

МОДЕЛЬ ТОЧЕЧНОГО ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ОТРАЖЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА СРЕД

Корчака Анатолий Владимирович

аспирант, Дальневосточный Федеральный Университет, РФ, г. Владивосток

MODEL OF THE POINT HYDROACOUSTIC ANTENNA TAKING INTO ACCOUNT THE REFLECTION ON THE BORDER OF THE ENVIRONMENT

Anatoliy Korchaka

postgraduate student, Far Eastern Federal University, Russia, Vladivostok

Аннотация. Приводится математический алгоритм решения задачи анализа волнового поля точечного гидроакустического излучателя, позволяющий учитывать отражение на границе раздела двух сред, в основе которого лежит теория направленных функций Грина. Возможности алгоритма продемонстрированы на примере анализа поля излучателя при границах разделов: морская вода – воздух, морская вода – камень. Подтверждена применимость алгоритма для практических расчетов.

Abstract. A mathematical algorithm is presented for solving the problem of analyzing the wave field of a point acoustic sonic emitter, which allows to take into account the reflection at the interface of two media, which is based on the theory of directional Green functions. The capabilities of the algorithm are demonstrated by the example of an emitter field analysis at the boundaries of sections: sea water - air, sea water - stone. Confirmed the applicability of the algorithm for practical calculations.

Ключевые слова: антенная решетка; анализ волновых полей; направленная функция Грина; математическое моделирование волнового поля.

Keywords: antenna array; wave field analysis; directional Green function; mathematical modeling

of the wave field.

Рассмотрим следующую задачу анализа гидроакустического излучателя. Пусть волна, излучаемая единичным источником, падает на границу раздела двух сред с известными параметрами. Требуется определить давление на некоторой поверхности в среде расположения излучателя.

Используем подход, основанный на математическом аппарате теории направленных функций Грина, основные принципы которого описаны в [1].

Для моделирования волн, излучаемых в свободное пространство используем следующую расчетную функцию:

$$P_n = \frac{i}{2 \times \pi} - \int_{U_{n_{\min}}}^{U_{n_{\max}}} \frac{Fn(U_n)}{\sqrt{k^2 - U_n^2}} \times e^{i \times ((x-x_0) \times \sqrt{k^2 - U_n^2} + (y(x) - y_0) \times U_n)} dU_n, (1)$$

где: Fn - направленная функция;

$$Fn = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{n_{\min}} \leq U_n \leq U_{n_{\max}} \\ 0, & \text{при остальных значениях } U \text{ и в зоне видимости} \end{cases}$$

U_n - обобщенные угловые координаты,

x_0, y_0 - координаты излучателя.

Приведенный математический алгоритм основан на функциях Грина, имеющих угловую зависимость, что позволяет выделить участки на границах, имеющих однородную структуру [2].

С учетом закона отражения цилиндрических волн от произвольных поверхностей, коэффициент отражения от границы раздела представляется в виде:

$$K_{\text{отр.}} = \frac{\frac{\rho c}{\sqrt{1 - \left(\frac{U_n}{k}\right)^2}} - \frac{\rho_1 c_1}{\sqrt{1 - \left(\left(\frac{c_1}{c}\right) \times \frac{U_n}{k}\right)^2}}}{\frac{\rho c}{\sqrt{1 - \left(\frac{U_n}{k}\right)^2}} + \frac{\rho_1 c_1}{\sqrt{1 - \left(\left(\frac{c_1}{c}\right) \times \frac{U_n}{k}\right)^2}}} \quad (2).$$

где: ρc - удельное акустическое сопротивление 1-й среды;

$\rho_1 c_1$ - удельное акустическое сопротивление 2-й среды;

U_n – угловые координаты;

k – волновое число.

Используя программную среду MathCad, проведем численные эксперименты.

