

УДК 681.883

В.В. Ролик, нач. кафедры,*Академия военно-морских сил имени П.С. Нахимова. Ул. Дыбенко, 1А, г. Севастополь, 99028**E-mail: rolik-sharik@yandex.ru***А.Н. Морозов, ст. научн. сотр., канд. техн. наук,****В.М. Кушнир, профессор, д-р техн. наук***Морской гидрофизический институт НАН Украины. Ул. Капитанская 2, Севастополь, 99011**E-mail: anmorozov@yahoo.com, kushnirv@yahoo.com***СФОКУСИРОВАННЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЗВЕСИ В МОРСКОЙ СРЕДЕ**

Рассматривается возможность использования высокочастотных сфокусированных акустических систем для оценки концентрации взвешенного вещества в морской среде.

Ключевые слова: гидроакустические системы, взвесь, морская среда

Введение

В настоящее время известно большое разнообразие гидроакустических систем для выполнения прикладных гидро- и геофизических исследований, обеспечивающих использование различных механических систем, работающих в морской среде. Диапазон используемых частот характеризуется величинами от 10^1 до 10^6 Гц. Среди большого многообразия таких систем особое место занимают высокочастотные сфокусированные гидроакустические системы на основе параболических отражателей. Их использование обеспечивает формирование узкой диаграммы направленности излучаемого акустического сигнала и значительный коэффициент усиления антенны порядка $10^3 \dots 10^5$ в зависимости от используемой частоты и параметров параболического отражателя. В настоящей работе рассмотрены некоторые возможные конфигурации таких систем, а также характеристики структуры акустических сигналов для измерения концентрации взвеси в морской среде. Данные таких измерений важны для обеспечения надежной работы различных насосов, турбин фильтров и других систем.

Взвесь в морской среде состоит из частиц как минерального, так и органического происхождения. Это могут быть продукты размыва горных пород, обломочный материал вулканических извержений, продукты химических реакций, атмосферная пыль, фрагменты тел и экскременты морских организмов, макро- и мезо зоопланктон, и т. п. Некоторое количество взвешенных веществ попадает в море со сточными водами. Концентрация морской взвеси колеблется в широких пределах от сотых долей г/м³ до нескольких кг/м³. От содержания и свойства взвеси зависят оптические свойства морской воды (прозрачность, цвет, поглощение и рассеяние света). Органическая взвесь служит пищей многим морским организмам. Взвешенное вещество в морской воде является исходным материалом при образовании донных осадков, а динамика взвеси непосредственным образом влияет на такие литодинамические процессы, как изменение рельефа дна, образование отмелей, размыв и формирование береговой линии, размыв опорных оснований гидротехнических сооружений, буровых платформ, подводных трубопроводов. Исследование структуры и характеристик морской взвеси проводится при проектировании и эксплуатации всех гидротехнических систем и сооружений.

Основными методами определения концентрации взвеси в морской среде в настоящее время являются весовой (гравиметрический) метод, оптический, кондуктометрический и акустический методы. Первый метод основан на лабораторных анализах проб морской воды, отобранных с различной глубины. Эти пробы пропускают через специальные стеклянные фильтры диаметром 47 мм с размером пор 0,47 мкм, затем эти фильтры с оставшейся на них веществом взвешивают на специальных высокоточных весах [1]. Для разделения органической и минеральной фракций фильтры обрабатывают раствором кислоты и при этом вся органика выжигается. Этот метод трудоемок и требует значительного времени для получения результата. В связи с этим активно развиваются оптические методы определения концентрации взвеси [2]. Их достоинство – оперативность получения результата и возможность производить быстрое зондирование распределения взвеси по глубине.

К оптическим методам относятся космические съемки оптическими сканерами. Эти методы используют для определения концентрации взвеси в приповерхностном слое морской среды, используя зависимость уровня восходящего излучения на различных длинах волн от концентрации взвеси [1].

Изобретение кондуктометрического метода исследования дисперсных систем в 1960–1965 гг. (США) произвело революцию в изучении гранулометрии морской взвеси. Преимуществом метода было быстрое действие и высокая точность измерений [3]. Каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и недостатки и ориентирован на измерение концентрации взвеси с определенными размерами частиц. Акустические методы, по сравнению с рассмотренными, позволяют существенно увеличить пространственные масштабы определения концентрации взвеси от 10^0 до 10^3 м, а также ее

характерных размеров от 10^{-4} до 10^0 м в зависимости от длины акустических волн и других параметров аппаратуры. Такие измерения важны также для повышения эффективности работы многих механических и гидроакустических систем и для успешной реализации различных функциональных и прикладных проектов, связанных с морской средой.

Целью настоящей работы является предварительный анализ использования сфокусированных акустических систем для определения концентрации взвеси в морской среде.

1. Особенности сфокусированных акустических систем

Среди акустических методов особый интерес представляют сфокусированные системы, использующие параболические отражатели (рисунок 1).

