

## Уменьшение уровня излучения вибраторных антенн с экраном в заданном направлении

Н. Н. Горобец, Н. П. Елисеева

*Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,  
61077, Харьков, пл. Свободы, 4  
E-mail: Nadezhda.P.Yeliseyeva@univer.kharkov.ua*

*Статья поступила в редакцию 28 декабря 1999 г., после переработки 15 марта 2000 г.*

На основе равномерной геометрической теории дифракции проведены расчеты уровня излучения вибраторной антенны с металлическим экраном прямоугольной формы в заданных направлениях наблюдения. Из анализа результатов численных расчетов следует, что в области тени и полутени при фиксированных направлениях наблюдения, расстоянии между вибратором и экраном, размере одной из сторон экрана существует определенный интервал значений отношения сторон экрана, в котором имеют место интерференционные осцилляции уровня излучения. Этот физический эффект дает возможность на практике существенно уменьшить излучение в заданном направлении путем изменения отношения сторон экрана в данном интервале и выбора его оптимального значения.

На основі рівномірної геометричної теорії дифракції проведено розрахунки рівня випромінювання вибраторної антени з металевим екраном прямокутної форми в заданих напрямках спостереження. З аналізу результатів числових розрахунків випливає, що в області тіні і напівтіні при фіксованих напрямкові спостереження, відстані між вибратором і екраном, розмірі однієї з сторін екрана існує певний інтервал значень співвідношення сторін екрана, при якому мають місце інтерференційні осциляції рівня випромінювання. Цей фізичний ефект дає можливість на практиці суттєво зменшити випромінювання в заданому напрямку шляхом зміни співвідношень сторін екрана у даному інтервалі і вибору його оптимального значення.

### 1. Постановка задачи

Задача уменьшения уровня бокового излучения в заданном секторе углов актуальна и важна для обеспечения помехозащищенности радиоэлектронных систем, обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных систем различных частотных диапазонов и различного функционального назначения, уменьшения влияния электромагнитных волн на среду обитания. На практике реализовать специально рассчитанные амплитудно-фазовые распределения источников поля на антенне весьма сложно, по крайней мере без увеличения размеров антенны, поэтому представляет интерес разработка методов решения задачи уменьшения излучения в заданном направлении или в заданном секторе углов.

Направленные свойства вибраторных антенн, находящихся вблизи плоских и уголкового экранов, исследовались в [1-6] различными математическими методами с использованием электродинамических моделей реальных излучающих систем. Решения двумерной задачи дифракции плоской волны Н- и Е-поляризации на эллиптическом идеально проводящем цилиндре бесконечной длины приведены в [1]. В работе [2] исследовалось излучение вибраторов

вблизи ленточных выступов на металлической плоскости, ограниченных по высоте или по ширине. При этом на основе решений [1] и согласно принципу взаимности получены выражения для диаграмм направленности (ДН) в угломестной и азимутальной плоскостях для электрического вибратора, расположенного соответственно вблизи металлической ленты и внутри уголка, образованного металлической плоскостью и бесконечно протяженным выступом на ней. Однако двумерность этих задач позволяет проводить анализ излучения только в плоскости, перпендикулярной к дифрагирующему объекту, и соответственно давать практические рекомендации для целенаправленного формирования ДН путем изменения только одного размера экрана [3]. В том же частотном диапазоне излучения электромагнитных волн (длина волны меньше или сравнима с размерами экрана) в [4,5] проводился расчет ДН электрического вибратора, расположенного параллельно (горизонтальный вибратор) и перпендикулярно (вертикальный вибратор) плоскости металлического экрана квадратной формы, через определение плотности тока на поверхности экрана путем численного решения интегродифференциальных уравнений. В работах [6,7] трехмерная задача дифракции излучения про-



извольно ориентированного вибратора на идеально проводящих бесконечно тонких уголке конечных размеров и прямоугольном экране решалась на основе равномерной геометрической теории дифракции [8]. Совпадение ДН, вычисленных строгим [5] и асимптотическим методом [7] для горизонтального диполя, доказывает возможность использования метода геометрической теории дифракции для размеров экрана, сравнимых с длиной волны и больше. Быстродействие алгоритмов расчета, проведенного этим методом, позволяет осуществлять численный анализ излучения в любом направлении наблюдения в зависимости от двух размеров экрана и положения вибратора относительно экрана. Из результатов расчета коэффициента защитного действия излучающей системы диполь-экран, т. е. отношения амплитуд полей в направлениях нормалей к экрану в полупространствах  $Z < 0$  и  $Z > 0$  (рис. 1), приведенных в [9], видно его существенное увеличение при определенных отношениях сторон

