

ПРИЛАДИ

УДК 621.396.67

А.І. Білоцький, аспір.

В.П. Манойлов, д.т.н.

Житомирський інженерно-технологічний інститут

О.П. Яненко, к.т.н., доц.

Науково-дослідний центр квантової медицини "Відгук" МОЗ України

**ЗНАХОДЖЕННЯ ОБЛАСТЕЙ НА АПЕРТУРІ Е-СЕКТОРІАЛЬНОГО РУПОРА,
ЩО ВІДПОВІДАЛЬНІ ЗА ФОРМУВАННЯ БІЧНИХ ПЕЛЮСТОК**

Розглянуто можливість апроксимації за діаграмою напрямленості неперервного випромінювача еквівалентною антенною решіткою. На основі введеної апроксимації знайдено області на апертурі Е-секторіального рупора, що відповідальні за формування бічних пелюсток.

Задача заглушення бічних пелюсток діаграм напрямленості антен є актуальною задачею сучасної антенної техніки. Особливого значення вона набуває в радіометричних системах, у яких відбувається прийом низькоінтенсивного сигналу, через що до заглушення заводових сигналів висуваються жорсткі вимоги. Саме в таких умовах працюють медичні НВЧ-радіометри, які призначені для діагностики людини, замість антени в яких зазвичай використовуються рупорні антени.

В [1, 2] запропонований метод, що дозволяє досягти вибіркового заглушення бічних пелюсток в лінійних еквідистантних антенних решітках (АР) вилученням окремих випромінювачів зі складу АР. Цей метод аналогічний методу затінення окремих областей дзеркала, що використовується для подавлення бічних пелюсток дзеркальних антен [3, 6, 8]. Запропонований метод полягає у знаходженні випромінювачів, що дають найсуттєвіший внесок у формування обраної бічної пелюстки, а також вилучення їх зі складу решітки.

Цей метод хоча й був сформульований для дискретних випромінювачів, але цілком може бути використаний і для знаходження областей, що відповідають за формування заданих бічних пелюсток, у неперервних випромінювачах з метою подальшого їх затінення. Переваги даної методики полягають у частковому заглушенні обраної бічної пелюстки при меншому зниженні коефіцієнта напрямленої дії (КНД) та розширенні ширини променя діаграми напрямленості (ДН), ніж в інших методах.

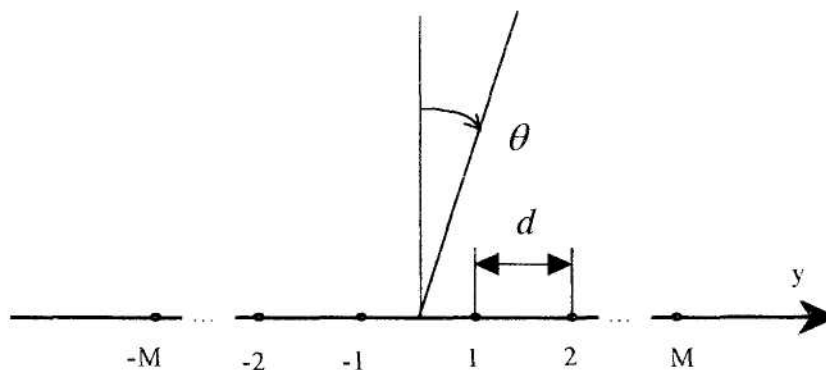


Рис. 1

Для переходу від дискретного випромінювача до неперервного скористаємося відомим представленням неперервного випромінювача еквівалентною АР [5], що математично відповідає переходу від інтеграла до ряду. ДН неперервного випромінювача довжиною L з амплітудно-фазовим розподілом (АФР) $A(y)$ дорівнює [4]:

$$f(\theta) = \int_{-L/2}^{L/2} A(y) e^{iky \sin \theta} dy. \quad (1)$$

ДН набору дискретних випромінювачів (рис. 1), як відомо [4], дорівнює:

$$f_{\Sigma}(\theta) = \sum_{n=-M}^M \dot{A}_n e^{iky_n \sin \theta}, \quad (2)$$

