

УДК 621.396.933.21

**И.А. Кириченко, П.П. Пивнев**

**АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ НАПРАВЛЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ  
АКУСТИЧЕСКИХ АНТЕНН С КРИВОЛИНЕЙНОЙ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ  
ПОВЕРХНОСТЬЮ\***

*Управление шириной характеристики направленности традиционными методами, путем уменьшения размеров преобразователей может привести к превышению предельно допустимых уровней удельной мощности. В этом случае целесообразно использовать не плоские антенны, а антенны с криволинейной излучающей поверхностью. В работе рассматриваются вопросы теоретических исследований по управлению направленными свойствами акустических антенн с криволинейной излучающей поверхностью. Результаты моделирования характеристики направленности акустической антенны с криволинейной излучающей поверхностью с достаточной точностью совпадают с экспериментальными результатами, полученными авторами.*

*Характеристика направленности; криволинейная поверхность.*

**I.A. Kirichenko, P.P. Pivnev**

**CONTROL ALGORITHM FOR THE DIRECTIONAL PROPERTIES  
OF ACOUSTIC ANTENNA WITH A CURVILINEAR RADIATING SURFACE**

*Control width of the directivity by traditional methods, by reducing the size of converters may exceed the maximum permissible levels of power density. In this case it is advisable to use not flat antenna and the antenna with curved radiating surface. This paper deals with theoretical studies on the management of acoustic directional properties of antennas with curved radiating surface. The simulation results of the directivity pattern of acoustic antenna with curved radiating surface with sufficient accuracy with the experimental results obtained by the authors.*

*Directional characteristic; curved surface.*

В практике решения задач акустическими методами часто возникает необходимость создания характеристик направленности специальной формы. Для излучения и приема акустических сигналов применяются различные антенны выпуклой формы, например цилиндрической или сферической [1], волноводные антенны [2] и многоэлементные антенны с криволинейной излучающей поверхностью [3]. Одной из общих задач при создании акустических систем является проектирование антенн с управляемой характеристикой направленности [4]. Антенны с криволинейной поверхностью можно использовать в качестве конформных антенн, повторяющих поверхность носителя. Парциальные диаграммы направленности излучателей, образующих выпуклую антенную решетку, имеют неодинаковую ориентацию в пространстве, их максимумы излучения ориентированы в различных направлениях. Одинаковая ориентация преобразователей в антенне позволяет, как известно [1], определить характеристику направленности антенны, как произведение парциальных характеристик на множитель антенной решетки. Различная ориентация преобразователей в антенне приводит к необходимости расчета поля с учетом направления излучения отдельных преобразователей. Определение соотношений, характеризующих параметры выпуклых антенн, представляет собой от-

---

\* Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. ГК № П1148., ГК №16.740.11.0327 и при поддержке Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» ГК №14.518.11.7068.

дельную задачу в теории антенн. Эквидистантное расположение преобразователей на выпуклой поверхности соответствует не эквидистантному размещению их в эквивалентной плоскости раскрыва. В [1] показано, что излучает эффективно лишь часть дуги со стрелой прогиба, примерно равной  $\lambda/4$ .

Для проведения исследований нами разработана антенная система, состоящая из 30-и направленных элементов, которая может изменять кривизну излучающей поверхности. Характеристика направленности эквидистантной антенны состоящей из  $n$  одинаковых одинаково направленных преобразователей определяется по известной формуле [1]. Проведем изгиб излучающей поверхности антенны, таким образом, чтобы плоская антенна преобразовалась в выпуклую антенну с различными радиусами изгиба (рис. 1).

