

ВОЗМОЖНОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ОТ КОМБИНИРОВАННОГО 4-Х КАНАЛЬНОГО ПРИЕМНИКА

Злобина Н.В., Касаткин С.Б.

*Институт проблем морских технологий им. Акад. М.Д. Агеева, г. Владивосток
kasatkas@marine.febras.ru*

Спектральному анализу подвергнута запись от 2013 г. с приемной системы, разработанной д.ф.-м.н., проф. Щуровым В.А., содержащая комбинированные 4-х каналные приемники (рис. 1а). Комбинированный приемник, оставаясь точечным приемником, измеряет звуковое давление и три компоненты вектора колебательной скорости, которые позволяют вычислить три компоненты вектора интенсивности с использованием мультипликативных алгоритмов. Совокупная скалярно-векторная информация позволяет успешно решать не только задачу освещения подводной обстановки, но и пеленговать источники сигналов. В экспериментальных данных записан проход двухвинтового парома из Зарубино проекта 10380 типа Вохилайд Рижского судостроительно-судоремонтного завода ММФ СССР (рис. 1б).

Спектральный анализ позволяет вычислять с использованием мультипликативных алгоритмов обработки 16 информативных

а)



б)



Рис. 1. Общий вид комбинированного приемного модуля без обтекателя а) и однопалубного парома «Бригадир Ришко» проекта 10380 б)

параметров, которые составляют полное описание скалярно-векторной энергетической структуры звукового поля движущегося парама. Полный перечень информативных параметров и их вклад в помехоустойчивость комбинированного приёмника приведён в работе [1] и включает в себя звуковое давление $p(z,r)$, компоненты комплексного вектора интенсивности $\bar{I}(z,r)$, компоненты вещественного ротора вектора интенсивности $rot\bar{I}(z,r)$ и компоненты комплексного вектора градиента давления $\bar{g}(z,r)$:

$$\begin{aligned} A_1 = p^2, A_2 = I_{1x}, A_3 = I_{1y}, A_4 = I_{1z}, A_5 = I_{2x}, A_6 = I_{2y}, A_7 = I_{2z}, A_8 = rot_x \bar{I}, \\ A_9 = rot_y \bar{I}, A_{10} = rot_z \bar{I}, A_{11} = g_{1x}^2, A_{12} = g_{1y}^2, A_{13} = g_{1z}^2, A_{14} = g_{2x}^2, A_{15} = g_{2y}^2, \\ A_{16} = g_{2z}^2, \quad \bar{I} = \bar{I}_1 + i\bar{I}_2, \bar{g} = \bar{g}_1 + i\bar{g}_2, p = p_1 + ip_2. \end{aligned}$$

Паром имеет классический энергетический портрет шумящего движущегося объекта. В звуковом диапазоне он представлен широкополосным сигналом (время 18.40–18.50), который образован в результате интерференции нормальных волн. Структура изолиний равной интенсивности в виде парабол направленных подошвой вниз. Левая часть структуры сокращение расстояния между приемной системой и шумящим объектом, а правая – увеличение расстояния (рис. 2 а, б).

В инфразвуковом диапазоне присутствуют дискретные составляющие вально-лопастного звукоряда (рис. 3 а, б).

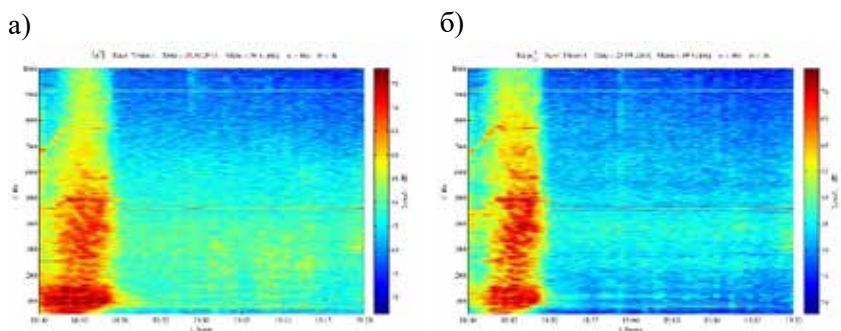
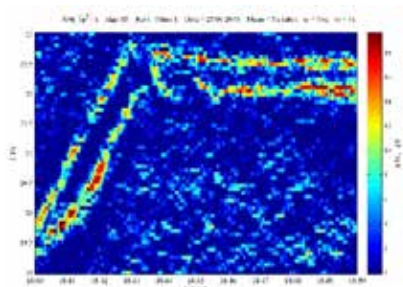


