

Гидроакустические информационно-измерительные комплексы нового поколения



На протяжении последних 10 лет в Институте прикладной физики Российской академии наук (ИПФ РАН) созданы технологии построения гидроакустических информационно-измерительных комплексов, открывающие принципиально новые возможности метрологии шумоизлучения надводных и подводных кораблей и исследования характеристик акустических полей в волноводах мелкого моря.

Основной отличительной особенностью разработанных комплексов является использование кабельных цифровых антенн, созданных на базе интеллектуальных гидроакустических приемников (цифровых гидрофонов). Такая архитектура позволила резко повысить не только качество приема сигналов на фоне помех различного происхождения (шумы судоходства, шумовой фон ветрового волнения и т. д.), но и разрешающую способность при решении задачи реконструкции пространственно-частотного распределения акустической яркости корабля в широкой полосе частот. Цифровые технологии сбора и обработки данных существенно облегчают управление пространственными характеристиками антенного комплекса при динамической фокусировке на движущийся объект и адаптивной оптимизации пространственно-временной обработки слабых сигналов на фоне помех акватории. Все эти задачи были решены при создании антенных комплексов нового поколения и их метрологического обеспечения.

В результате выполненных в ИПФ РАН исследований и опытно-конструкторских разработок:

- впервые разработаны и сертифицированы методы метрологических измерений шумности кораблей с использованием многоэлементных приемных систем;

- впервые реализована технология измерения шумоизлучения кораблей на уровне 15–20 дБ ниже уровня фоновых морских шумов, что является принципиально важным шагом для обеспечения испытаний малошумных отечественных подводных лодок IV поколения;

- разработаны и сертифицированы технические и программные средства метрологического обеспечения гидроакустических информационно-измерительных комплексов на базе цифровых гидрофонов.

Кроме обеспечения работ по измерениям акустической шумности кораблей на полигонах ВМФ, цифровые приемные комплексы ИПФ РАН используются при проведении натурных исследований распространения низкочастотного звука в условиях мелкого моря. С их помощью ИПФ РАН выполнил ряд уникальных экспериментов в акваториях Балтийского и Баренцева морей. Разработанные

для этих целей антенны могут быть оперативно установлены на глубину до 300 метров (в горизонтальном или вертикальном положении). В автономном режиме цифровые антенны осуществляют накопление данных измерений за период до нескольких суток; звукоподводная связь с кораблем обеспечения обеспечивает передачу данных для последующей обработки и архивации.

Уровень собственных шумов цифрового гидрофона не превышает 38 дБ отн. 20 мкПа в третьоктавных полосах рабочего диапазона, что соответствует минимальному уровню морских помех и позволяет регистрировать слабые сигналы малошумных объектов. Использование многоэлементной антенны дает возможность дополнительного увеличения выходного отношения сигнал/шум. При записи сигналов используются опорные генераторы с временной стабильностью на уровне 10^{-9} и точная синхронизация источника подсветки и тактовой частоты записи, что позволяет создавать распределенные системы освещения подводной обстановки и выделять во флуктуациях принимаемого сигнала влияние таких тонких эффектов распространения звука, как воздействие морских внутренних волн и солнечных приливов.

Созданный в ИПФ РАН комплекс для измерения уровней подводного шума — средство измерения гидро-

акустического поля (СИ ГАП «Нева-ИПФ» — аттестован в качестве средства измерения военного назначения гидроакустических полей надводных и подводных кораблей на ходовых и стояночных режимах в условиях мелководных полигонов с глубинами до 300 метров.

Оборудование комплекса состоит из подводного устройства (ПУ) и аппаратуры бортового корабельного поста (БКП). В состав ПУ входят многоэлементная приемная система (МПС) с якорными устройствами и гермоконтейнер с аппаратурой, обеспечивающей передачу цифровых сигналов с гидрофонов антенны по кабелю связи на компьютер БКП. Развертывание ПУ производится с использованием рабочего катера судна физических полей (СФП) и может быть выполнено с постановкой МПС в горизонтальном или вертикальном положении. Горизонтальная постановка МПС используется для выполнения измерений шумности объекта на ходовых режимах, вертикальная постановка применяется при акустических испытаниях объекта на ходовых или стояночных режимах. Наведение объекта на ПУ обеспечивается работой акустического маяка, установленного на корпусе гермоконтейнера. Маяк обеспечивает также сквозную акустическую контроль работоспособности измерительных трактов. Параметры движения объекта на измерительном галсе (скорость,

траверзная дистанция, координаты точек галса на моменты начала и окончания регистрации) определяются по результатам обработки тонального сигнала, излучаемого специальным вибратором, который устанавливается на время проведения акустических испытаний на корпусе внутри объекта.

МПС состоит из 29 цифровых гидроакустических приемников (ЦАП), обеспечивающих выполнение измерений в полосе частот 5...10000 Гц, и одного приемника ультразвукового (до 100 кГц) диапазона частот, с которого передаются данные текущих значений уровней для третьоктавных полос. Гидрофоны находятся на общем электрическом кабеле, обеспечивающем их электропитание, синхронное аналого-цифровое преобразование сигналов и передачу данных в стандарте RS-485. Размещение гидрофонов по длине МПС выполнено специальным образом с целью формирования пяти вложенных друг в друга эквидистантных антенных решеток для различных частотных диапазонов в пределах рабочей полосы. Общая длина кабельной цифровой антенны МПС составляет 30 метров. Конструктивное решение МПС допускает возможность удлинения подключением к ней дополнительных антенных решеток. На концах МПС установлены датчики статического давления, с помощью которых контролируется глубина её постановки.