де у випадку однакової відстані між випромінювачами d

$$y_n = \begin{cases} \left(n - \frac{1}{2}\right)d, & n > 0 \\ \left(n + \frac{1}{2}\right)d, & n < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Тому

$$\begin{aligned} f_{\Sigma}(\theta) &= \sum_{n=1}^M \dot{A}_n e^{ik\left(n-\frac{1}{2}\right)d \sin \theta} + \sum_{n=-1}^{-M} \dot{A}_n e^{ik\left(n+\frac{1}{2}\right)d \sin \theta} = \\ &= \sum_{n=1}^M \left(\dot{A}_n e^{ik\left(n-\frac{1}{2}\right)d \sin \theta} + \dot{A}_{-n} e^{-ik\left(n-\frac{1}{2}\right)d \sin \theta} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Як показано у [5], для більшості неперервних випромінювачів крок d може дорівнювати $0,5\lambda$; $0,25\lambda$ або $0,1\lambda$. У більш складних випадках крок d треба зменшувати.

Для представлення вихідного неперервного випромінювача такою еквівалентною решіткою кількість випромінювачів, що є кількістю областей, на яку ми розбили цей випромінювач, дорівнює:

$$M = \text{round}\left(\frac{L}{2d}\right). \quad (5)$$

При цьому, зрозуміло, $\dot{A}_n = \dot{A}(y_n)$.

Знаходження областей випромінювача, що відповідають за формування обраної бічної пелюстки, розглянемо на прикладі широко використовуваного у різних галузях техніки Е-секторіального рупора. Як відомо із [7], амплітудний розподіл в Е-площині такого рупора є рівномірним, а фазовий – квадратичним:

$$\dot{A}(y) = e^{i\frac{\pi y^2}{\lambda R}}, \quad (6)$$

де R – довжина рупора.

Оскільки АФР у цьому випадку є парним, то $\dot{A}_n = \dot{A}_{-n}$ і, підставивши (6) у (4), маємо:

$$f_{\Sigma}(\theta) = 2 \sum_{n=1}^M \dot{A}_n \cos\left[k\left(n - \frac{1}{2}\right)d \sin \theta\right] = 2 \sum_{n=1}^M e^{i\frac{\pi\left(n-\frac{1}{2}\right)^2 d^2}{\lambda R}} \cos\left[k\left(n - \frac{1}{2}\right)d \sin \theta\right]. \quad (7)$$

ДН Е-секторіального рупора в Е-площині є підстановкою АФР (6) у (1), в результаті чого отримується вираз [7]:

$$f(\theta) = (1 + \cos \theta) |C(v_1) + C(v_2) - i[S(v_1) + S(v_2)]|, \quad (8)$$

де

$$v_{1,2} = \frac{b}{\sqrt{2\lambda R}} \mp \sqrt{\frac{2R}{\lambda}} \sin \theta; \quad (9)$$

b – ширина рупора вздовж осі y ;

$C(v)$ та $S(v)$ – інтеграли Френеля.

На рис. 2 наведено графіки ДН Е-секторіального рупора з розмірами $b = 5\lambda$, $R = 50\lambda$ в Е-площині, які розраховані за формулами (8) (суцільна крива) та (7), при $d = 0,25\lambda$ (штрихова крива). Графіки свідчать, що такої апроксимації в області ближніх бічних пелюсток цілком достатньо. На рис. 3 побудовано аналогічні графіки для рупора з розмірами $b = 5\lambda$, $R = 25\lambda$.

Безпосереднє застосування результатів роботи [1] ускладнене тим, що у вищезгаданій роботі аналіз проводився для синфазного розподілу, а у даному випадку має місце квадратичний фазовий розподіл. Не дивлячись на це, результати цієї роботи в цілому залишаються правильними.

