальной плоскости, а в горизонтальной плоскости – от 0° до $\pm 80^\circ$. Ширина ГЛ ДН антенны в вертикальной плоскости не превышает 10° , а в горизонтальной плоскости – 34° , при максимальном уровне боковых лепестков менее $-10,5$ дБ.

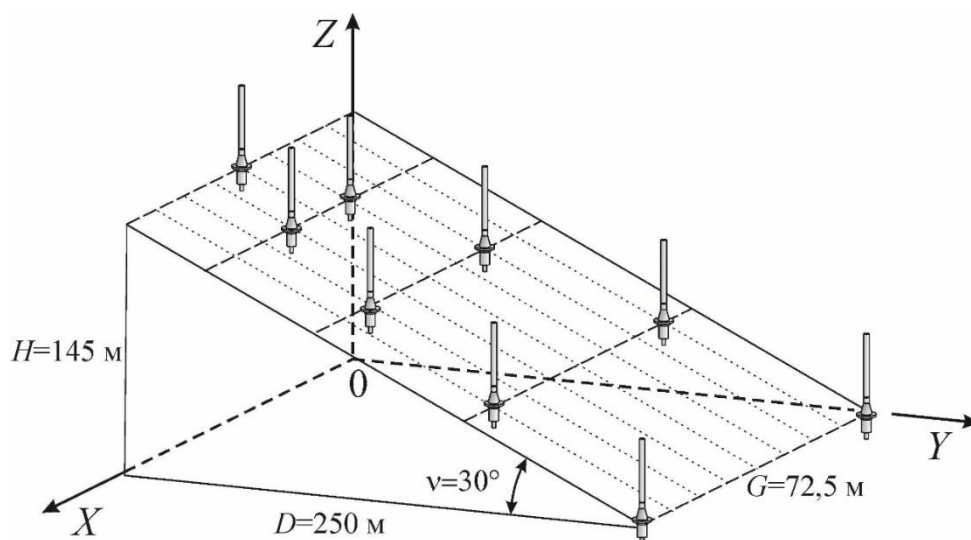


Рис. 8. Конструкция разработанной АР.

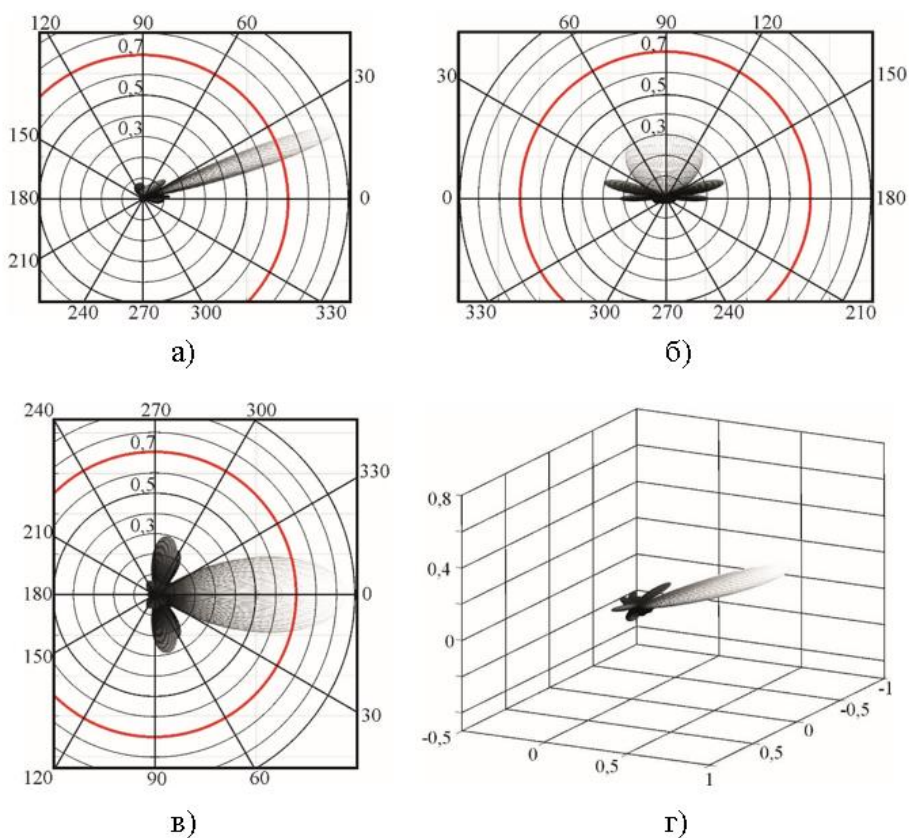


Рис. 9. Диаграмма направленности АР типа «елка» (11 антенных элементов, рабочая частота 3 МГц: а – вид сбоку; б – вид с фронта; в – вид сверху; г – трехмерный вид.

Такие характеристики антенны обеспечивают возможность формирования однолучевого ионосферного канала, снижающего временное рассеяние с 0,3-5 мс до 50-200 мкс и глубину замираний в ДКМ канале связи не менее чем на 3 дБ [2, 4].