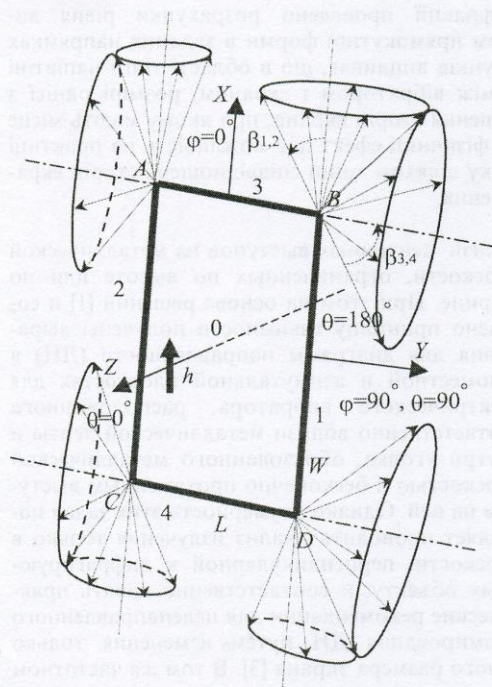


Рис. 1. Геометрия задачи

экрана. Из физических соображений следует, что путем выбора соответствующего отношения сторон экрана можно влиять и на боковое излучение подобных антенн в заданном секторе углов, по крайней мере в области тени и полутени.

В данной статье проводится анализ уровня излучения диполя Герца, расположенного параллельно тонкому металлическому экрану прямоугольной формы, в зависимости от размеров экрана с целью минимизации уровня излучения в заданном направлении.

В качестве расчетной модели используем идеально проводящий бесконечно тонкий прямоугольный экран, возбуждаемый горизонтальным электрическим диполем, расположенным на высоте  $h$  над серединой экрана параллельно одной из его кромок. Ось  $Z$  направлена вдоль нормали к экрану, оси  $X$  и  $Y$  вдоль сторон экрана, обозначенных  $W$  и  $L$  соответственно. Угол  $\theta$  отсчитывается от нормали к экрану, угол  $\varphi$  – в плоскости экрана. Поле в общем случае определяется как суперпозиция разрывных геометрикооптического (ГО) и дифрагированных на кромках экрана полей:

$$E(\theta, \varphi) = E_{ГО} + E_{оуф}, \tag{1}$$

$$E_{оуф} = E_{1,2} + E_{3,4} + E_{12} + E_{21} + E_{34} + E_{43},$$

где  $E_{1,2}$  и  $E_{3,4}$  – поля первичной дифракции, возбужденные кромками экрана 1, 2 и 3, 4 соответственно (рис. 1).  $E_{12}$ ,  $E_{34}$ ,  $E_{21}$ ,  $E_{43}$  – поля вторичной дифракции на соответствующих кромках экрана. В области света излучающей системы поле в произвольном направлении определяется суммой поля самого диполя и отраженного от экрана излучения и полей краевых волн от двух ортогональных пар кромок экрана; в области тени – суммой полей от кромок экрана. Таким образом, для уменьшения уровня излучения в заданном направлении необходимо обеспечить такое соотношение фаз всех полей, чтобы в этом направлении достигался минимум амплитуды суммарного поля.

## 2. Определение соотношений сторон экрана для обеспечения минимума излучения краевых волн в заданном направлении

Физическая картина волновых процессов излучения в заданном направлении для системы диполь-экран определяется размерами экрана  $W$ ,  $L$  и положением диполя  $h$  относительно экрана. Краевые волны, вследствие конечных размеров экрана, имеют границы свет-тень в виде конусов Келлера, образованных крайними ГО лучами, проходящими через угловые точки экрана (рис. 1). Системы лучей краевых волн кромок 1 и 2 обрываются на поверхности конусов тени с углом раствора  $\beta_{1,2}$ , а волны кромок 3 и 4 – на конусах тени с углом раствора  $\beta_{3,4}$ , определяемых отношением сторон экрана и удалением диполя от экрана:



$$\beta_{1,2} = \arctg \left[ \sqrt{(h^2 + (L/2)^2) / (W/2)^2} \right], \quad (2)$$

$$\beta_{3,4} = \arctg \left[ \sqrt{(h^2 + (W/2)^2) / (L/2)^2} \right].$$

Таким образом, например, в плоскости  $\varphi=0^\circ$  в секторе углов  $90^\circ - \beta_{1,2} < \theta < 90^\circ + \beta_{1,2}$  заключена область тени кромок 1, 2, а направления  $\theta_{гр} = 90^\circ \pm \beta_{1,2}$  определяют границы свет-тень краевых волн этих кромок при заданных  $h, W, L$ .

