

**NEWS**  
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**  
ISSN 1991-346X  
Volume 3, Number 301 (2015), 222 – 227

## **POWER AND PHASE CHARACTERISTICS OF DIFFRACTION FLAT PRINTING RADIATORS**

**A. P. Evdokimov<sup>1</sup>, G. M. Iskakova<sup>2</sup>, S. A. Kydirova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut radiophysics and electronics of A. Ya. Usikov NAN of Ukraine, Kharkov, Ukraine,

<sup>2</sup>Evraziysky national university of L. N. Gumilev, Astana, Kazakhstan

**Abstract.** Results of the analysis power (efficiency of radiation) and phase (delay coefficient) elementary radiators of new type for diffraction antennas of millimetric range are presented in the message. The results for the other frequencies as a new, unusual and are fundamental cognitive character. Scheme implementation of the method of experimental research transformation of surface waves into volume is electrically interconnected electrodynamic system of inhomogeneous plane waves and the lens (grating or dielectric medium) Fig. 1a. As an electrodynamic system of surface waves can be used: dielectric waveguides of different cross-sections, spiral waveguides line Goubaux, ribbed bars and others. Part of the power propagating along the waveguide, is centered in the outer in relation thereto region. It is localized near the waveguide slow waves, the surface of the field causes diffraction on the elements of the periodic structure. Because of this slow-wave energy is converted into energy fast spatial harmonics emitted into the surrounding space. Experimental study of surface waves diffraction on periodic structures and dielectric bodies were carried out in the wavelength range chetyrehmillimetrovom.

УДК 621.372.09

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ФАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИФРАКЦИОННЫХ ПЛОСКИХ ПЕЧАТНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ**

**А. П. Евдокимов<sup>1</sup>, Г. М. Искакова<sup>2</sup>, С. А. Кыдирова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, Харьков, Украина,

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

**Аннотация.** В сообщении представлены результаты анализа энергетических (эффективность излучения) и фазовых (коэффициент замедления) элементарных излучателей нового типа для дифракционных антенн миллиметрового диапазона.

Электродинамическая схема дифракционного плоского излучателя приведена на рисунке 1. В качестве периодических преобразователей поверхностных волн в волны объемные используются печатные дифракционные решетки 1. Для их изготовления применен двухсторонний фольгированный листовой фторопласт толщиной  $h = 1,6$  мм. Ленточная решетка выполнена на одной стороне этого листа, имеет ширину 12 мм и длину 140 мм. Для экспериментальных исследований изготовлено четыре образца дифракционных решеток с периодом  $l = 6,5$  мм каждая. Решетки отличаются только величиной размера щели  $d$ , т.е. коэффициентом заполнения. Выбраны величины  $d = 1,5$  мм,  $d = 2,5$  мм,  $d = 3,5$  мм и  $d = 4,5$  мм. Диапазон исследуемых частот  $f = 27\text{ ГГц} \div 36\text{ ГГц}$ .

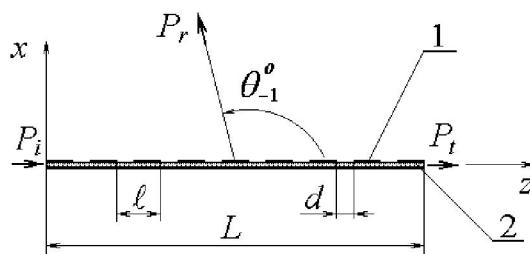


Рисунок 1 – Электродинамическая схема дифракционного плоского печатного излучателя:  
1 – ленточная решетка; 2 – диэлектрический волновод

Излучатель возбуждается медленной поверхностной волной волноведущего диэлектрического слоя 2. Коэффициент замедления возбуждающей волны  $U = \lambda/\lambda_g$ , где  $\lambda_g$  – это ее длина, а  $\lambda = 2\pi/k$  – длина рабочей волны в свободном пространстве. Преобладающими компонентами электрического поля являются  $E_x$  и  $E_z$ . В результате дифракции медленной волны на решетке 1 формируется объемная волна с горизонтальной поляризацией и цилиндрическим фазовым фронтом в вертикальной плоскости  $y0x$ .