На частотах 200 кГц они обладают узкой диаграммой направленности ($\pm 15^\circ$) и коэффициентом усиления антенны порядка $10^4 \dots 10^5$, что обеспечивает прием и распознавание слабых сигналов рассеяния акустических волн на частицах взвеси. Если приемо-передающий акустический преобразователь рассчитан на основную частоту f , то его можно использовать для излучения в морскую среду последовательности узких импульсов, частотный спектр которых кроме основной частоты содержит набор кратных частот nf , $n = 2, 3, 4 \dots$

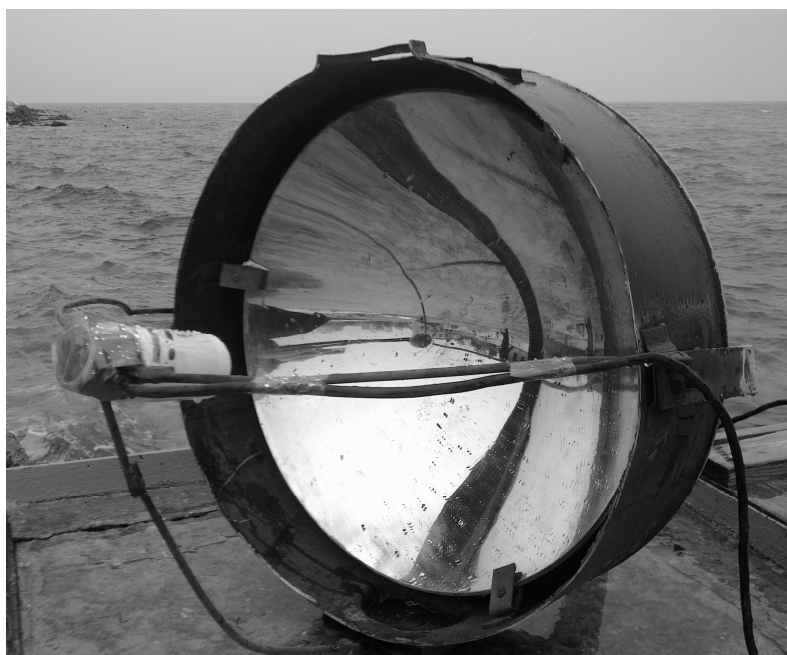


Рисунок 1 – Сфокусированная акустическая система с параболическим отражателем

В ближней зоне акустической антенны $R_b = \frac{D^2}{10\lambda} = \frac{D^2 nf}{10C}$, D – диаметр антенны, C – скорость звука, λ – длина волны, сохраняется синфазность фронтов акустических колебаний, а сама зона характеризуется резкими пространственными осцилляциями звукового давления. В дальней зоне антенны $R_d \geq \frac{D^2}{\lambda} = \frac{D^2 nf}{C}$ волновой фронт становится сферическим, интенсивность акустического сигнала убывает пропорционально r^{-1} и осцилляции амплитуд в направлении распространения исчезают. В этой зоне размер первой зоны Френеля превышает величину $r \sin \theta$, где $\theta = \arcsin(2\lambda / D)$ – угол раскрытия антенны, и где можно оперировать понятием диаграмма направленности, т.е. зависимости амплитуды сигнала от угловых координат. Для $D = 0,47$ м, $C = 1500$ м/с, $f = 200$ кГц, размер ближней зоны равен $2,95n$ м; дальней зоны – $29,45n$ м.

Возможны две основные конфигурации указанных акустических систем, представленные на рисунках 2 и 3. Первая из них содержит один приемо-передающий акустический преобразователь, рассчитанный на частоту f , установленный в фокусе параболической антенны на расстоянии F от ее края, переключатель 1, генератор серии узких акустических импульсов 3 и приемник сигналов рассеяния от неоднородностей 2. Гидроакустический преобразователь поочередно работает в режиме излучения

акустических импульсов и приема сигналов рассеяния от неоднородностей вдоль трассы распространения акустического сигнала.

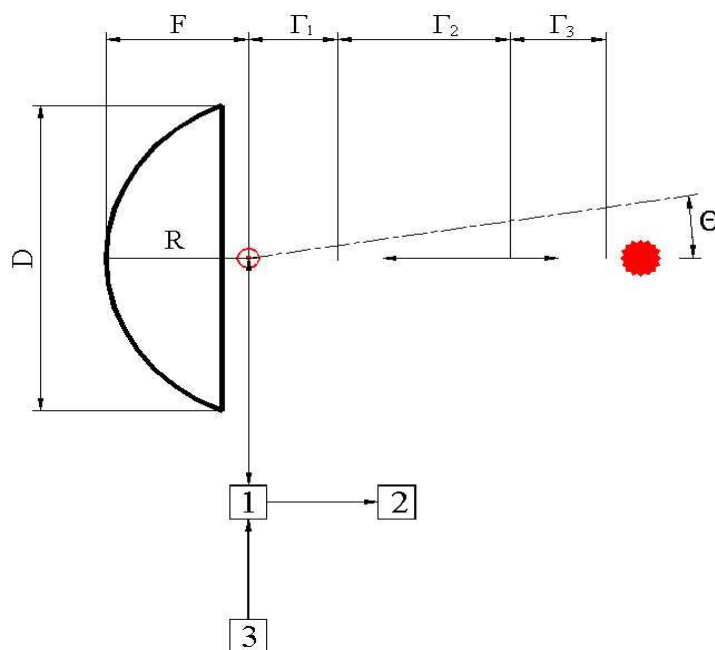


Рисунок 2 – Акустическая система с одним приемо-передающим акустическим преобразователем