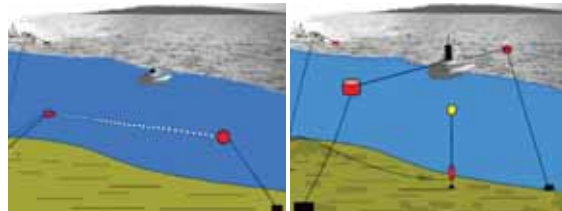
В состав аппаратуры БКП входят: модем, управляющий компьютер, с помощью которого производится управление процессом измерений, и компьютер пакетной обработки данных с программным обеспечением и функциями архивации данных.

Программное обеспечение комплекса реализует когерентную обработку сигналов МПС, в том числе с адаптивным подавлением фоновых помех, что позволяет производить измерение шумности контролируемого объекта при отношении сигнал/поме-

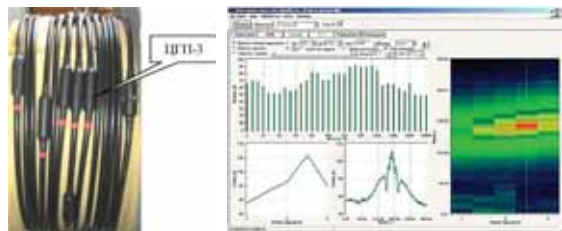
хадо -15 дБ. При вертикальной постановке МПС весовые коэффициенты элементов антенны оптимизируются таким образом, чтобы обеспечить минимум уровня помехи на выходе МПС при дополнительном условии равномерного отклика антенны в пределах заданной области (вне зависимости от положения объекта внутри этой области). При горизонтальной ориентации приемной системы оптимизация весовых коэффициентов обеспечивает фокусировку МПС в текущую точку траверза; при этом ширина фокального пятна антенны регулируется таким образом, чтобы объект полностью помещался в этом пятне. После когерентного весового суммирования сигналов с отдельных гидрофонов производится третьоктавный или узкополосный анализ выходного сигнала, определяются уровни шумоизлучения в соответствующих частотных диапазонах с отображением результатов обработки в виде сонограмм текущих спектров, спектров максимальных или усредненных значений, проходных характеристик сигналов в отдельных диапазонах, распределений уровней сигналов по гидрофону и других зависимостей.

Алгоритмическое обеспечение позволяет решать задачу выделения источников дискретных спектральных составляющих повышенного шумоизлучения корабля и определения местоположения таких источников на корпусе, что является принципиально важным при создании малошумных подводных лодок. С этой целью строится акустический портрет корабля — пространственно-частотное распределение уровня его шумоизлучения в ближнем поле, дающее возможность принятия конструктивных решений по снижению шумности.

Два экземпляра комплекса СИ ГАП «Нева-ИПФ» прошли государственные испытания, переданы в ВМФ РФ и успешно эксплуатируются.

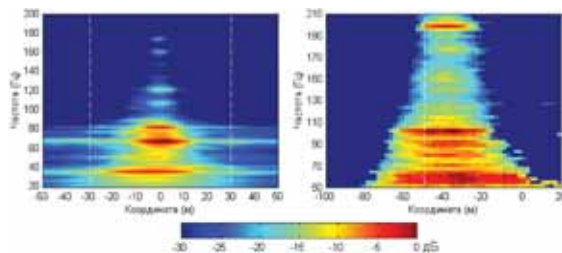


Варианты постановки кабельной антенны СИ ГАП «Нева-ИПФ» на полигоне



Приемная антенна СИ ГАП «Нева-ИПФ» на базе цифровых гидрофонов ЦАП-3

Вид экрана в режиме оперативной обработки сигналов



Примеры акустических изображений надводных кораблей: пространственно-частотные распределения шумоизлучения вдоль корпуса судна

Основные технические характеристики комплекса СИ ГАП «Нева-ИПФ»

| | |
|---|--------------------------------------|
| Частотный диапазон измерений | 5 Гц ... 100 кГц |
| Максимальный уровень измеряемого звукового давления | не менее 120 дБ относительно 20 мкПа |
| Общий динамический диапазон комплекса | не менее 90 дБ |
| Уровень собственных шумов измерительных каналов, приведенный к входу | не более 39 дБ |
| Скорость передачи данных | не менее 500 кбит/с |
| Частота дискретизации сигналов | 26 кГц |
| Рабочая частота акустического маяка наведения | 5400 ± 100 Гц |
| Уровень сигнала акустического маяка на дистанции 50 метров | не менее 80 дБ |
| Глубина постановки ПУ | не более 150 м |
| Потребляемая мощность аппаратуры БКП | не более 1000 Вт |
| Погрешности определения траверзной дистанции и скорости движения объекта на рабочем прямолинейном галсе | не более 4 % и 3 % соответственно |

603950, Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46
Тел./факс: (831) 432 1434
E-mail: monitor@hydro.appl.sci-nnov.ru
www.iapras.ru
(зав. отделом ИПФ РАН П. И. Коротин)