Рис. 2. Спектрограмма парама в звуковом диапазоне до 1000 Гц а) в канале звукового давления, вещественной составляющей X-компоненты вектора интенсивности б)

а)



б)

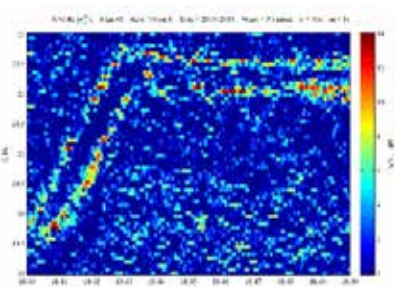
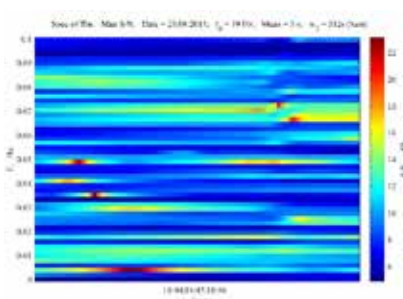


Рис. 3. Спектрограмма отношения сигнал\помеха в инфразвуковом диапазоне б) для диапазона 19–23 Гц в канале звукового давления а) и вещественной составляющей Z-компоненты вектора интенсивности б).

Регистрация дискретных составляющих вально-лопастного звуоряда позволяет увеличить дальность обнаружения шумящего объекта. Высокое разрешение по частоте позволяет определить в данном случае пару сигналов, соответствующих работе двух валов паромы с разницей 0,5 Гц. Первичный спектральный анализ по всем 16 энергетическим параметрам, характеризующих энергетическую структуру шумящего объекта, позволяет получить максимально возможное отношение сигнал\помеха на выходе блока обработки (компаратора). При использовании вторичного спектрального анализа (рис. 4 а,б) по этим же параметрам, выигрыш в отношении сигнал\помеха увеличивается.

а)



б)

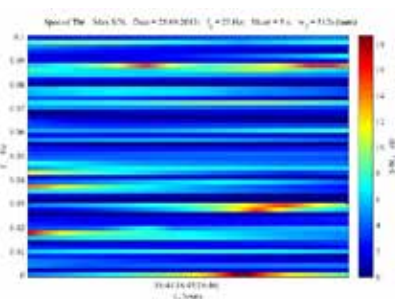


Рис. 4. Вторичный спектральный анализ по частоте 19 Гц а) и по частоте 23 Гц б)

Результаты спектрального анализа экспериментальных данных позволяют сделать следующие выводы:

- пространственная структура звукового поля в волноводе формируется интерференцией нормальных волн,
- пространственно-частотная структура звукового поля характеризуется наличием инварианта [2], определяющего геометрию изолиний равной интенсивности (ИРИ) на плоскости частота-расстояние между источником сигнала и приёмной системой (или время наблюдения при регистрации проходной характеристики). Различают интерференционные структуры с положительным значением инварианта, которые формируются нормальными волнами высшего порядка в условиях однородного волновода, и интерференционные структуры с отрицательным значением инварианта, которые формируются пограничными нормальными волнами, либо нормальными волнами, локализованными в звуковых каналах.
- используемые информативные параметры, характеризующие энергетическую структуру шумящего объекта, позволяют успешно решать задачу освещения подводной обстановки как с помощью первичного и вторичного спектрального анализа.

Литература

1. Касаткин Б.А., Касаткин С.Б. Экспериментальная оценка помехоустойчивости комбинированного приёмника в инфразвуковом диапазоне частот // Подводные исследования и робототехника. 2019. №1(27). С. 38-47.
2. Чупров С.Д. Интерференционная структура звукового поля в слоистом океане. Акустика океана. Современное состояние. М.: Наука, 1982. С. 71-91.