Экспериментальные энергетические характеристики плоских печатных излучателей (зависимости отбора мощности  $P_i/P_t$ ,  $P_i$  – подведенная мощность,  $P_t$  – прошедшая мощность) приведены на рисунке 2. Все полученные зависимости отличаются высокой эффективностью

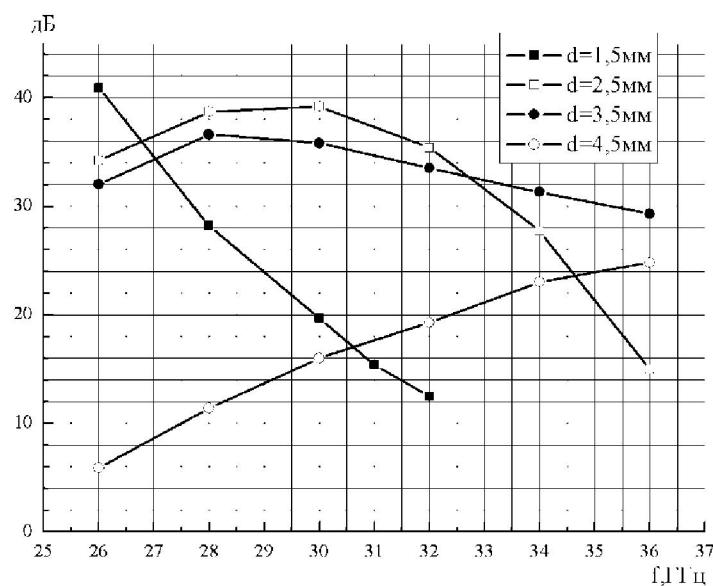


Рисунок 2 – Экспериментальные энергетические характеристики (зависимости  $P_i/P_t(f)$ )  
плоских печатных излучателей

преобразования медленной волны волноведущего слоя 2 в объемную волну, уходящую от излучателя в направлении, определяемом углом  $\theta_{-1} = \arccos(U - \lambda/l)$  [1]. Для частоты  $f = 26$  ГГц наблюдается последовательное с расширением щели от  $d = 1,5$  мм до  $d = 4,5$  мм снижение рассеянной мощности. Этот фактор может служить основанием для создания плоского печатного излучателя с заданным амплитудным распределением на раскрытии. Приведенные результаты для других частот также новы, необычны и носят фундаментальный познавательный характер.

Для проверки достоверности полученных результатов были выполнены (по алгоритмам работы [2]) расчеты для решеток бесконечной ширины со щелями  $d = 1,5$  мм и  $d = 4,5$  мм. Сравнение экспериментальных и расчетных энергетических характеристик для этих решеток приведено на рисунке 3. Приведенные экспериментальные и расчетные зависимости хорошо коррелируют, и следовательно, достоверны.

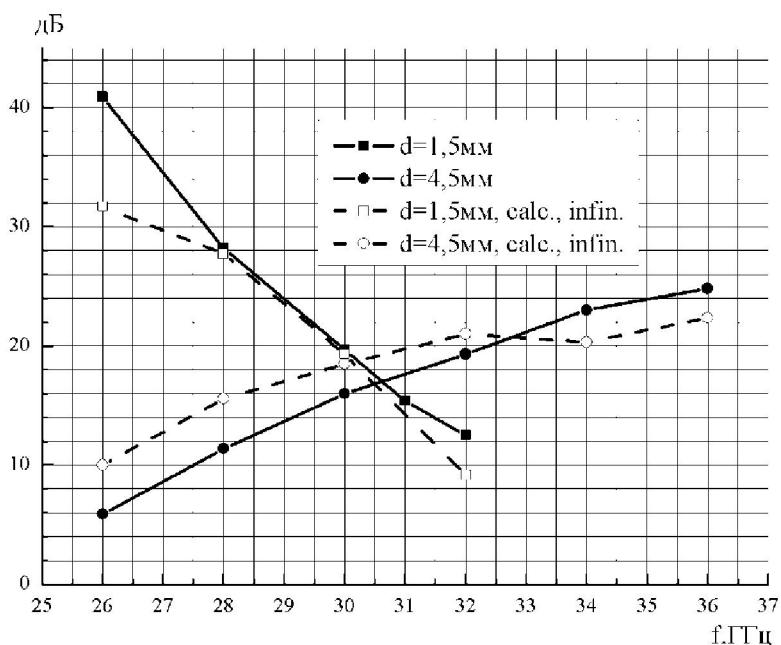


Рисунок 3 – Экспериментальные и расчетные энергетические характеристики (зависимости  $P_r/P_t(f)$ ) плоских печатных излучателей со щелями  $d = 1,5$  мм и  $d = 4,5$  мм

Поведение экспериментальных значений углов излучения  $\theta_{-1}$  минус первых пространственных гармоник [2] плоских печатных излучателей со щелями  $d = 1,5$  мм,  $d = 2,5$  мм,  $d = 3,5$  мм и  $d = 4,5$  мм (рисунок 4) предсказуемо, так как с ростом частоты увеличивается замедление волны в волноведущем слое 2 решетки.

Изучению характера поведения коэффициентов замедления волны  $U(f)$  в волноведущем слое решеток с различными щелями посвящены результаты, приведенные на рисунках 5–7.

