

РІШЕННЯ ЗАДАЧИ ВИДІЛЕННЯ КОРИСНОГО АКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ НА ФОНІ ПЕРЕШКОД

О.В. Азаренко, Т.В. Лагуткіна, Т.В. Яшутіна

Показано, що вихідний сигнал приймального акустичного пристрою визначається вектором істинних значень параметрів акустичного сигналу, що приймається. Співвідношення вихідного корисного сигналу до перешкоди змінюється залежно від значень вагових функцій, які визначаються видом обробки сигналу, що приймається.

DECISION of TASK of SELECTION of USEFUL ACOUSTIC SIGNAL on BACKGROUND of HINDRANCES

O. Azarenko, T. Lahutkina, T. Jashutina

It is shown that the output signal of acoustic takers-off is determined by the vector of truth values of parameters of the accepted acoustic signal. Correlation of output useful signal to the hindrance changes depending on the values of gravimetric functions which are determined by the type of the accepted signal processing.

Список использованных источников

1. *Агреновский К.Ю.* Основы теории радиоэлектронных систем морских объектов / К.Ю. Агреновский, П.И. Киселев, Е.А. Сведощ. – Л.: Судостроение, 1974. – 351 с.
2. *Азаренко Е.В.* Акустическое обнаружение объектов в водной среде: монография / Е.В. Азаренко. – Севастополь: Гос. океанариум, 2003. – 71 с.
3. *Дивизинюк М.М.* Акустические поля Черного моря: монография / М.М. Дивизинюк. – Севастополь: Гос. океанариум, 1998. – 352 с.
4. *Азаренко Е.В.* Устройство для обнаружения шума, сопровождающего природные и технические катастрофы / Е.В. Азаренко [и др.] // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЕтаП, 2011. – Вип. 4 (40). – С. 75 – 80.
5. *Азаренко Е.В.* Устройство для определения направления на акустические сигналы / Е.В. Азаренко, Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк // Вісник ДУІКТ. – К.: ДУІКТ, 2011. – Т. 9. – № 4. – С. 349 – 355.

Надійшла до редакції 17.12.2003 р.

УДК 534.6.08

НОВЫЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ПОЛЯ СКОРОСТИ ЗВУКА

М.М. Дивизинюк, д.ф.-м.н., проф., С.А. Чернявская, к.ф.-м.н., доц.

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Предлагается новый подход к описанию структуры поля скорости звука на основе методов вычислительной томографии. Показано, что восстановление структуры поля скорости звука достигается посредством обратных преобразований Радона.

Введение

Украина является морской державой – более двух пятых акватории Черного моря и две трети Азовского моря составляют ее территориальные воды и исключительную (морскую) экономическую зону. Благодаря этому статусу в Украине возникают такие

государственные проблемы, как освещение подводной обстановки, развитие подводной навигации и связи, обследование и контроль морского дна в целях поиска, добычи и использования полезных ископаемых и многие другие, которые решаются путем применения различных гидроакустических средств [1, 2].

Морская среда представляет собой единую природную систему, которой присущи разнообразные формы движения вод, где постоянно происходит обмен энергией и веществом [3], что, в свою очередь, определяет сложное строение гидрологических полей водной среды, одним из которых является поле скорости звука [4, 5]. Именно оно определяет характер распространения и затухания акустических волн, появление и изменение интенсивности акустических явлений, геометрические характеристики зон акустической освещенности и тени, которые в конечном итоге способствуют повышению или уменьшению эффективности решения вышеперечисленных задач. Другими словами, знание структуры поля скорости звука в изучаемом районе обеспечивает эффективное решение поставленных задач с использованием гидроакустических средств различного назначения.

Постановка цели и задач научного исследования

Целью данной работы является попытка формулирования нового подхода к описанию структуры поля скорости звука.

Для достижения поставленной цели необходимо решить две задачи. Первоначально определить суть и взаимосвязь акустического поля и поля скорости звука. Затем сформулировать новый подход к описанию структуры поля скорости звука на основе вычислительной томографии.

Взаимосвязь акустического поля и поля скорости звука

Скорость распространения звука является функцией многих переменных, характеризующих состав и термодинамическое состояние морской воды. Количественную зависимость скорости звука от этих переменных называют уравнением скорости звука, которое представлено в виде разложения в степенной ряд:

$$C_{STP} = C_{000} + \Delta C_T + \Delta C_S + \Delta C_P + \Delta C_{STP}.$$

Погрешность подобных косвенных расчетов для реальных сочетаний температуры T , солености S , гидростатического давления P в морской воде не превышает $0,01 \dots 0,05$ м/с.