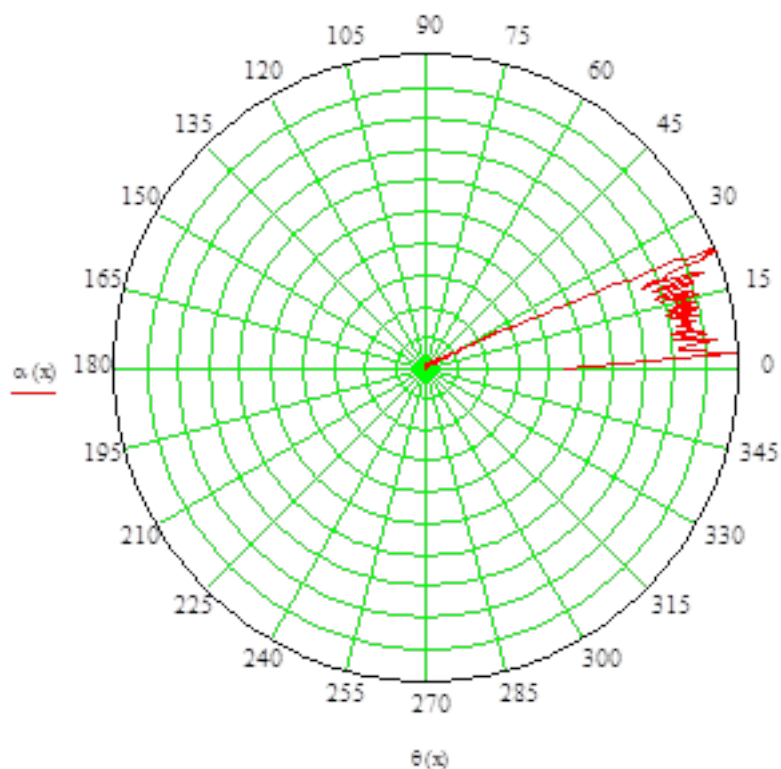


Рисунок. 1. Направленная функция Грина точечного излучателя в свободном пространстве

На Рис. 1 приведена диаграмма направленной функции Грина точечного излучателя в свободном пространстве (без учета отраженной волны). Исходные данные:

- координаты излучателя: $x = 0.1$; $y = 0.1$;
- частота: $f=5,5$ кГц;
- скорость распространения звука: $c=1500$ м/с;
- угол раскрытия: 25 deg.

Теперь в формулу (1) введем коэффициент отражения (2).

Исходные данные:

- граница раздела морская вода – воздух;
- координаты излучателя: $x = 0.1$; $y = 0.1$;

- частота: $f=5,5$ кГц;
- угол раскрыва: 25 deg.