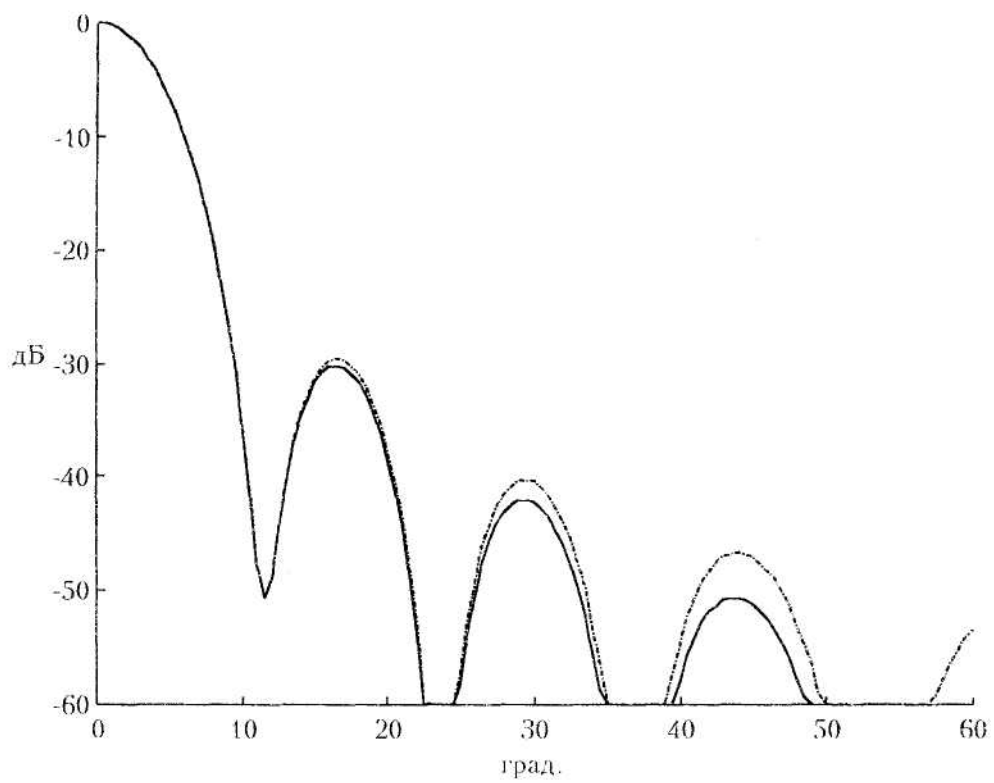


Рис. 2

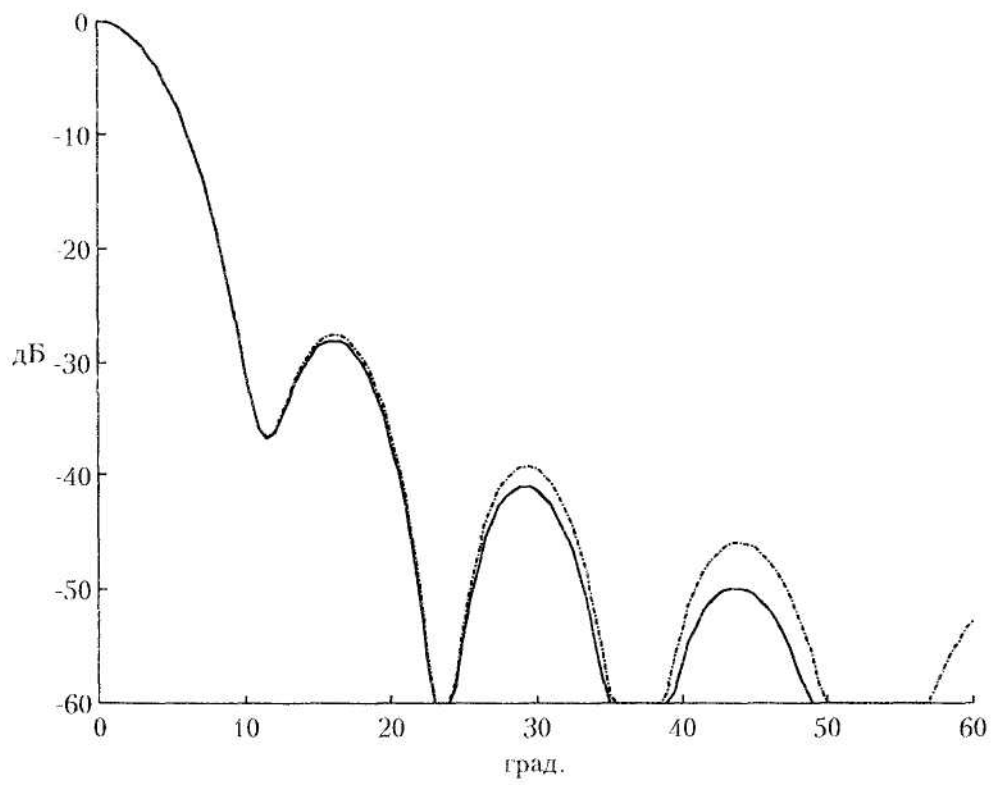


Рис. 3

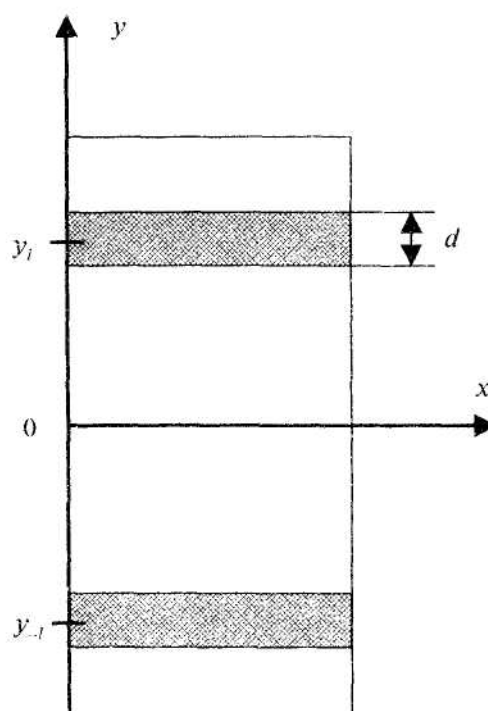


Рис. 4

У антенній решітці можливе подавлення обраних бічних пелюсток видученням відповідних випромінювачів зі складу АР. При цьому ДН буде описуватися функцією:

$$f_{\Sigma}(\theta) = \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq l}}^M A_n e^{iky_n \sin \theta}, \quad (10)$$

де l – номер випромінювача, що вилучається.

В нашому випадку маємо:

$$f_{\Sigma}(\theta) = 2 \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq l}}^M A_n \cos \left[k \left(n - \frac{1}{2} \right) d \sin \theta \right] = 2 \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq l}}^M e^{-i \frac{\pi \left(n - \frac{1}{2} \right)^2 d^2}{\lambda R}} \cos \left[k \left(n - \frac{1}{2} \right) d \sin \theta \right]. \quad (11)$$

В неперервному випромінювачі цьому відповідає видучення з апертури (затінення) двох симетрично розташованих областей шириною d , центри яких мають координати $y_{\pm l}$. Для Е-секторіального рупора це проілюстровано на рис. 4.