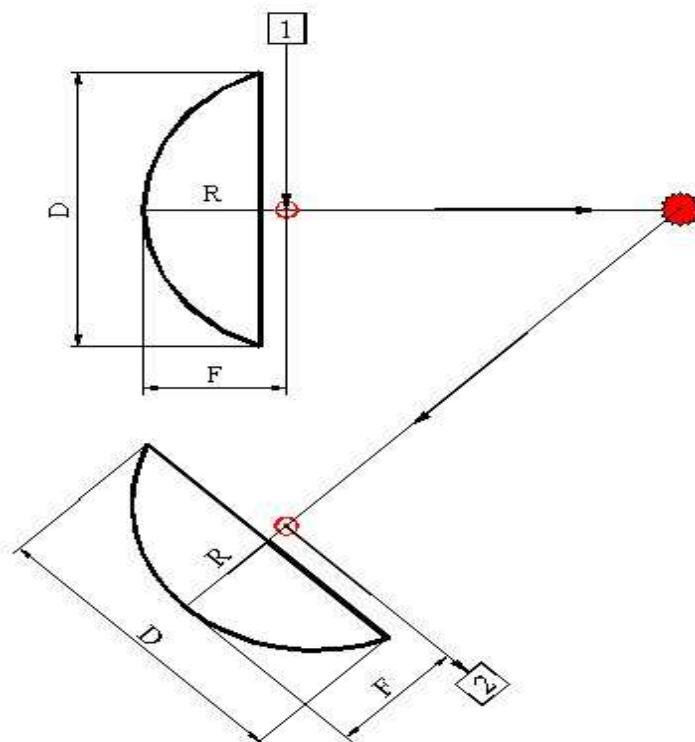


Рисунок 3 – Акустическая система с передающим и приемным акустическими преобразователями

Минимальное расстояние приема рассеянного сигнала равно ближней зоне антенны Γ_1 . Дальняя зона антенны равна $\Gamma_1 + \Gamma_2$. Максимальная дальность $\Gamma_1 + \Gamma_2 + \Gamma_3$ определяется, главным образом, ослаблением акустического давления для конкретной гармоники и коэффициентом усиления антенны.

На рисунке 2 показана схема с разделением приемной и передающей частями акустической системы. Ее преимуществами являются отсутствие переключателя и возможность определять концентрацию взвеси или других объектов под различными углами, в том числе под таким углом где сигнал рассеяния от мелких и(или) крупных частиц является максимальным.

Заключення

Таким образом, сфокусированные акустические системы рассмотренных типов обладают значительным коэффициентом усиления, дальность их действия имеет порядок 10^3 м. Это позволяет решить проблему оперативного определения концентрации взвеси вдоль трассы распространения сигнала, что имеет важное значение для обеспечения надежной работы различных типов механических установок, работающих непосредственно в морской среде.

Бibliографический список использованной литературы

1. Кушнir В.М. Характеристики взвеси в Керченском проливе по данным контактных и дистанционных измерений / В.М. Кушнir, С.В. Бердников. // Геоинформатика. — 2010. — Вып. 2. — С. 61–67.
2. Маньковский В.И. Связь показателя ослабления излучения с концентрацией взвеси в водах Черного моря / В.И. Маньковский, М.В. Соловьев // Морской гидрофиз. журнал. — 2003. — Вып. 2. — С. 600–652.
3. Дыкман В.З. Измерение объемной концентрации взвесей по пульсациям электропроводности морской воды / В.З. Дыкман, О.И. Ефремов // Системы контроля окружающей среды. Методические, технические и программные средства. — Севастополь: МГИ НАН Украины, 2003. — С. 48–54.

Поступила в редакцию 23.03.2012 г.

Ролік В.В., Морозов О.Н., Кушнір В.М. Сфокусовані акустичні системи для оперативного визначення концентрації суспензії у морському середовищі

Розглянуто можливість використання високочастотних сфокусованих акустичних систем для оцінки концентрації зваженої речовини у морському середовищі.

Ключові слова: гідроакустичні системи, суспензія, морське середовище.

Rolik V., Morozov A., Kushnir V. Focused acoustic systems for operative determination of concentration of dredge in marine environment

Possibility of the use of the high-frequency focused acoustic systems for the estimation of concentration of the self-weighted matter in a marine environment is examined.

Keywords: hydroacoustic systems, dredge, marine environment.