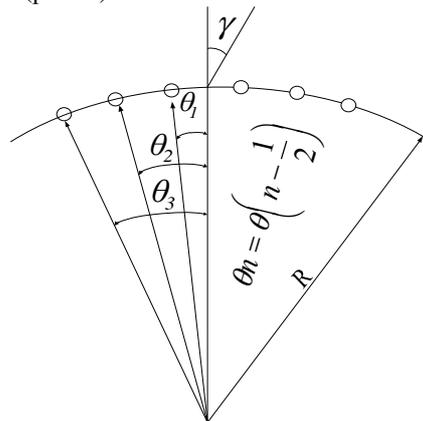


Рис. 1. Геометрия антенны с криволинейной поверхностью

Характеристика направленности дуги состоящей из  $n$  одинаковых элементов расположенных эквидистантно по поверхности антенны определяется по формуле [1]:

$$R_{\gamma} = \frac{I}{n} \sqrt{\left\{ \sum_1^n \cos[kR \cos(Q_n - \gamma)] \cdot R(d)[I + \cos(Q_n - \gamma)] \right\}^2 + \left\{ \sum_1^n \sin[kR \cos(Q_n - \gamma)] \cdot R(\alpha)[I + \cos(Q_n - \gamma)] \right\}^2},$$

где  $[I + \cos(Q_n - \gamma)]$  – коэффициент затенения;  $n$  – число элементов;  $Q_n$  – угловая координата элемента;  $\gamma$  – направление прихода звука;  $R$  – радиус дуги, на которой расположены элементы;  $R(\alpha) = R(Q_n - \gamma)$  – характеристика направленности одного элемента;  $k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$ .

На рис. 2 показан алгоритм управления направленными свойствами антенны путем изменения радиуса изгиба криволинейной излучающей поверхности.

На рис. 3 приведены расчетные диаграммы направленности антенны, при радиусах изгиба  $R=92\lambda$  и  $51\lambda$ ; при этом угол раскрыва антенны составил  $\beta=12,6^\circ$  и  $22,6^\circ$  соответственно.

Рассмотренный принцип управления направленными свойствами антенных систем с криволинейной излучающей поверхностью, путем управления конструктивными параметрами антенны, реализуемый, как на этапе проектирования, так и в реальных условиях, существенно увеличивает возможности управления направ-

ленными свойствами акустических систем. Полученные теоретические результаты с достаточной точностью совпадают с результатами экспериментальных исследований, что дает возможность моделировать характеристику направленности антенны с криволинейной поверхностью в процессе проектирования.

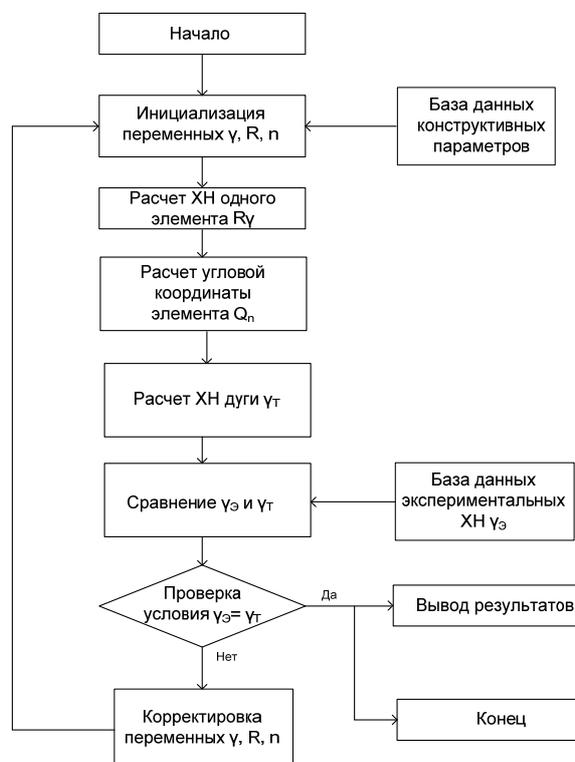


Рис. 2. Алгоритм управления направленными свойствами антенны с криволинейной излучающей поверхностью