Прямые измерения скорости звука, в отличие от косвенных расчетов, основаны на классическом определении понятия скорости как первой производной от расстояния по времени. Эти методы сводятся к измерению длины и времени. Их реализация в измерителях скорости звука, а именно фазовых, резонансных, дифракционных, импульсных, импульсно-циклических и других, позволяет производить измерения скорости звука *in situ* с относительной погрешностью до $0,005 \dots 0,01$ м/с.

Строго говоря, скорость звука – это вторичная гидрологическая характеристика. По своей природе она случайна и систематически меняется в пространстве и во времени по аналогии с первичными характеристиками – температурой, соленостью, плотностью и является функцией координат и времени

$$C = f(x, y, z, t).$$

Совокупность ее значений во всем морском пространстве или ограниченной ее области называется полем скорости звука. На практике поле скорости звука, как и поле основных гидрологических элементов, описывают двухкоординатными зависимостями – горизонтальным и вертикальным распределением скорости звука.

Вертикальная структура поля скорости звука сложна и многообразна, но анализ массивов экспериментальных данных, накопленных в океанах и морях, позволяет выделить три основных элемента вертикальной стратификации. Это волновод или подводный звуковой канал (ПЗК), антиволновод и слой скачка скорости звука.

В первом случае скорость звука с глубиной первоначально понижается до какого-то минимального значения, а затем возрастает. Горизонт, где скорость звука минимальная, является осью ПЗК. Частным случаем ПЗК является приповерхностный звуковой канал, когда скорость звука минимальна у поверхности и с глубиной возрастает.

Во втором случае скорость звука, наоборот, возрастает с глубиной до горизонта оси антиволновода, а затем с глубиной убывает. Волноводы и антиволноводы могут быть симметричными и ассиметричными, длинными и широкими, сильно (контрастными) и слабо выраженными.

Третий элемент вертикальной стратификации – слой скачка скорости звука. Это такой слой, где вертикальный градиент достигает наибольшего значения и может быть положительным, когда скорость звука с глубиной возрастает, и отрицательным, когда скорость звука убывает.

Поле скорости звука не только характеризует водную среду, но и определяет распространение акустических волн, пространственное затухание звуковой энергии, рефракцию акустических волн (лучей), их отражение от дна и поверхности. Именно структура поля скорости звука является доминирующим фактором, определяющим формирование акустического поля.

Акустическое поле – это область водного пространства, пронизанного акустическими лучами. Это именно та часть водной среды, в которой распространяются излученные акустические волны. Вертикальное сечение этой области принято называть акустическим полем вдоль акустической трассы – одного из направлений распространения акустических волн. Акустическое поле вдоль акустической трассы полностью определяется вертикальной структурой скорости звука. Здесь возможны два варианта. Первый, когда вертикальное распределение скорости звука вдоль акустической трассы остается неизменным (однородным), а второй, когда по мере удаления от источника звука вертикальное распределение скорости звука изменяется. Подобная структура считается неоднородной. В обоих случаях акустическое поле вдоль акустической трассы будет двухкоординатной зависимостью.

Термин «томография» происходит от греческого слова «томог», что означает долька, тонкий срез. Томографические методы используются достаточно давно, начиная с начала двадцатого века, в различных областях знаний, таких как радиоастрономия и электронная микроскопия, биохимия и физика космоса, медицина и геология. Вычислительная томография приобрела широкую общественную известность главным образом благодаря появлению и совершенствованию медицинских томографов. Работы А. Кормака и Г. Хаунсфилда, посвященные этим вопросам, в 1979 году были отмечены Нобелевской премией.

Во многих случаях результаты, полученные с помощью вычислительной томографии, не могут быть получены никакими другими методами. Особенность томографических методов состоит в том, что их информативность в большой степени зависит от глубины и тонкости применяемой математической теории.

Вычислительная или компьютерная томография – это численное восстановление функций по их линейным или плоскостным интегралам.