На рис. 5–6 показано, як вилучення випромінювачів з номером $l = 8$, тобто областей, що відповідають координаті $y_l = 7,5d = 1,875\lambda$, дозволяє значно подавити перші бічні пелюстки ДН в Е-площині Е-секторіального рупора розмірами $b = 5\lambda$, $R = 50\lambda$ (рис. 5) та $R = 25\lambda$ (рис. 6). Судільні криві відповідають незатіненому рупору, штрихові – рупору із затіненням відповідних областей.

Аналогічно можна добитися подавлення подальших бічних пелюсток. Це показано на рис. 7 (розміри рупора $b = 5\lambda$, $R = 50\lambda$) та рис. 8 (розміри рупора $b = 5\lambda$, $R = 25\lambda$). В цьому випадку вилучаються випромінювачі з номером 9, тобто області, що відповідають координаті $y_l = 8,5d = 2,125\lambda$.

Отже, можна зробити висновок, що запропонований у [1] метод цілком придатний і для неперервних випромінювачів. Крім того, він може бути використаний навіть при несинфазному розподілі (наприклад, як було розглянуто, при квадратичному фазовому розподілі). Як видно з наведених графіків ДН, при цьому ширина головної пелюстки практично не змінюється, що вигідно вирізняє даний метод серед інших.