На рисунке 5 приведены экспериментальные и расчетные значения дисперсионной зависимости  $U(f)$  волноведущего слоя в печатной решетке с шириной щели  $d = 1,5$  мм. Расчеты выполнены для решетки шириной 12 мм и решетки бесконечной ширины. Аналогичные зависимости – экспериментальные и расчетные – для печатной решетки с шириной щели  $d = 4,5$  мм приведены на рисунке 6. В обоих случаях получены результаты, близкие к расчетным, для решеток с шириной 12мм, равной ширине реальных образцов печатных решеток.

Сравнительные экспериментальные характеристики дисперсионных зависимостей ГДВ, ПДВ и волноведущих слоев в печатных решетках со щелями  $d = 1,5$  мм,  $d = 2,5$  мм,  $d = 3,5$  мм и  $d = 4,5$  мм приведены на рисунке 7.

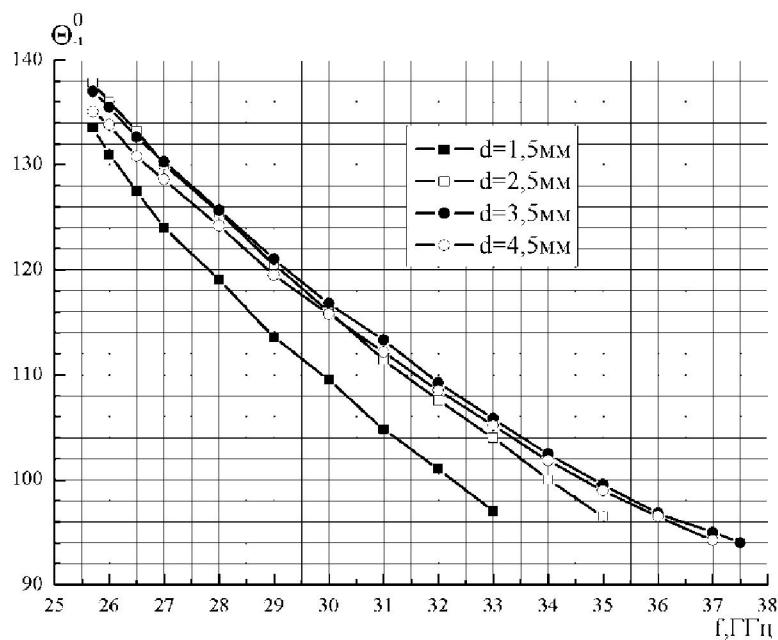


Рисунок 4 – Экспериментальные значения углов излучения  $\Theta_0^{-1}$  минус первых пространственных гармоник плоских печатных излучателей со щелями  $d = 1,5$  мм,  $d = 2,5$  мм,  $d = 3,5$  мм и  $d = 4,5$  мм

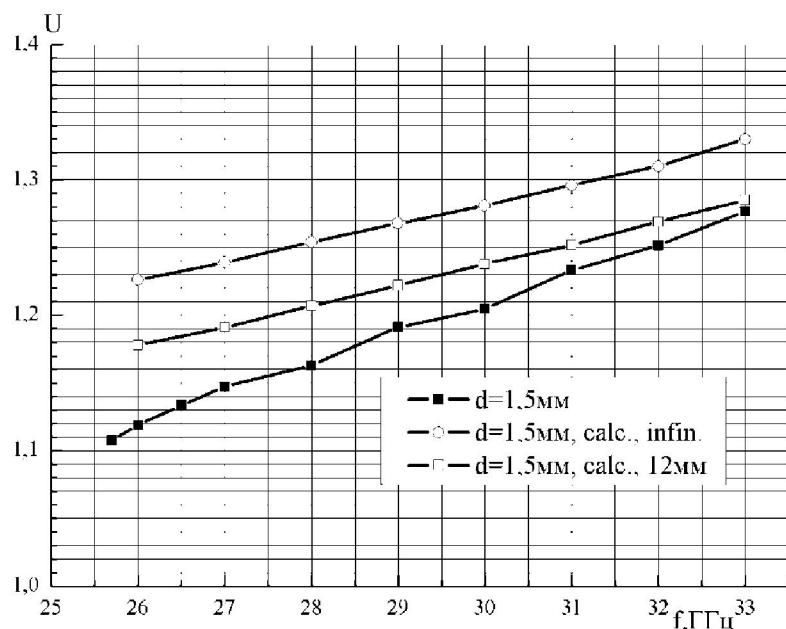


Рисунок 5 – Экспериментальные и расчетные значения дисперсионной зависимости  $U(f)$  волноведущего слоя в печатной решетке с шириной щели  $d = 1,5$  мм