Рассмотрим обобщенную схему процесса применительно к акустике. Источник излучает акустический сигнал, который сканирует сечение водной среды. На определенном расстоянии от источника находится приемник, который принимает акустические сигналы и регистрирует их изменение. Затем эти данные обрабатываются в компьютере, в результате чего получается двумерное изображение.

Пусть $b(x)$ – коэффициент поглощения акустических лучей водной средой в точке x , тогда относительное уменьшение интенсивности акустического сигнала на малом отрезке Δx в точке x составляет

$$\frac{\Delta I}{I} = b(x)\Delta x.$$

Обозначим через I_0 начальную интенсивность акустического луча N , а через I_1 – его интенсивность после прохождения через среду, тогда

$$\frac{I_1}{I_0} = \exp \left\{ - \int_N b(x) dx \right\},$$

то есть в результате сканирования получаются линейные интегралы функции b по каждому из акустических лучей N . По совокупности этих интегралов можно восстановить b .

Отображение функции, заданной на двумерном евклидовом пространстве, в множество ее линейных интегралов является преобразованием Радона (на плоскости). Следовательно, задача восстановления сводится к обратному преобразованию Радона на двумерное евклидово пространство.

Вывод

Описание структуры поля скорости звука можно осуществить с использованием обратного преобразования Радона на двумерное евклидово пространство по совокупности линейных интегралов, являющихся результатом сканирования водного пространства акустическими лучами.

НОВИЙ ПІДХІД ДО ОПИСУ ПОЛЯ ШВИДКОСТІ ЗВУКУ

М.М. Дівізінюк, С.О. Чернявська

Пропонується новий підхід до опису структури поля швидкості звуку на основі методів обчислювальної томографії. Показано, що відновлення структури поля швидкості звуку досягається за допомогою зворотних перетворень Радону.

NEW GOING NEAR DESCRIPTION of the FIELD of SPEED of SOUND

M. Divizinyuk, S. Chernyavskaya

The new going is offered near description of structure of the field of speed of sound on the basis of methods of calculable tomography. It is shown that the restructuration of the field of speed of sound is arrived at by means of reverse transformations of Radon.

Список использованных источников

1. Дивизинюк М.М. Акустические поля Черного моря / М.М. Дивизинюк. – Севастополь: Государственный океанариум, 1998. – 352 с.
2. Азаренко Е.В. Акустическое обнаружение объектов в водной среде / Е.В. Азаренко. – Севастополь: Государственный океанариум, 2003. – 71 с.
3. Азаренко Е.В. Влияние интенсивности волнения и продолжительности шторма на изменение реверберационных характеристик / Е.В. Азаренко [и др.] // Зб. наук. пр. СНУЯЭиП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – Вып. 2 (34). – С. 221 – 228.
4. Азаренко Е.В. Разработка основ метода учета реверберации / Е.В. Азаренко, М.М. Дивизинюк, Л.В. Третьякова // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – Вып. 3 (35). – С. 225 – 230.
5. Азаренко Е.В. Математическая формализация описания шумов моря / Е.В. Азаренко [и др.] // Зб. наук. пр. СНУЯЕтаП. – Севастополь: СНУЯЭиП, 2010. – Вып. 4 (36). – С. 233 – 238.

Надійшла до редакції 31.10.13 р.

УДК 517:(53+57/59)

ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ СИСТЕМ НА ОБЪЕКТАХ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ

В.А. Пухлий, д.т.н., проф.

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

Рассматриваются вопросы математического моделирования природных и техногенных катастроф, в частности, в ядерной энергетике. Для предотвращения разрушений различного рода промышленных и гражданских объектов используются методы математической теории катастроф. В качестве примера приводится расчет предохранительной мембраны от взрывов и пожаров.

Введение

Катастрофа, связанная с разрушением цунами АЭС «Фукусима» в 2011 г., остро поставила вопрос о прогнозировании техногенных катастроф не только в ядерной энергетике, но и в целом для современного мирового хозяйства.

Катастрофы наблюдаются повсеместно как в природе, так и в промышленности. Самые грозные природные катастрофы: извержения вулканов, цунами, падения астероидов и метеоритов, землетрясения, наводнения - ежегодно приносят человечеству значительный ущерб. В ряде случаев речь может идти вообще об уничтожении жизни на Земле, например, при падении крупных астероидов (рис. 1), что предположительно было осуществлено 65 млн лет тому назад при падении крупного астероида (диаметром порядка 10 км) на полуостров Юкатан.