

УДК 681.883

Г.Г. Баранов

Севастопольский военно-морской институт

ул. Дыбенко, д. 1а, г. Севастополь, Украина, 99035

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ, ПРИНИМАЕМЫХ ДАТЧИКАМИ ИНТЕРФЕРОМЕТРА С БОЛЬШОЙ БАЗОЙ

Приведено обоснование расчета моментов шумоизлучения принимаемых отсчетов. Описан алгоритм слежения за изменением расстояний от подвижного морского объекта до датчиков приемной системы для каждого момента дискретизации маршрута шумоизлучающего объекта.

В настоящее время интенсивно разрабатываются системы освещения морской обстановки, позиционирования подводных объектов на основе пространственно-разнесенных гидроакустических систем датчиков с известными координатами их местоположения. Для оценки основных параметров принимаемых сигналов, несущих информацию о местоположении и скорости движения подвижных морских объектов, используется корреляционная обработка сигналов [1-3]. Поэтому для проверки работоспособности методов и алгоритмов, используемых в приемных гидроакустических системах датчиков, целесообразно иметь программы, моделирующие сигналы шумоизлучения морских объектов, принимаемые каждым из датчиков системы.

Допустим, что шумоизлучающий [4] объект $M(x, y)$ движется по произвольному маршруту со скоростью $V_u = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$, как показано на рисунке 1. Каждая пара датчиков представляет собой интерферометр. Для однозначного определения местоположения и вектора скорости движения этого объекта достаточно иметь четыре датчика.

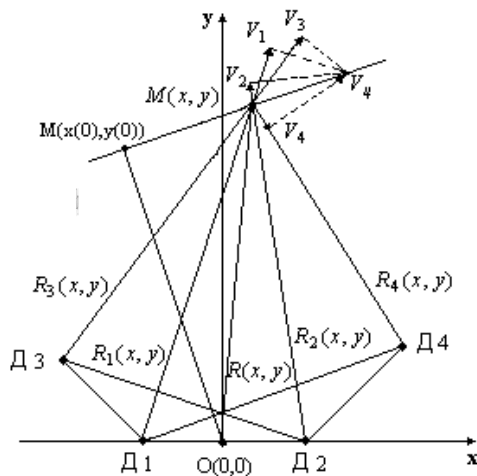


Рисунок 1 – Приемная система с известным местоположением датчиков

Сигнал шумоизлучения $s(t)$ приходит в точки расположения датчиков Д1...Д4 с разными масштабами времени и задержками:

$$s_k[\alpha_k \cdot t + \tau_k(x, y)]; \quad \alpha_k = 1 - \frac{V_k}{C}; \quad \tau_k(x, y) = \frac{R_k(x, y)}{C},$$

где α_k – доплеровская деформация сигналов, приходящих на k -й датчик; τ_k – временные задержки; V_k – радиальные скорости; c – скорость звука в воде; R_k – расстояния от морского объекта до k -го датчика.

Тогда для каждой пары lm датчиков принятые на фоне интенсивных помех сигналы можно записать в виде

$$U_l(t) = s_l(t) + \zeta_l(t);$$

$$U_m(t) = s_m(\alpha_{lm} \cdot t + \tau_{lm}) + \zeta_m(t),$$

где $\zeta_l(t)$, $\zeta_m(t)$ – аддитивные помехи.

Оценка параметров α_{lm} , τ_{lm} позволяет определять координаты $M(x, y)$ подвижного объекта и вектор его скорости $V_y = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$.

Моделирование сигналов шумоизлучения, принимаемых датчиками пространственно-разнесенной приемной системы, можно начинать с произвольной точки $M(x(0), y(0))$ маршрута движения объекта, приняв за начало отсчета время прихода гидроакустических колебаний в начало координат $O(0, 0)$, и выполнять в три этапа:

- вычисление запаздывания отсчетов шумоизлучения по сравнению со временем пробега начального расстояния $R_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$ (рисунок 1);

- определение моментов шумоизлучения сигнала от объекта, принимаемых датчиками в заданные моменты их дискретизации. Исходным является цифровой сигнал шумоизлучения подвижного морского объекта $s(n) = s(n \cdot T)$ с частотой дискретизации $f_{dk} = \frac{1}{T}$. В качестве исходных сигналов можно использовать реальные записи сигналов шумоизлучения морских объектов;

- восстановление отсчетов сигналов шумоизлучения, принимаемых датчиками приемной системы.

Рассмотрим вычисление моментов прихода отсчетов $s(n)$ сигнала шумоизлучения объекта $M(x, y)$, который движется с постоянной скоростью V_y по заданной траектории, как показано на рисунке 2. В моменты $t(n) = n \cdot T$ объект находится в точках $M(x(n); y(n))$.

Для прямолинейного или криволинейного движения морского объекта вычисляются расстояния $R_k(n)$, при $k = 1, 2, 3, 4$.