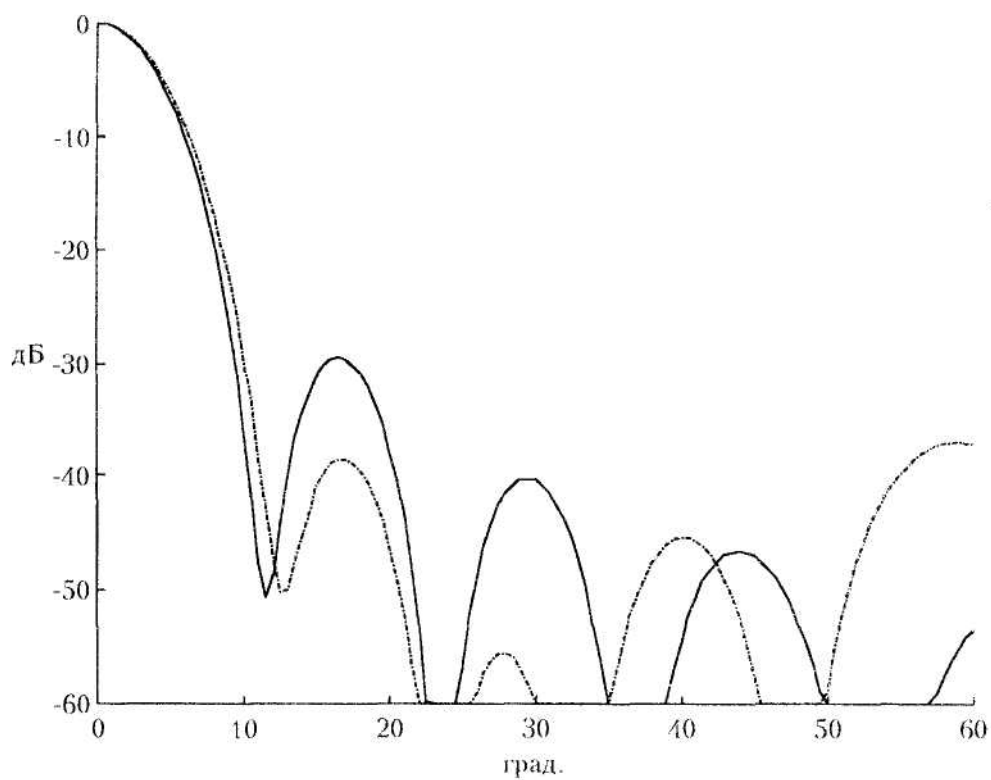


Рис. 5

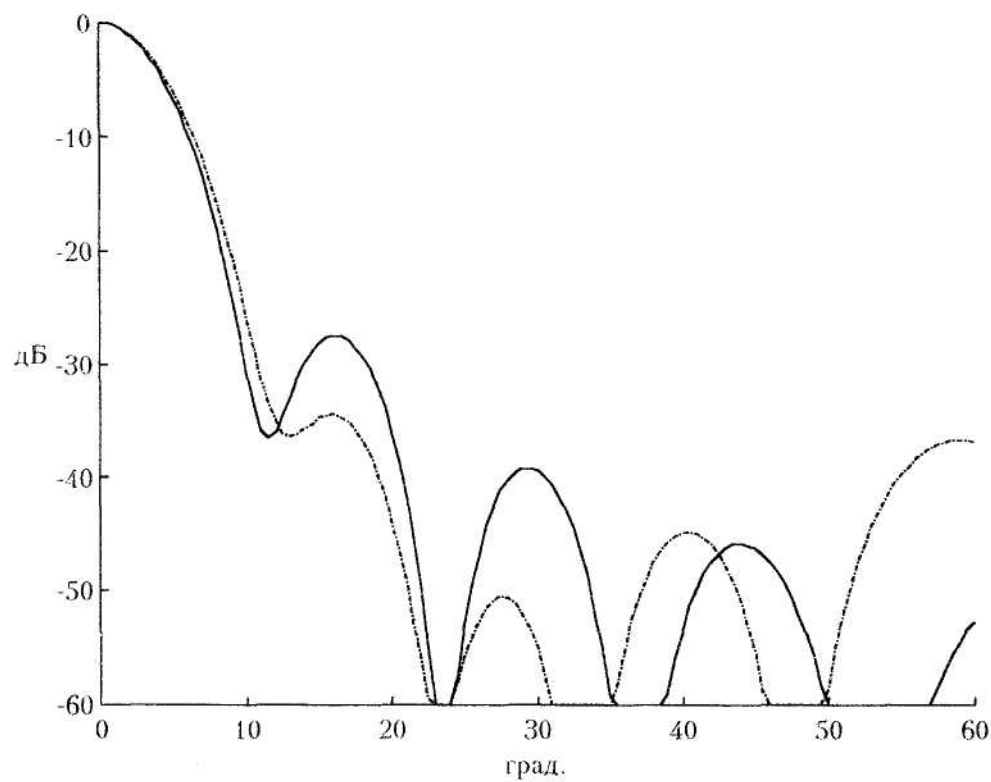


Рис. 6

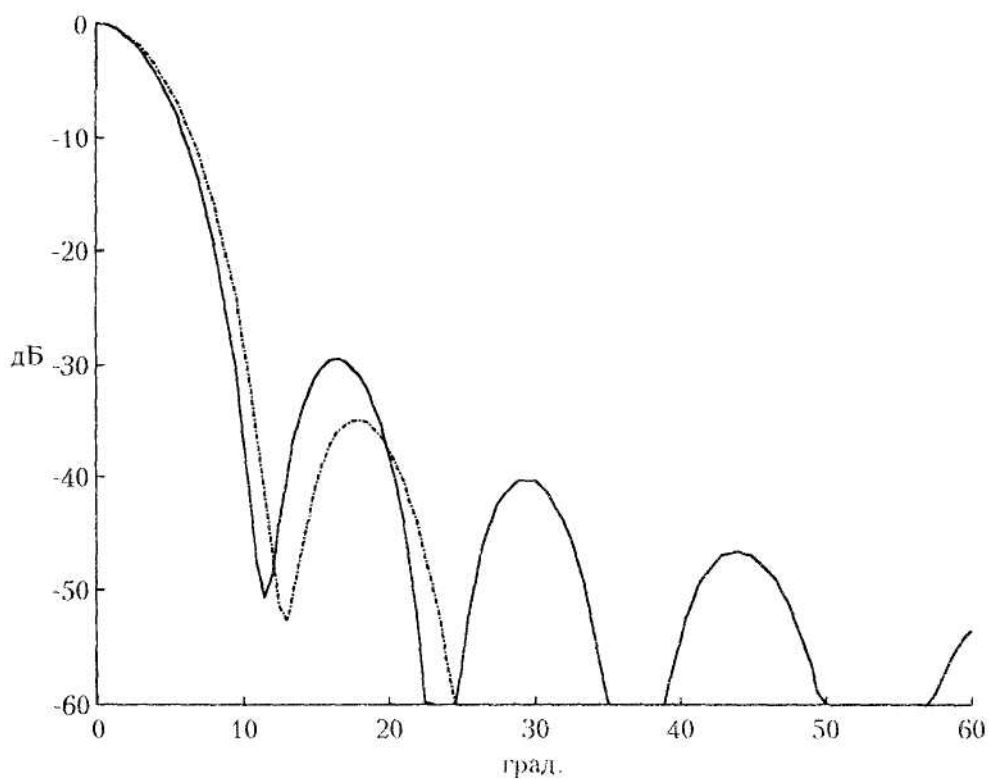


Рис. 7

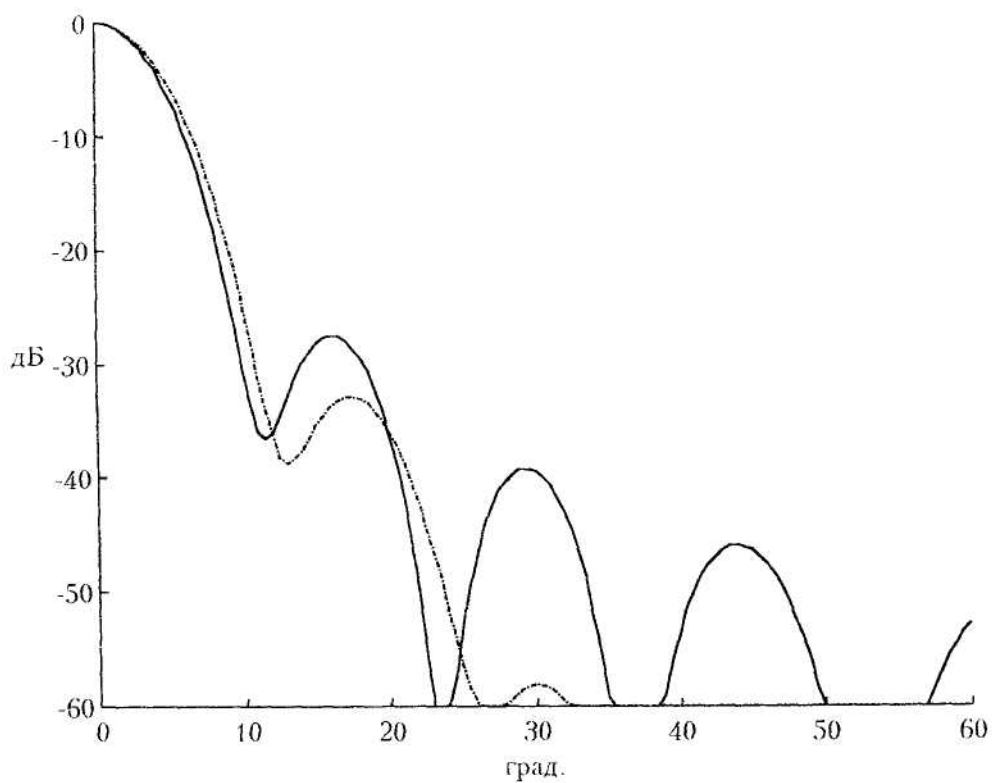


Рис. 8

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Белоцкий А.И.* Выборочное подавление боковых лепестков ДН линейных АР // 10-я Международная Крымская микроволновая конференция "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо'2000). Материалы конференции. – Севастополь: Вебер, 2000. – С. 300–301.
2. *Белоцкий А.И.* Подавление боковых лепестков и формирование нулей в диаграммах направленности линейных антенных решеток // Сборник научных трудов по материалам 4-го Международного молодежного форума "Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке". Часть 1. – Харьков: ХТУРЭ, 2000. – С. 10–11.