Каждое заданное направление наблюдения  $\theta$  является граничным (лежит на поверхности своего конуса тени) при фиксированных положении диполя относительно экрана и размере экрана  $L$  для определенного соотношения сторон экрана  $(W/L)_{гр}$ . Граничное значение  $W_{гр,1,2}$  для угла  $\theta$  в плоскости наблюдения  $\varphi = \text{const}$  определяется из уравнения линии пересечения конуса тени краевых волн кромок 1, 2 со сферой наблюдения и имеет вид

$$W_{гр,1,2} = \frac{\cos \varphi \sin \theta \sqrt{4h^2 + L^2}}{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi \sin^2 \theta}}. \quad (3)$$

Это значит, что в данном направлении  $\theta, \varphi$  при фиксированных  $h$  и  $L$  краевые волны кромок 1, 2 дают вклад в поле излучения только при условии  $W > W_{гр,1,2}$ . Граничные значения  $W_{гр,1,2}$  в плоскости  $\varphi = 0^\circ$  согласно (3) равны  $W_{гр,1,2} = \text{tg} \theta \sqrt{4h^2 + L^2}$ . В плоскости  $\varphi = 90^\circ$  краевые волны кромок 1, 2 дают вклад при любом угле  $\theta$ .

Граничные значения  $W_{гр,3,4}$  в плоскости  $\theta = \text{const}$ , определяемые из уравнения линии пересечения конуса тени кромок экрана 3, 4 со сферой, на которой лежат точки наблюдения, равны

$$W_{гр,3,4} = \sqrt{L^2 \frac{(1 + \sin^2 \varphi \text{tg}^2 \theta \cos^2 \varphi \sin^2 \theta)}{(1 - \cos^2 \varphi \sin^2 \theta) \sin^2 \varphi \text{tg}^2 \theta} - 4h^2}. \quad (4)$$

С учетом выражения (2) для  $\beta_{3,4}$  при заданных  $h$  и  $L$  краевые волны кромок 3 и 4 дают вклад в поле излучения в направлении наблюдения  $\theta, \varphi$ , когда  $W < W_{гр,3,4}$ . Граничные значения  $W_{гр,3,4}$  в плоскости  $\theta = 90^\circ$  равны  $W_{гр,3,4} = \sqrt{L^2 \text{tg}^2 \varphi - 4h^2}$ . В плоскости  $\varphi = 0^\circ$  краевые волны кромок 3, 4 дают вклад в поле излучения при всех углах  $\theta$ .

При заданных параметрах системы  $h$  и  $L$  интерференционное поле краевых волн всех кромок образуется в направлении заданного угла  $\theta$  во всех плоскостях  $\varphi = \text{const}$ , когда размер экрана  $W$  удовлетворяет условию  $W_{гр,1,2} < W < W_{гр,3,4}$ .

### 3. Физическая картина волновых процессов излучения системы диполь-экран

Вследствие ограниченной области света краевых волн в общем случае в каждом сечении пространства наблюдения  $\varphi = \text{const}$  имеются три сектора углов  $\theta$ : сектор I, где вклад в поле излучения дают волны, дифрагированные только на кромках экрана 1 и 2; сектор II, где вклад в поле излучения дают волны, дифрагированные на кромках 3 и 4; сектор III, где поле есть суперпозиция полей всех краевых волн. В рамках геометрической теории дифракции ДН краевой волны, распространяющейся от кромки экрана, соответствует ДН волны, дифрагированной на бесконечном крае полуплоскости, и вычисляется через интеграл Френеля [6]. Аргумент интеграла определяется разностью эйконолов ГО и дифрагированной волн, зависящей в дальней зоне от направления наблюдения  $\theta, \varphi$  и кратчайшего расстояния от диполя или его изображения до края экрана или полуплоскости. С учетом геометрии излучающей системы амплитуда поля краевых волн кромок 1, 2 в данном направлении в приближении геометрической теории дифракции зависит только от размера экрана  $L$  и удаления диполя от экрана  $h$ , но амплитуда краевых волн кромок 3, 4 существенно зависит от размера экрана  $W$ . Это дает возможность изменять амплитуду поля в полупространстве  $Z < 0$ , где присутствуют краевые волны кромок 3 и 4, т. е. в секторах углов II и III. Таким образом, при фиксированных  $L$  и  $h$  эффекта ослабления бокового излучения в заданном направлении  $\varphi = \text{const}, \theta = \text{const}$  можно достичь в секторах углов II и III путем выбора соответствующего отношения сторон экрана  $W/L$ :

$$\begin{aligned} \frac{W}{L} > \left(\frac{W}{L}\right)_{1,2} & \quad \text{Сектор I } (E_{1,2}); \\ \frac{W}{L} < \left(\frac{W}{L}\right)_{3,4} & \quad \text{Сектор II } (E_{3,4}); \\ \left(\frac{W}{L}\right)_{1,2} < \frac{W}{L} < \left(\frac{W}{L}\right)_{3,4} & \quad \text{Сектор III } (E_{1,2}, E_{3,4}). \end{aligned} \quad (5)$$