Время прихода отсчета $s_k(n)$ составляет: $t_k(n) = n \cdot T + \frac{R_k(n) - R_0}{C}$.
 Для каждого k -го датчика формируется массив безразмерного времени прихода $n_k = n + \frac{R_k(n) - R_0}{C \cdot T}$ отсчетов шумоизлучения объекта $s(n)$. Переменная $t(n) = n \cdot T$ представляет собой моменты времени дискретизации сигнала

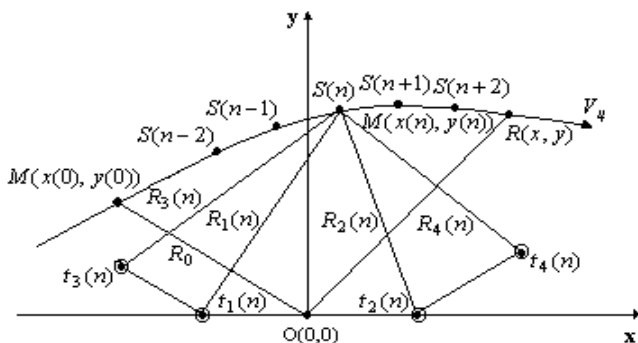


Рисунок 2 – Иллюстрация расчета прихода отсчетов шумоизлучения в приемную систему

лов шумоизлучения подвижного морского объекта, а $t_k(n)$ – сигналов, принимаемых датчиками. Тогда для этих отсчетов и для каждого приемника можно найти моменты шумоизлучения сигналов от объекта.

Переход от общих моментов времени дискретизации принимаемых сигналов $t_k(n)$ к моментам шумоизлучения подвижного объекта для каждого k -го датчика производится следующим образом. В каждом массиве чисел n_k находим ячейку, для которой начинает выполняться условие $n_k \geq n$. Определяем относительный интервал дискретизации $T_k = [(n - 1)_k - n_k]$ и параметр интерполирования $q_k = \frac{n_k - n}{T_k}$.

Номер отсчета $z_0 = s(n)$ сигнала шумоизлучения объекта для восстановления в промежуточной точке $(z_0 + q_k)$ представляет собой номер ячейки массива $(n)_k$. На рисунке 3 проиллюстрировано вычисление отсчета $z(q) = s(n_k)$ в произвольной точке пространственно разнесенной приемной системы по интерполяционной формуле Бесселя.

Интерполяционная формула Бесселя для четырех точек имеет вид:

$$z(q) = z_0 + q \cdot (z_{+1} - z_0) + \frac{q \cdot (q - 1)}{4} \cdot (z_{+2} - z_{+1} - z_0 + z_{-1}) + \\ + \frac{q \cdot (q - 1) \cdot (q - 0,5)}{6} \cdot (z_{+2} - 3 \cdot z_{+1} + 3 \cdot z_0 - z_{-1}).$$

Предлагаемый алгоритм формирования отсчетов сигналов шумоизлучения, принимаемых датчиками с известным местоположением, позволяет следить за изменением расстояний от подвижного морского объекта до датчиков приемной системы для каждой точки дискретизации маршрута подвижного морского объекта. Моделирование сигналов шумоизлучения морских объектов для различных точек расположения датчиков позволит формировать входные сигналы пространственно-разнесенной пассивной гидроакустической системы и обрабатывать корреляционные методы и алгоритмы обнаружения и сопровождения этих объектов.

Дальнейшее усложнение модели можно производить за счет формирования маршрутов произвольной сложности из отрезков прямых линий и

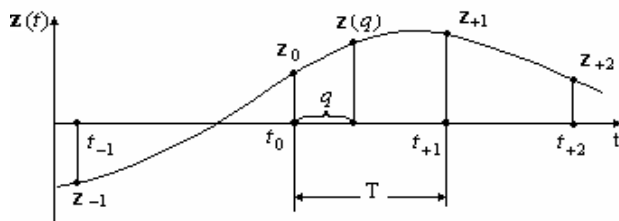


Рисунок 3 – Иллюстрация восстановления отсчетов по интерполяционной формуле Бесселя

дуг окружностей заданного радиуса, а также учета изменения сигнала при его распространении в морской среде.

Библиографический список

1. Картер Г.К. Оценивание когерентности и временной задержки / Г.К. Картер // ТИИЭР. — 1987. — № 2. — С. 64–82.
2. Джонсон Д.Х. Применение методов спектрального анализа оценивания к задачам определения угловых координат источников излучения / Д.Х. Джонсон // ТИИЭР. — 1982. — № 9. — С. 126–139.
3. Митько В.Б. Гидроакустические средства связи и наблюдения / В.Б. Митько, А.П. Евтютов, С.Е. Гушин. — Л.: Судостроение, 1982. — 240 с.
4. Гидроакустические навигационные средства / В.И. Бородин, Г.Е. Смирнов, И.А. Толстякова, Г.В.Яковлев. — Л.: Судостроение, 1983. — 264 с.

Поступила в редакцию 29.05.2002 г.