Ранее, в [3] для прицельного расстояния  $\Delta = 2$  мм была получена резонансного вида кривая зависимости эффективности (до 18,65 дБ) отбора в системе «гребневый диэлектрический волновод (ГДВ) – печатная решетка с шириной щели  $d = 1,5$  мм». Этот резонанс наблюдался на частоте  $f = 30$  ГГц и связан он с равенством в этом месте замедлений двух открытых линий передачи. Предполагалось, что первая линия – ГДВ, а вторая линия передачи образована слоем диэлектрика, находящимся внутри печатной решетки. Резкий отбор энергии решеткой от ГДВ возможен при

перекачке энергии из одной линии передачи в другую при равенстве их постоянных распространения. Это явление характерно для связанных открытых линий передачи. Дисперсионные зависимости для ГДВ и печатной решетки с  $d = 1,5$  мм (рисунок 7) подтверждают это. Мы видим, что на частоте  $f = 31$  ГГц их дисперсионные характеристики пересекаются. Отличие по частоте в 1 ГГц вызвано тем, что в использовавшейся ранее схеме ГДВ находится в электродинамической связи с решеткой, влияющей на замедление его волны в сторону уменьшения.

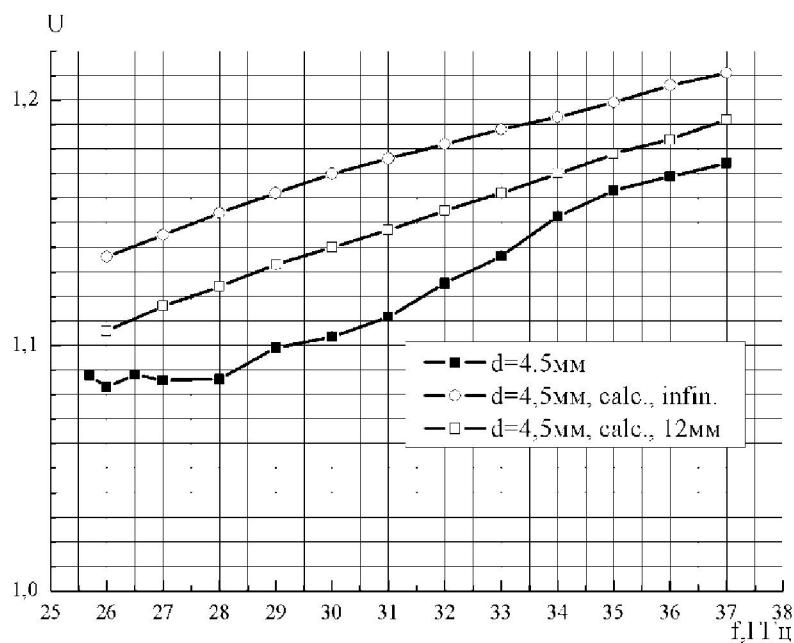


Рисунок 6 – Экспериментальные и расчетные значения дисперсионной зависимости  $U(f)$  волноведущего слоя в печатной решетке с шириной щели  $d = 4,5$  мм

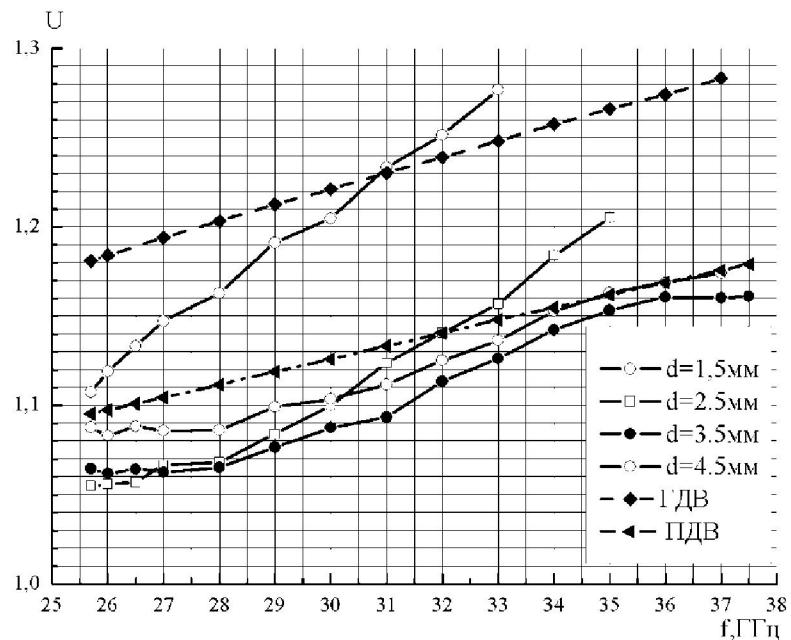


Рисунок 7 – Сравнительные экспериментальные характеристики дисперсионных зависимостей  $U(f)$  ГДВ, ПДВ и волноведущих слоев в печатных решетках со щелями  $d = 1,5$  мм,  $d = 2,5$  мм,  $d = 3,5$  мм и  $d = 4,5$  мм