Очевидно, что в области тени, в которой отсутствует ГО излучение, отношение сторон экрана должно быть выбрано так, чтобы поля, дифрагированные на ортогональных парах кромок, были противофазными в заданном на-



правлении уменьшения излучения. В области полутени, в которой амплитуды ГО и дифрагированных полей близки, излучение всех дифракционных полей может быть синфазно в заданном направлении, но противофазно ГО полю.

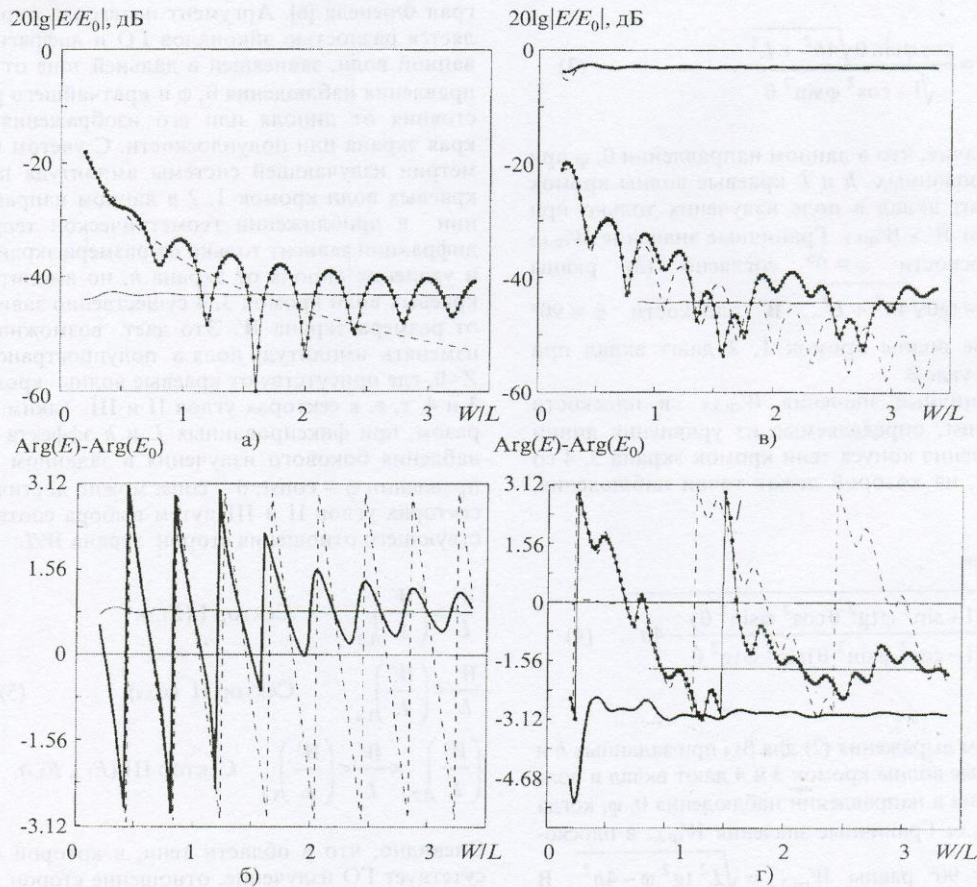
**4. Анализ результатов численных расчетов**

По разработанным нами алгоритмам и программам рассчитывались зависимости амплитуд и фаз поля  $E(\theta, \varphi)$  в заданных направлениях наблюдения от отношения сторон экрана  $W/L$  с точностью не ниже  $10^{-7}$ . Поле  $E(\theta, \varphi)$  нормировано на полное поле  $E_0$  в направлении нормали к экрану.

