

Pivnev Peter Petrovich

E-mail pivnev@land.ru.

The Department of Hydroacoustics and Medical Engineering; Associate Professor.

УДК 621.396.933.21

И.А. Кириченко, П.П. Пивнев

**УПРАВЛЕНИЕ НАПРАВЛЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ АКУСТИЧЕСКИХ
АНТЕНН ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ШЕЛЬФА
ОКЕАНА***

Рассматриваются результаты исследований управления направленными свойствами гидроакустических антенн бокового обзора для дистанционного зондирования шельфа океана. Рассмотрены основные условия адаптивности гидроакустических систем дистанционного зондирования шельфа океана. Описаны способы обзора пространства и диаграммы направленности систем бокового обзора. Лабораторные исследования акустической системы бокового обзора показали возможность управления характеристиками направленности акустических антенн и учета особенностей натуральных условий измерений.

Акустическая антенна; характеристика направленности.

I.A. Kirichenko, P.P. Pivnev

**CONTROL OF THE DIRECTED PROPERTIES OF ACOUSTIC AERIALS
FOR REMOTE SOUNDING OF A SHELF OF OCEAN**

In work results of researches of management by the directed properties of acoustic aerials for remote sounding of a shelf of ocean are considered. The basic conditions of adaptability of acoustic systems of remote sounding of a shelf are considered. Ways of the review of space and the diagramme of an orientation of systems of the lateral review are described. Laboratory researches of acoustic system have shown possibility of management of characteristics of an orientation of acoustic aerials and the account of features of natural conditions of measurements.

Acoustic antenna; beam pattern.

Разрабатываемая акустическая аппаратура для дистанционного зондирования шельфа океана и экологического мониторинга в руслах рек, заливах морей и лиманах должна обладать свойством адаптивности и удовлетворять следующим условиям [1, 2]:

- ◆ обладать функцией перестройки собственной структуры и характеристик, которая определяет качество функционирования системы;
- ◆ обладать функцией управления структурой, характеристиками и параметрами системы, адекватно отражающей изменения внешних воздействий на систему.

Функциональные возможности гидролокаторов в значительной степени зависят от реализованных возможностей используемой антенной системы. На современном уровне развития гидроакустической техники наибольшие возможности по управлению характеристиками излучения дает применение пассивных и активных фазированных антенных решеток (ФАР).

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (ГК П1148 от 03.06.2010 г.).

Актуальными задачами при создании акустических систем дистанционного зондирования шельфа являются проектирование антенн с широкой характеристикой направленности на высоких частотах и антенн, способных формировать ДН различных форм (например, диаграммы типа « $\text{cosec}^2(\theta)$ » с непрерывными значениями начальных и конечных углов).

Способ обзора пространства и необходимая при этом форма и положение диаграммы направленности определяют форму и размеры акустической антенны. Экспериментальные исследования показали, что введение амплитудно-фазового распределения возбуждения по элементам антенны позволяет управлять шириной ХН и изменением ее формы в широком пределе при незначительной потере энергии в излучении [1]. Расширение характеристик 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 или антенные решетки с большой излучающей поверхностью и амплитудно-фазовым распределением.

Проведенные экспериментальные исследования по управлению направленными свойствами акустических антенн посвящены вопросам разработки акустических систем дистанционного зондирования для формирования расширенных характеристик направленности, где используется большая по сравнению с плоской линейной апертурой излучающая поверхность, и формированию характеристик направленности специальной формы.

На рис. 1 приведены экспериментально измеренные характеристики направленности антенны бокового обзора в широкой плоскости, а на рис. 2 показаны обобщенные результаты экспериментальных исследований направленных свойств акустической антенны, в которой управление характеристикой направленности осуществлялось путем формирования фазового и спадающего по краям амплитудного распределения коэффициентов возбуждения по поверхности антенны. В конструкции антенны была предусмотрена возможность подключения сигнала к крайним элементам через электрическую емкость C , пропорциональную статической емкости частичного элемента антенны.