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что использование ДКМ антенной решетки, размещенной на естественном склоне, обладает большей эффективностью по сравнению с высокими мачтовыми антеннами. Такая конструкция антенны позволит формировать узкую ДН в любом направлении в верхней полусфере, обеспечивая возможность позиционирования АР на выбранный дискретный луч ионосферного канала связи, в результате чего существует возможность эффективного применения скоростных модемов, повышающих не менее чем на порядок скорость передачи информации и помехоустойчивость ДКМ каналов связи. При этом повышается надежность конструкции, и значительно снижаются затраты на создание и последующую эксплуатацию такой антенны.

Литература

1. Айзенберг Г.З., Белоусов С.П., Журбенко Э.М. [и др.] Коротковолновые антенны. Москва, Радио и связь. 1985. 536 с.
2. Гуреев И.Е. Возможности повышения скорости обмена данными в декаметровом канале радиосвязи с пространственной селекцией сигналов. Техника радиосвязи: научно–технический сборник. 2020. Вып. 1 (44). С. 17-28.
3. Фейнберг Е.Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. – Москва, Наука. Физматлит. 1999. 496 с.
4. Орощук И.М., Гуреев И.Е., Сучков А.Н., Соловьев М.В. Результаты исследования пространственно-корреляционных характеристик однолучевого ионосферного декаметрового канала связи. Морские интеллектуальные технологии. 2020. Вып. 1 (47), т. 2. С.145-150.

5. Кадочников М.М. Концепция повышения пропускной способности декаметровых радиолиний на основе применения однолучевых каналов связи. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «Военно-инженерное дело на Дальнем Востоке России». Владивосток. 2022. С.175-179.
6. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Часть III. Простые КВ антенны. Москва, РадиоСофт. 2006. 288 с.
7. Орощук И.М., Сучков А.Н., Жариков-Горский В.А. Моделирование пространственно-корреляционных характеристик поля радиосигналов и радиопомех в цифровых антенных решетках декаметровых радиоэлектронных систем. Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2017. № 3 (27). С.60-68.
8. Орощук И.М., Сучков А.Н., Соловьев М.В., Мельник С.Л. Метод компенсации поля естественных радиопомех в цифровых антенных решетках с нелинейной обработкой сигналов. Морские интеллектуальные технологии. 2020. №1(47), Т.2. С.157-162. Режим доступа: http://morintex.ru/wp-content/files_mf/1584102011MITVOL47No1PART22020COMPRESS.pdf
9. Орощук И.М., Сучков А.Н., Мельник С.Л., Соловьев М.В. Вероятностная оценка обнаружения радиолокационного сигнала цифровой антенной решеткой с пространственно-корреляционным методом обработки сигналов. Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2019. № 6. Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/jun19/2/text.pdf>
10. Орощук И.М., Сучков А.Н., Васильев М.А. Метод моделирования отклика цифровых антенных решеток с пространственно-корреляционным методом обработки сигналов. Международная конференция «Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития». Петропавловск-Камчатский. 2019. С.111-116.

11. Орощук И.М., Сучков А.Н., Василенко А.М. Пространственно-корреляционных метод обработки сигналов в неэквидистантных цифровых антенных решетках. XVII Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и их применение» Российское НТОРЭС им. А.С. Попова «Обработка сигналов в радиотехнических системах». Москва. 2015. С.385-389.
12. Орощук И.М., Сучков А.Н. Возможности применения нелинейных цифровых антенных решеток в дециметровом диапазоне. Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2015. № 2. С.17-26.
13. Орощук И.М., Сучков А.Н., Жариков-Горский В.А. Методы синтеза цифровых антенных решеток дециметрового диапазона с пространственно-корреляционным методом обработки сигналов. Владивосток, ТОВВМУ. 2019. 188 с.
14. Орощук И.М., Пономарева Н.Г. Усовершенствованный способ корреляционной обработки сигнала, принимаемого на коротких волнах. Материалы региональной научно-практической конференции «Молодежь и научно-технический прогресс». Владивосток. 2013. С.64-69.
15. Орощук И.М., Долгих В.Н., Прищепа М.Н. Вероятностные характеристики обнаружения сигналов корреляционным пространственным фильтром. Акустический журнал. 2007. Том 53, № 2. С.226-232.
16. Орощук И.М., Сучков А.Н. Пространственно-корреляционный метод обработки сигналов дециметрового диапазона. 16-я Международная конференция «Цифровая обработка сигналов и ее применение». Москва, РНТОРЭС им. А.С. Попова. 2014. С.302-305.
17. Орощук И.М., Пономарева Н.Г. Разработка способа пространственно-корреляционной обработки сигнала в дециметровом диапазоне. Материалы Международной научной конференции «Информационные технологии XXI века». Хабаровск, ТГУ. 2013. С.67-76.

18. Орощук И.М., Сучков А.Н. Потенциальные возможности пространственно-корреляционного способа обработки сигналов в декаметровом диапазоне. 2-я Международная научная конференция «Технические науки: теория и практика». Чита. 2014. С.12-15.
19. Орощук И.М., Сучков А.Н., Василенко А.М. Пространственно-корреляционные свойства сигналов декаметровых волн. Электросвязь. 2015. № 7. С.34-39.

Для цитирования:

Орощук И.М., Сучков А.Н., Кадочников М.М. Формирование однолучевых декаметровых каналов связи с помощью цифровых антенных решеток, размещенных на естественных склонах. // Журнал радиоэлектроники. – 2023. - №.9. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2023.9.12>