Анализ начнем с рассмотрения зависимостей амплитуд и фаз дискретных краевых волн кромки 3 и 4, возбужденных падающей или отраженной ГО волной ( $E_{(3,4)_i}$ ,  $E_{(3,4)_r}$ , соответственно), в направлениях нормалей к экрану  $\theta = 0^\circ$  и  $180^\circ$ . Отметим, что в этих направлениях

фаза волны, дифрагированной на кромке 3 или 4, одна и та же в силу равенства эйконалов краевых волн. В направлении  $\theta = 0^\circ$  амплитуда поля  $E_{(3,4)_i}$  практически не зависит от размера экрана  $W$ , амплитуда поля  $E_{(3,4)_r}$  уменьшается при  $W/L < 1$ , приближаясь к величине  $E_{(3,4)_i}$ . Фазы полей  $E_{(3,4)_i}$  и  $E_{(3,4)_r}$  монотонно изменяются, отличаясь друг от друга на  $180^\circ$ , поэтому амплитуда суммарного поля кромки  $E_{3,4}$  определяется разностью амплитуд этих полей и уменьшается с увеличением  $W/L$ . Фаза суммарного поля  $E_{3,4}$  совпадает с фазой поля  $E_{(3,4)_r}$  в направлении  $\theta = 0^\circ$  и с фазой поля  $E_{(3,4)_i}$  в направлении  $\theta = 180^\circ$ .

На рис. 2, а, б представлены зависимости относительных амплитуд и фаз  $|E_{1,2}/E_0|$ ,  $|E_{3,4}/E_0|$ ,  $|E_{\text{диф}}/E_0|$ ,  $\text{Arg}(E_{1,2}) - \text{Arg}(E_0)$ ,  $\text{Arg}(E_{3,4}) - \text{Arg}(E_0)$ ,  $\text{Arg}(E_{\text{диф}}) - \text{Arg}(E_0)$  от отношения сторон экрана в направлении  $\theta = 180^\circ$ , где  $E_{1,2} = E_{(1,2)_i} + E_{(1,2)_r}$ ,  $E_{3,4} = E_{(3,4)_i} + E_{(3,4)_r}$ ,  $E_{\text{диф}} = E_{1,2} + E_{3,4}$ . Фаза поля  $E_{1,2}$  остается постоянной и равной



**Рис. 2.** Зависимости относительных амплитуд и фаз полей  $E_{1,2}$  (—),  $E_{3,4}$  (----),  $E_{\text{диф}}$  (-•-), суммарного поля  $E_0$  (.....) от  $W/L$  в плоскости  $\varphi = 0^\circ$  при  $\theta = 180^\circ$  (а, б), при  $\theta = 40^\circ$  (в, г) в случае  $L = 5\lambda$  и  $h = 0.25\lambda$



$\pm 45^\circ$  независимо от размеров экрана, фаза поля  $E_{3,4}$  изменяется от  $180^\circ$  до  $-180^\circ$ . Период изменения знака фазы зависит от величины  $L$  и увеличивается с уменьшением  $L$ . При определенных  $W/L$ , когда амплитуды излучения этих кромок равны, а фазы противоположны, образуется минимум поля (при  $W/L=1.6$  на рис. 2, а, б). С увеличением  $W/L$  амплитуда и фаза суммарного поля всех кромок осциллируют относительно постоянной амплитуды и фазы краевых волн кромок 1, 2. Следует отметить, что амплитуда поля краевых волн зависит от геометрии системы  $W, L, h$  следующим образом: чем больше угол между направлением наблюдения и границей свет-тень падающего поля на кромку экрана, тем меньше амплитуда дифрагированного поля в направлении наблюдения. В направлении нормали к экрану амплитуда краевого поля  $E_{1,2}$  тем меньше, чем больше  $L$  при  $h = \text{const}$  и чем меньше  $h$  при  $L = \text{const}$ . Амплитуда поля краевых кромок 3, 4 в том же направлении меньше, чем больше  $W$  при  $h = \text{const}$  и чем меньше  $h$  при  $W = \text{const}$ .

На рис. 2, в, г представлены расчеты относительных амплитуд и фаз составляющих полного поля  $E$  излучающей системы: ГО поля  $E_{\text{ГО}}/E_0$ , краевых полей  $E_{1,2}/E_0$  и  $E_{3,4}/E_0$ , суммарного краевого поля  $E_{\text{офф}}/E_0$  в плоскости  $\varphi = 0^\circ$  для  $\theta = 40^\circ$ . Как видно, присутствие в полупространстве  $Z > 0$  ГО поля приводит к тому, что влияние дифрагированных полей незначительно практически при любых размерах экрана. Заметим, что кривые для  $E_{1,2}, E_{3,4}, E_{\text{офф}}$  на рис. 2, в, г соответствуют как направлению  $\theta = 40^\circ$ , так и направлению  $\theta = 140^\circ$  ( $Z < 0$ ), где  $E_{\text{офф}}$  является полным полем излучения системы. В направлениях наблюдения, отличных от нормали, в силу различия оптических путей, имеет место сдвиг фаз между волнами от кромок 3 и 4, что приводит к осцилляциям фазы суммарного краевого поля  $E_{3,4}$  относительно линейной