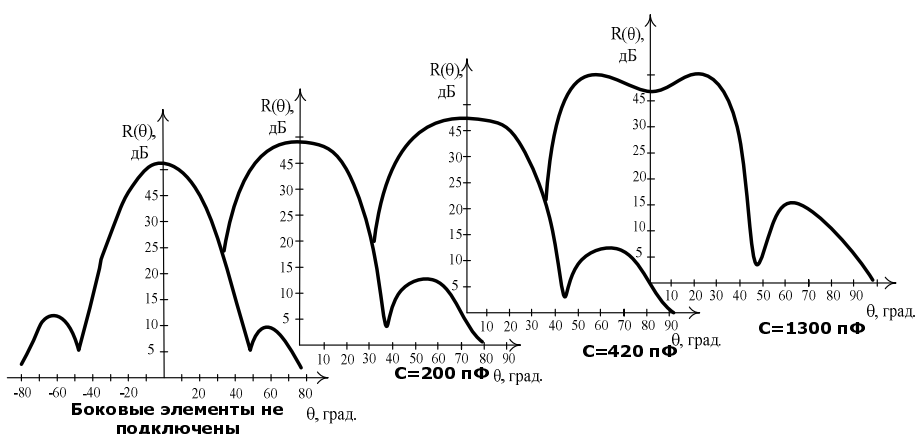


Рис. 1. Зависимость ширины характеристики направленности от величины C

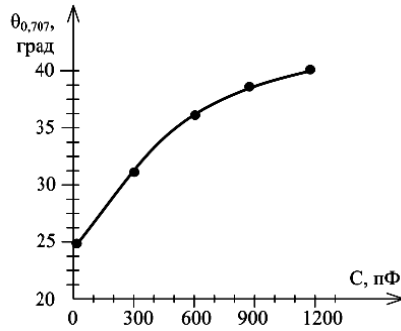


Рис. 2. Обобщенная зависимость ширины характеристики направленности от величины C

Анализ полученных в лабораторных исследованиях в заглушенном акустическом бассейне характеристик направленности позволяет сделать вывод о том, что при используемом методе можно при постоянной апертуре изменять ширину характеристики направленности антенны.

Рассмотрим результаты разработки акустических антенн систем бокового обзора, полученные при формировании характеристики направленности с использованием сравнительно большой по сравнению с плоской линейной апертурой излучающей поверхности. На рис. 3 показана характеристика направленности антенны бокового обзора в вертикальной плоскости с плоской излучающей поверхностью.

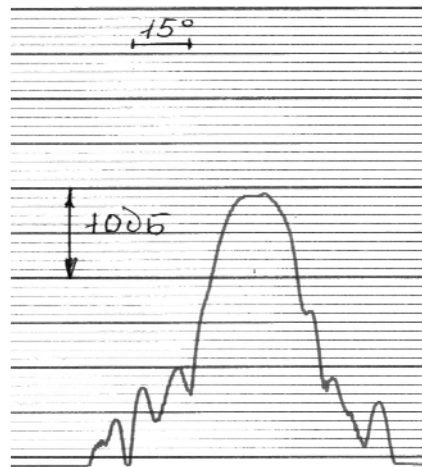


Рис. 3. Характеристика направленности антенны бокового обзора с плоской излучающей поверхностью

Увеличение возможно применением выпуклых антенн. В такой системе формирование характеристики направленности происходит за счет интерференции колебаний, приходящих от различных участков антенны, лежащих не в одной плоскости. При большой кривизне поверхности и малых длинах волн суммирование колебаний в пространстве может привести к флюктуациям в основном лепестке характеристик направленности [3]. Эффективный вклад в поле излучения в точке наблюдения дают части дуги окружности, расположенной по обе стороны от

акустической оси при стреле прогиба дуги, равной $\lambda/4$. При этом антенна эквивалентна по характеристике направленности антенне со стороной, равной хорде этой дуги. По мере уменьшения стрелы прогиба дуги, по сравнению с $\lambda/4$, это совпадение улучшается. При увеличении стрелы прогиба дуги от 0 до $\lambda/4$ характеристика направленности ухудшается, а давление в точке наблюдения увеличивается [3]. При небольших углах раскрытия ширина характеристики направленности определяется величиной угла раскрытия. Когда апертура антенны представляет собой криволинейную излучающую поверхность – сектор определенного радиуса, то в этом случае весь сектор вносит вклад в формирование направленных свойств антенны. Конструктивно антенна такого типа представляет собой набор отдельных направленных поршневых преобразователей, вписанных в дугу таким образом, что суммарная характеристика направленности соизмерима с углом сектора, ограничивающего эту дугу.

На рис. 4 показана характеристика направленности антенны бокового обзора с криволинейной излучающей поверхностью в виде дуги.

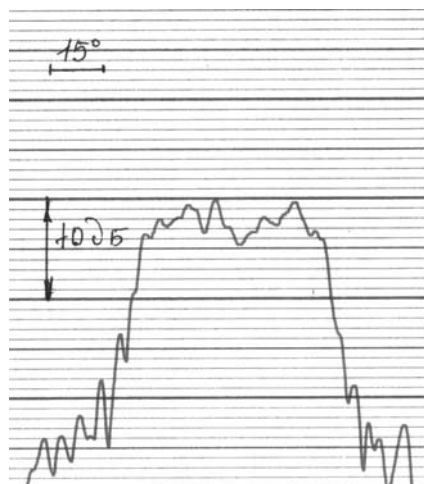


Рис. 4. Характеристика направленности антенны бокового обзора с криволинейной излучающей поверхностью

Удельная акустическая мощность исследуемой антенны с криволинейной излучающей поверхностью около 3 Вт/см^2 . При использовании антенны с плоской излучающей поверхностью с такой же характеристикой направленности основного лепестка удельная акустическая мощность составляла бы порядка 60 Вт/см^2 . Сравнение антенны бокового обзора с криволинейной излучающей поверхностью, показывает, что по сравнению с антенной с плоской излучающей поверхностью равной по длине хорде криволинейной антенны, происходит расширение характеристики направленности.

