

ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТОВ СМЕЩЕНИЯ ЧАСТОТЫ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДАХ МЕЛКОГО МОРЯ

Буренин А.В.¹, Диденко В.В.²

¹*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева*

²*Института Мирового океана Дальневосточный Федеральный Университет*
didenko.vv@students.dvfu.ru

В докладе представлено продолжение исследования возможности автокорреляционной методики расчета доплеровского смещения частоты. Целью данной работы является оценка влияния вариаций гидроакустического волновода (ГВ) на точность вычисления доплеровского смещения частоты. Выявлена зависимость расчета доплеровского смещения частоты от оценки когерентности гидроакустического волновода.

Автокорреляционная методика (АК) базируется на использовании сигнального пакета, включающем в себя не менее двух одинаковых произвольно расположенных в пакете сложных сигналов, автокорреляционная функция (АКФ) каждого из которых имеет один максимум при нулевой сдвигке по времени, а обработка принятого сигнала осуществляют путем «свертки» с самим собой. Временной интервал расчета интеграла АКФ может производиться на временном интервале не меньшем двух с половиной длительностей излучаемого сложного сигнала [1].

Эффект Доплера проявляется при движении источника и приемника относительно друг друга и заключается в изменении несущей частоты и длительности сигнала, регистрируемого приемником. Математические соотношения:

| частотная область | временная область |
|-----------------------|-----------------------|
| $\Delta = f'/f_0 - 1$ | $\Delta = T_0/T' - 1$ |

здесь f_0 , T_0 – несущая частота и длительность излучаемого сигнала; f' , T' – частота и длительность принятого сигнала, измененные эффектом Доплера; $\Delta = v/C$ – величина, которая выполняет функцию масштабирующего множителя; v – относительная скорость движения источник-приемник и C – скорость распространения звука.

Натурные исследования по предлагаемой методике проводились на акустико-гидрофизическом полигоне ТОИ ДВО РАН м. Шульца 17 авгу-

ста 2013г. В качестве излучателя использовался цилиндрический пьезокерамический излучатель. Характеристики излучателя позволяют работать с широкополосными сигналами на центральной частоте 2 кГц. Излучатель был свешен с яхты, которая перемещалась по заданной траектории в течение всего эксперимента. Для того чтобы точка излучения держалась на одном горизонте, излучатель был снабжен подводным крылом. Географические координаты траектории движения регистрировались системой GPS. Во время экспериментов были измерены вертикальные профили скорости звука. Используя данные системы GPS, координаты приемника и значение скорости звука, была рассчитана относительная скорость движения источник-приемник V_{GPS} .

Для зондирования использовался сигнальный пакет, который состоял из четырех идентичных фазоманипулированных М-последовательно сигналов (несущая 2 кГц, 255 символов, 4 периода на символ).

На рис. 1 представлены результаты измерений доплеровского смещения частоты f' , используя АК подход, и данные GPS. Расчет доплеровского смещения АК методикой f'_{AK} , проводился измеренные длительности T' из АКФ, используя приведенные выше математические соотношения. На рис. 1а приведены среднее (серые точки) и среднеквадратичное (СКО) (вертикальные отрезки) значения для этих девяти измеренных f'_{AK} , соответствующих каждому принятому пакету. На рис. 1а. приведена оценка доплеровского смещения f'_{GPS} , полученная с помощью GPS данных. Она получен по следующей формуле $f'_{GPS} = (1 + \Delta_{GPS}) f_0 = (1 + \bar{V}_{GPS} / \bar{C}) f_0$, где $\bar{C} = 1513$ м/с – среднее значение скорости звука в акватории. На рис. 1б изображены средние и СКО нормированные значения амплитуд АКФ (4 значений для каждого пакета) $A_{AKФ}$. Значения $A_{AKФ}$, расположенные в диапазоне $[0,1]$.

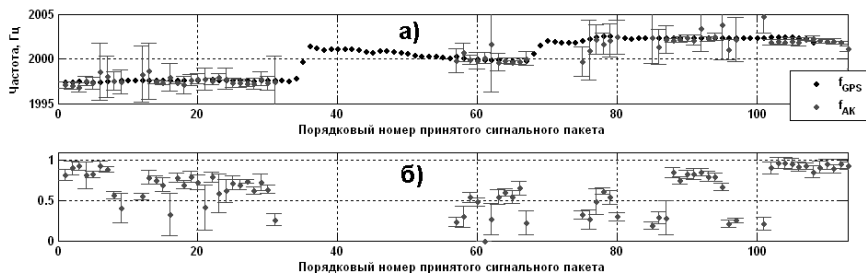


Рис. 1. Результаты обработки сигнального пакета, с помощью методики представленной в этой работе и измерения системы GPS. Сопоставление результатов измерения f : а) акустическая методика f_{AK} и данные GPS f_{GPS} ; б) среднее и среднеквадратичное отклонение значений амплитуд АКФ принятых пакетов.

Анализ полученных данных показал, что минимальное СКО f'_{AK} наблюдается при значениях $A_{AKФ} > 0.7$. Также, значения f'_{AK} , соответствующие $A_{AKФ} > 0.7$, наиболее близки к f'_{GPS} . Максимальному разбросу оценок $f'_{AK} > 1$ Гц соответствует значение $A_{AKФ}$ меньше ~ 0.5 . Также, СКО f'_{AK} и среднее значение $A_{AKФ}$ зависит от отношения сигнала к шуму и характера этого шума, т.е. импульсная помеха, расположенная внутри принятого пакета увеличивает СКО как для значений f'_{AK} , так и $A_{AKФ}$ даже при значении $A_{AKФ}$ близком к 1.

В качестве оценки корректности измеренной АК методом измерения длительности T' отдельного сложного сигнала в пакете выступает соотношения амплитуд АКФ, значения которых близки к определению временной когерентности [2]. Временная когерентность также лежит в интервале от $[0, 1]$ и является мерой схожести сигналов между собой.

Подводя итоги можно заключить, что критерием корректности вычисления доплеровского смещения частоты с помощью АК методики является значение амплитуды нормированной АКФ. Нормированная АКФ принятого сигнала является аналогом функции временной когерентности. На корректность вычисления доплеровского смещения частоты влияет отношение сигнал-шум и характер шума.

Литература

1. Буренин А.В. Способ оценки доплеровского смещения несущей частоты сложного сигнала // Патент на изобретение RU 2565237 C1, 20.10.2015. Заявка № 2014132669/07 от 07.08.2014.
2. Yang T.C. Measurements of temporal coherence of sound transmissions through shallow water // JASA. 2006. V. 120. № 5. P. 2595–2614.