фазы поля, возбужденного падающей ГО волной на кромке 3. Амплитуда краевой волны кромки 3 в направлениях  $\theta = 40^\circ$  и  $\theta = 140^\circ$  больше, чем амплитуда волны кромки 4. Амплитуда суммарного поля  $E_{3,4}$  уменьшается с увеличением  $W$  (при  $L = \text{const}$ ), при этом осцилляции фазы приводят к малым осцилляциям амплитуды суммарного поля кромок 3 и 4. Видно, что суммарное поле всех кромок  $E_{\text{офф}}$  в направлениях наблюдения, отличных от нормали, совпадает с полем  $E_{3,4}$  для  $W/L < (W/L)_{\text{гр.1,2}}$ , а при  $W/L > (W/L)_{\text{гр.1,2}}$  поля  $E_{1,2}$  и  $E_{3,4}$  интерферируют между собой и амплитуда суммарного излучения осциллирует относительно постоянного значения краевого поля  $E_{1,2}$ . Из сравнения кривых на рис. 2 следует, что в зависимости от угла наблюдения  $\theta$ , так же как и в зависимости от размера экрана  $L$ , изменяется период изменения знака фазы суммарного краевого поля и период амплитудных осцилляций  $E_{\text{офф}}$  относительно значения  $E_{1,2}$  (увеличивается при отклонении угла наблюдения от нормали).

Зависимости граничных отношений сторон экрана  $(W/L)_{\text{гр.1,2}}$  от  $L$  показаны на рис. 3, а для различных направлений наблюдения в плоскости  $\varphi = 0^\circ$ . Как видно, для заданного угла наблюдения  $\theta$  отношение  $(W/L)_{\text{гр}}$  практически не зависит от  $L$  (при  $L > \lambda$ ). При  $h = 0.25\lambda$  граничные отношения сторон экрана в направлениях наблюдения  $\theta = 120, 140, 150, 170^\circ$  равны  $(W/L)_{\text{гр.1,2}} = 1.9; 0.9; 0.6; 0.2$  соответственно. На рис. 3, б для этих же направлений наблюдения в плоскости  $\varphi = 45^\circ$  приведены зависимости граничных отношений сторон экрана  $(W/L)_{\text{гр.1,2}}$  и  $(W/L)_{\text{гр.3,4}}$  от  $L$ . В силу симметрии картины дифрагированного на кромках экрана излучения относительно плоскости экрана кривые, приведенные на рис. 3, справедливы для направлений наблюдения  $\theta = 60, 40, 30, 10^\circ$ .

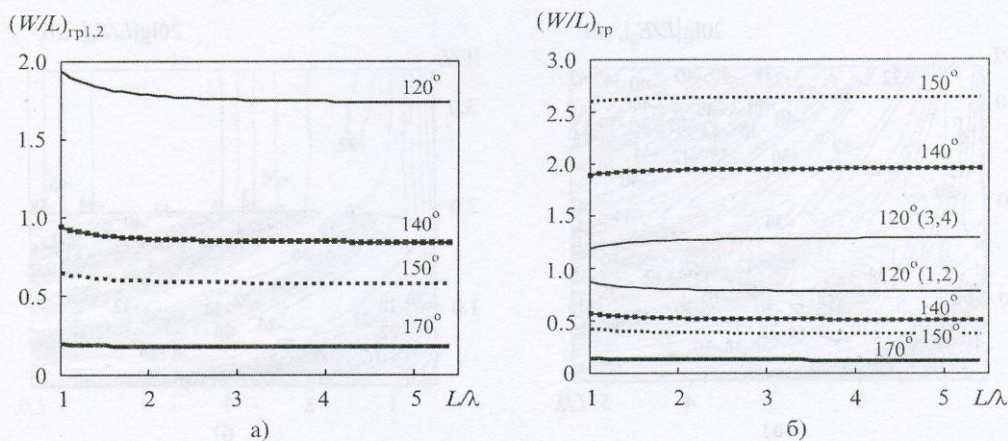


Рис. 3. Зависимости граничных отношений сторон экрана  $(W/L)_{\text{гр}}$  от  $L$  при  $h = 0.25\lambda$ :

а)  $(W/L)_{\text{гр.1,2}}$  в плоскости  $\varphi = 0^\circ$ ; б)  $(W/L)_{\text{гр.1,2}}$  и  $(W/L)_{\text{гр.3,4}}$  в плоскости  $\varphi = 45^\circ$