На рис. 5 показана характеристика направленности макета антенны, состоящей из 7 парциальных элементов, при равномерном амплитудно-фазовом распределении.

Управление фазовым распределением в раскрытии позволяет формировать различные формы специальных лучей, что существенно увеличивает возможности гидролокационных систем. К лучам специальной формы обычно относят лучи, форма которых отличается от формируемой синфазным раскрытием.

Использование диаграммы типа « $\text{cosec}^2(\theta)$ » обеспечивает максимальные возможности.

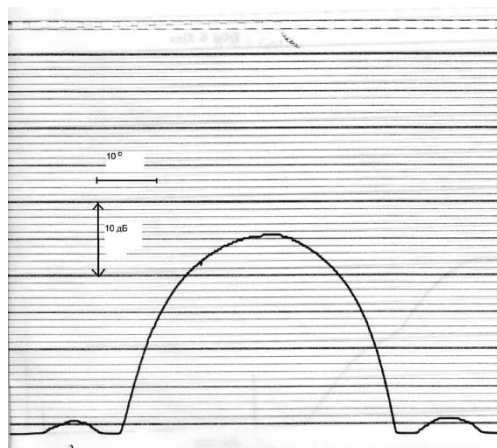


Рис. 5. Характеристика направленности макета антенны при равномерном амплитудно-фазовом распределении

При формировании расширенных характеристик направленности типа $\text{cosec}^2(\theta)$, уровень которых зависит от угловой переменной, задача может быть сведена к расчету амплитудно-фазовых распределений парциальных элементов антенной системы [4].

На рис. 6 показана характеристика направленности антенны, амплитудно-фазовое распределение коэффициентов возбуждения парциальных элементов которой аппроксимировано полиномом 5-го порядка.

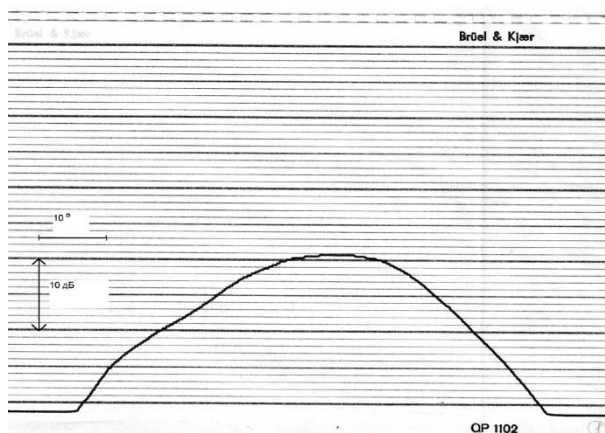


Рис. 6. Расширенная характеристика направленности макета антенны

Анализ приведенных на рис. 5, 6 результатов показывает, что происходит существенное расширение характеристики направленности и изменение ее формы.

Таким образом, экспериментальные исследования показали, что введение амплитудно-фазового распределения возбуждения по парциальным элементам антенны позволяет управлять шириной характеристики направленности в широком пределе и изменять ее форму при незначительной потере энергии в излучении. Гидролокатор, способный очень гибко и оптимальным образом использовать возможности ФАР по управлению формой ДН, получает дополнительные преимущества.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кириченко И.А., Пивнев П.П.* Экспериментальные исследования акустических антенн бокового обзора с широкой характеристикой направленности в вертикальной плоскости // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 6 (95). – С. 81-83.
2. *Кириченко И.А., Котляров В.В., Рябец М.Н.* Разработка гидроакустического комплекса для учета рыб в руслах рек // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 5 (82). – С. 177-181.
3. *Воронин В.А., Пояркова В.А., Душаткин В.Н.* Исследования параметрического излучателя с выпуклым преобразователем накачки / Прикладная акустика. Межведомственный тематический сборник. – Вып. X. – Таганрог: Изд-во ТРТИ, 1983. – С. 34-38.
4. *Синани А.И., Мосейчук Г.Ф., Грибанов А.Н.* Управление формой диаграммы направленности в антенных системах с электронным управлением лучом // Антенны, 2005. – № 2(93). – С. 27-32.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. С.П. Тарасов.

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.

Тел.: 88634371795

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

Пивнев Петр Петрович

E-mail pivnev@land.ru.

Кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; доцент.

Kirichenko Igor Alekseevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomous Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: igork@fep.tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371795.

The Department of Hydroacoustics and Medical Engineering; Associate Professor.

Pivnev Peter Petrovich

E-mail pivnev@land.ru.

The Department of Hydroacoustics and Medical Engineering; Associate Professor.

УДК 534.232

Д.А. Кравчук

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ В ИЗОСКОРОСТНОМ
ВОЛНОВОДЕ**

Исследование возможности селективного возбуждения низших мод в мелком море для дистанционного зондирования водной экосистемы. Доказана возможность возбуждения в акустическом волноводе в условиях мелкого моря низших мод в широкой полосе частот при соответствующем наклоне акустической оси параметрической излучающей антенны. Расположение вблизи параметрического излучателя акустически мягкой границы раздела меняет фазовые соотношения между сигналами разностной частоты, образовав-