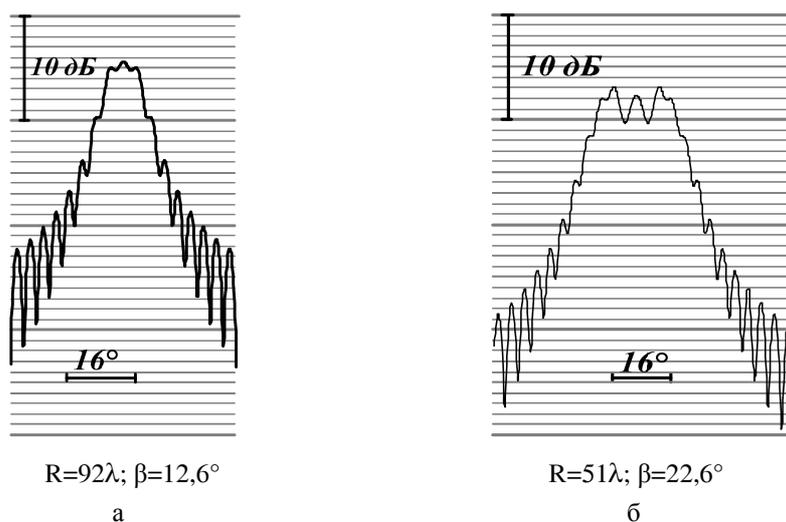


Рис. 3. Расчетные диаграммы направленности антенны

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Смарышев М.Д.* Направленность гидроакустических антенн. – Л.: Судостроение. – 1973. – 275 с.
2. *Мальцев В.Ю., Прокопчик С.Е.* Гидроакустические волноводные антенны и перспективы их применения в технических средствах исследования океана // Подводные исследования и робототехника. – 2010. – № 2 (10). – С. 51-71.
3. *Кириченко И.А., Пивнев П.П., Чаус Т.А.* Увеличение эффективности антенн гидролокаторов бокового обзора путем использования криволинейной излучающей поверхности // Радиолокационные системы специального и гражданского назначения / Под ред. Ю.И. Белого. – М: Радиотехника. – 2011. – С. 812-813.
4. *Кириченко И.А., Пивнев П.П.* Управление направленными свойствами акустических антенн для дистанционного зондирования шельфа океана // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 9 (122). – С.67-72.

Статью рекомендовал к опубликованию к.т.н., доцент В.Л. Сахаров.

**Кириченко Игорь Алексеевич** – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: igork@fep.tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

**Пивнев Петр Петрович** – кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

**Kirichenko Igor Alekseevich** – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail igork@fep.tsure.ru; GSP 17A, 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; the department of hydroacoustics and medical engineering; associate professor.

**Pivnev Peter Petrovich** – the department of hydroacoustics and medical engineering; associate professor.

УДК 612.424:613.693:615.471

**В.И. Короченцев, В.Т. Коваль, Г.А. Шабанов, А.А. Рыбченко, А.И. Волков,  
И.В. Гарасев**

### **ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА**

*Были проведены исследования, с целью оценить факт влияния УЗИ-исследования на состояние организма человека. Для оценки состояния использовался высокочувствительный аппарат «Магнитоэнцефалограф индукционный МЭГИ-01». Пациенту проводилось фоновое исследование на аппарате МЭГИ-01, затем стандартная процедура ультразвукового исследования, и далее контрольное исследование на МЭГИ-01. Максимальная реакция частотных ячеек «матрицы функциональных состояний», полученной на аппарате МЭГИ-01, наблюдалась через 20 минут после экспозиции ультразвуком. У отдельных лиц раздражение органа наблюдалось на протяжении 3–4 дней. Такая длительная задержка очага повышенной активности в центральной нервной системе характерна для развития выраженных дисфункций, которая может перейти в патологическое состояние.*

*Ультразвук; оценка состояния; «магнитоэнцефалограф индукционный».*