Проанализируем зависимости амплитуд полей в различных направлениях наблюдения  $\theta$  при одном и том же значении  $L$  (рис. 4, а) и при различных  $L$  в одном направлении  $\theta$  (рис. 4, б) от величины  $W/L$ , используя результаты для  $(W/L)_{гр}$ , приведенные на рис. 3. Как видно из рис. 4, а, амплитуды полей в направлениях наблюдения  $\theta = 40, 60, 70, 80^\circ$ , определяемые в основном величиной ГО поля, практически не зависят от отношения сторон экрана. В направлениях  $\theta = 120, 150, 180^\circ$  наблюдается значительное уменьшение излучения при определенных значениях  $W/L$ , причем интерференционные минимумы краевых полей смещаются вдоль оси  $W/L$ . Например, в направлении  $\theta = 120^\circ$  (рис. 4, а) интерференционные минимумы образуются при  $W/L > 1.9$ , а в направлении  $\theta = 150^\circ$  – при  $W/L > 0.6$ , что согласуется со значениями  $(W/L)_{гр,1,2}$  для этих углов на рис. 3, а.

Амплитуда поля при  $W/L < 0.6$  определяется только полем, дифрагированным на краях 3, 4, а при больших  $W/L$  – интерференцией всех краевых полей. Следовательно, первый минимум на кривых соответствует случаю скачкообразного перехода от амплитуды поля краевых волн краев 3, 4 к амплитуде интерференционного поля всех краев. Изменение размера экрана  $L$  (рис. 4, б) при наблюдении в одном направлении влияет прежде всего на амплитуду излучаемого поля. С увеличением  $L$  уменьшается общий уровень излучения и наблюдаются более глубокие интерференционные минимумы.

На рис. 5 показаны линии равных значений амплитуд поля диполя в направлении  $\theta = 140^\circ$  в плоскостях  $\varphi = 0^\circ$  и  $\varphi = 45^\circ$  в системе координат  $W/L, L$  при  $h = 0.25\lambda$ . В плоскости  $\varphi = 0^\circ$

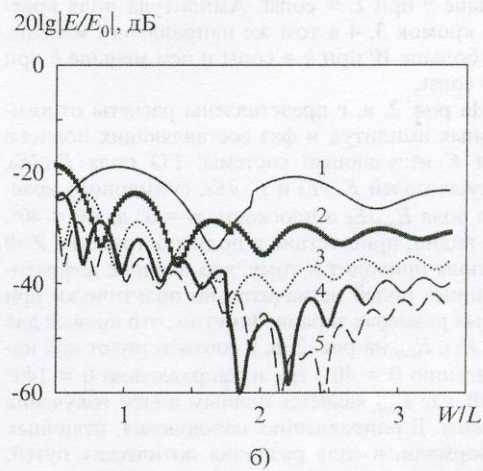
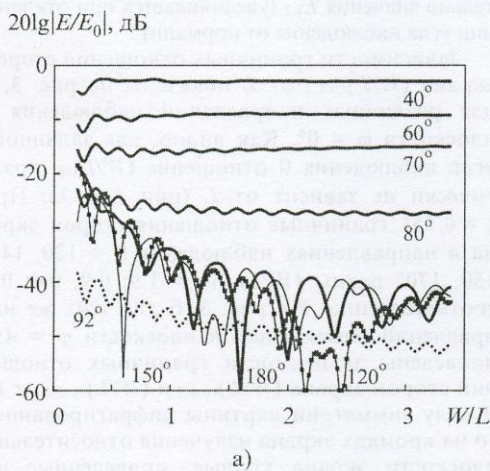


Рис. 4. Зависимости амплитуды полного поля, излучаемого в плоскости  $\varphi = 0^\circ$  в различных направлениях угла  $\theta$  при  $L = 5\lambda$  (а) и в направлении  $\theta = 120^\circ$  (б) при  $L = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda, 5\lambda$  (соответственно кривые 1, 2, 3, 4, 5) от  $W/L$  для  $h = 0.25\lambda$