3. *Ерухимович Ю.А.* Подавление ближних боковых лепестков в апертурных антеннах // Труды НИИР, 1980. – №4. – С. 80–87.
4. *Сазонов Д.М.* Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с.
5. *Уолтер К.* Антенны бегущей волны. – М.: Энергия, 1970. – 445 с.
6. *Хургин И.М.* Минимизация боковых лепестков диаграммы направленности круглого раскрыва с произвольно расположенными затененными областями // Антенны. Вып. 25. – М.: Связь, 1977. – С. 65–75.
7. *Ямайкин В.Е., Северьянов В.Ф., Кишкунцов В.К., Рунов А.В.* Антенные устройства. – Минск: МВИРТУ, 1965. – 530 с.
8. *Ямпольский В.Г., Фролов О.П.* Антенны и ЭМС. – М.: Радио и связь, 1983. – 272 с.

БІЛОЦЬКИЙ Андрій Іванович – аспірант кафедри медичних приладів та систем Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- технічна електродинаміка,
- антени та пристрої НВЧ.

belotsky@ziet.zhitomir.ua

МАНОЙЛОВ В'ячеслав Пилипович – доктор технічних наук, завідувач кафедри медичних приладів та систем Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- електродинаміка;
- біофізика.

ЯНЕНКО Олексій Пилипович – кандидат технічних наук, доцент, заступник директора з наукової роботи НДЦ квантової медицини "Відгук" МОЗ України.

Наукові інтереси:

- вимірювання низькоінтенсивних сигналів;
- метрологія медичної апаратури;
- радіометрія.

Подано 9.10.2000