

# АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДОПЛЕРОВСКОГО СМЕЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ

Буренин А.В.<sup>1</sup>, Диденко В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток

<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

*didenko.vv@students.dvfu.ru*

*Ключевые слова: эффект Доплера, оценка доплеровского смещения, сложные сигналы, M-последовательность на несущей, ЛЧМ-сигналы, автокорреляция*

В докладе представлено продолжение исследования возможности автокорреляционной методики расчета доплеровского смещения частоты. Целью данной работы является оценка влияния вариаций параметров 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 нулевом сдвиге по времени, а обработку 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.

Натурные исследования по предлагаемой методике проводились на акустико-гидрофизическом полигоне ТОИ ДВО РАН м. Шульца 17 августа 2013 года. 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.

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

Были представлены результаты измерений доплеровского смещения частоты, используя АК подход, и данные GPS. Расчет доплеровского смещения АК методикой, проводился измерением длительности из АКФ, используя приведенные выше математические соотношения. Были вычислены среднее и среднеквадратичное (СКО) значения для этих девяти измеренных, соответствующих каждому принятому пакету. Приведена оценка доплеровского смещения, полученная с помощью GPS данных.

Анализ полученных данных показал, что минимальное СКО для доплеровского смещения АК методикой наблюдается при значении амплитуды АКФ  $> 0,7$ . Также значения доплеровского смещения АК методикой, соответствующие значению амплитуды АКФ  $> 0,7$ , наиболее близки к значениям доплеровского смещения, полученным с помощью GPS данных. Максимальному разбросу оценок доплеровского смещения АК методикой  $> 1$  Гц соответствует значение амплитуды АКФ меньше  $\sim 0.5$ . Также, СКО значений доплеровского смещения АК методикой и среднее значение амплитуды АКФ зависит от отношения сигнала/шум и характера этого шума, т.е. импульсная помеха, расположенная внутри принятого пакета увеличивает СКО как для значений доплеровского смещения АК, так и значения амплитуды АКФ даже при значении амплитуды АКФ близком к 1.

В качестве оценки корректности измеренной АК методом измерения длительности отдельного сложного сигнала в пакете выступает соотношение амплитуд АКФ, значения которых близки к определению временной когерентности [2]. Временная когерентность также лежит в интервале  $[0, 1]$  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.

Работа выполнена в рамках госбюджетной тематики ТОИ ДВО РАН: «Разработка новых методов и средств исследования и освоения морских акваторий. Развитие методов диагностики и повышения эффективности функционирования сложных акустических систем» (регистрационный номер: АААА-А20-120031890011-8); «Разработка новых методов и средств исследования и освоения морских акваторий. Развитие методов диагностики и повышения эффективности функционирования сложных акустических систем» (регистрационный номер: 0211-2021-0002). Анализ и интерпретация результатов проводились в рамках НИР ТОИ ДВО РАН «Разработка системы климатического мониторинга дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана на основе мультиплатформенных наблюдений и оперативного гидродинамического моделирования», № гос. регистрации 123072000039-5

### Список литературы

- 1) Способ оценки доплеровского смещения несущей частоты сложного сигнала // Буренин А.В. Патент на изобретение RU 2565237 С1, 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.