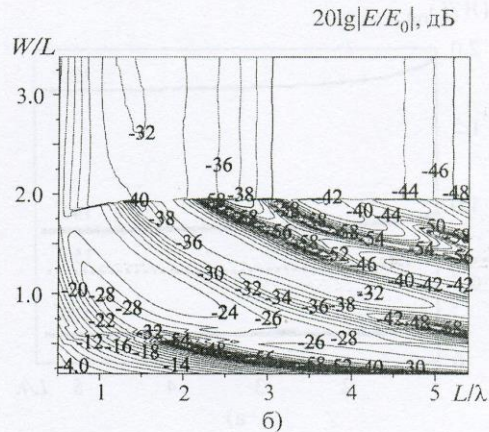
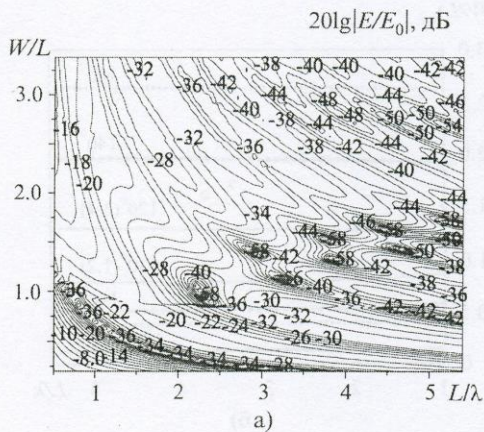


Рис. 5. Линии равных значений амплитуды поля диполя над экраном в направлении  $\theta = 140^\circ$  для плоскостей  $\varphi = 0^\circ$  (а) и  $\varphi = 45^\circ$  (б) в системе координат  $W/L, L$  при  $h = 0.25\lambda$



(рис. 5, а) поле определяется излучением кромок 3, 4 в случае экранов с  $W/L < (W/L)_{гр.1,2}$  ( $(W/L)_{гр.1,2}$ , соответствующее этому направлению наблюдения на рис. 3, а, равно 0.9). При экранах с большими значениями  $W/L$  поле определяется интерференцией полей всех кромок, что приводит к заметным локальным минимумам. В плоскости  $\varphi = 45^\circ$  (рис. 5, б) поле определяется суммарным излучением кромок, приводящим к интерференционным минимумам в случае экранов с отношением сторон, удовлетворяющим условию  $0.5 < W/L < 2$  (см. рис. 3, б). При  $W/L < 0.5$  излучают только кромки 3, 4, а при  $W/L > 2$  – кромки 1, 2. Соответственно в первом случае наблюдается зависимость амплитуды полей от размера экрана  $W$ , а во втором – от  $L$ .

Таким образом, из анализа результатов расчетов следует, что при фиксированных направлении наблюдения, расстоянии между вибратором и экраном, размере одной из сторон экрана существует определенный интервал значений отношения сторон экрана, в котором имеют место интерференционные осцилляции уровня излучения. Этот физический эффект дает возможность на практике уменьшить излучение в заданном направлении путем изменения отношения сторон экрана в этом интервале и выбора его оптимального значения.

#### Литература

1. Г. З. Айзенберг, В. Г. Ямпольский, О. Н. Терешин. Антенны УКВ. Москва, Связь, 1977, ч. I, 384 с.
2. Т. Д. Васильева, С. Л. Просвирнин, О. И. Янсон. Излучение вибраторов вблизи металлических экранов различной конфигурации. Препринт №24. Харьков, РИ АН УССР, 1989, с. 39.
3. Н. М. Астионенко, А. С. Белов, В. П. Бовкун и др. Радиотехника и электроника. 1994, **39**, №10, с. 1557-1562.
4. Ю. В. Пименов, Д. А. Ходьков. Радиотехника. 1990, №11, с. 60-63.
5. Ю. В. Пименов, Д. А. Ходьков. Радиотехника. 1991, №7, с. 61-63.
6. Н. Н. Горобец, Н. П. Елисеева. Радиотехника и электроника. 1993, **38**, №1, с. 59-69.
7. Н. П. Елисеева. Радиофизика и радиоастрономия. 1998, **3**, №2, с. 217-225.
8. В. А. Боровиков, Б. Е. Кинбер. Геометрическая теория дифракции. Москва, Связь, 1977, 247 с.
9. Н. Н. Горобец, Н. П. Елисеева. В сб.: Антенны. Под редакцией Л. Д. Бахраха. Москва, ИПРЖ, 1999, №2, с. 57-61.

#### Reducing Radiation of Electric Dipole with a Screen in Certain Direction

N. N. Gorobets, N. P. Yeliseyeva

Within the uniform geometrical theory of diffraction the radiation levels of the electric dipole above a metal rectangular screen in separated certain directions in far field zone have been calculated. It is shown that in the regions of shadow and halfshadow of radiated field the interference oscillations of radiation level take place when the side screen value ratios are in a definite interval, depending on a fixed observation direction. The field amplitudes and its oscillations depend on a definite size of one of screen sides. This physical effect allows in practice to reduce the radiation in certain directions by varying the ratio of screen sides from this interval and choosing its optimal value.