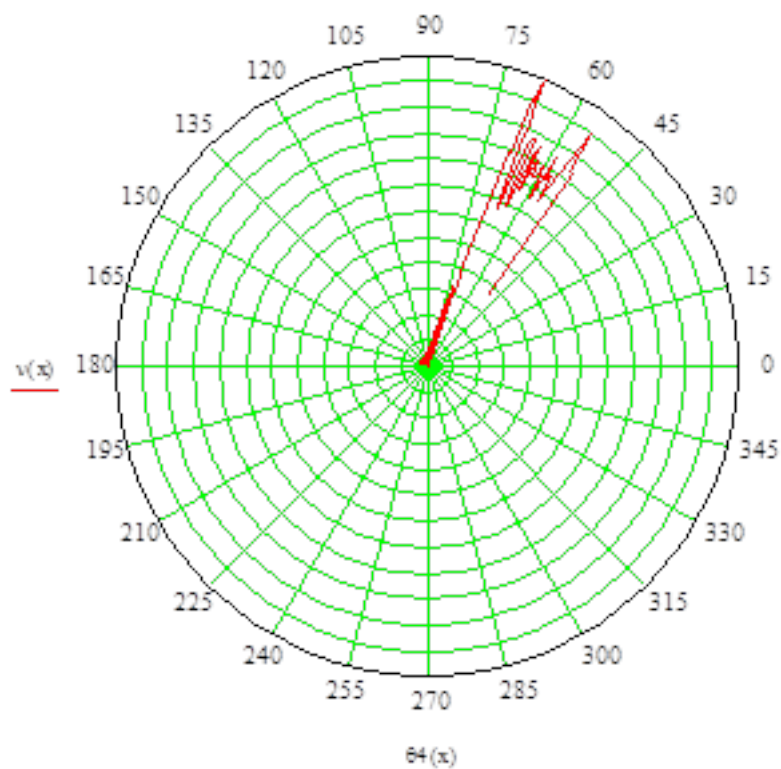


Рисунок. 2. Направленная функция Грина точечного излучателя с учетом волны отраженной от воздуха

Исходные данные:

- граница раздела морская вода - гранит;
- координаты излучателя: $x = 0.1$; $y = 0.1$;
- частота: $f=5,5$ кГц;
- угол раскрыва: 25 deg.

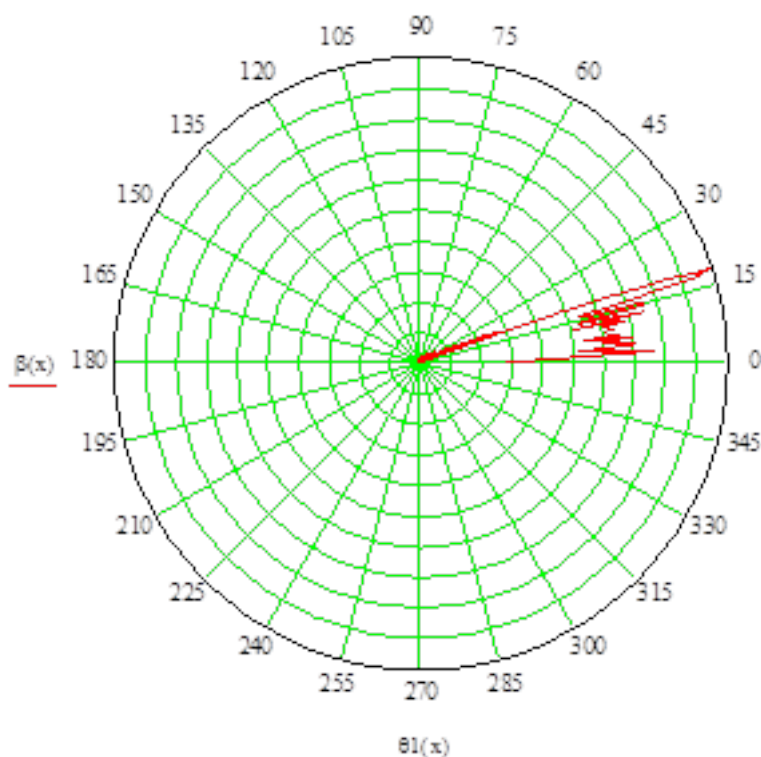


Рисунок. 3. Направленная функция Грина точечного излучателя с учетом волны отраженной от гранита

Приведенные графики демонстрируют представление поля единичного гидроакустического излучателя. Отчетливо прослеживается изменение поля при разных границах разделов.

На основании полученных данных справедливо следующее: представленный алгоритм позволяет решать задачу анализа точечного гидроакустического излучателя, учитывая волны, отраженные на границах раздела сред.

Список литературы:

1. Короченцев В.И. Волновые задачи теории направленных и фокусирующих антенн. – Владивосток, 1998. – 198 с.
2. Короченцев В.И., Губко Л.В., Мироненко М.В., Горасев И.В. Трехмерная неоднородная модель морской среды // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. № 10 (183). С. 65–79.
3. Жуков В.Б. Расчет гидроакустических антенн по диаграмме направленности. - Л.: Судостроение, 1972. – 348 с.
4. Шендеров Е.Л. Волновые задачи гидроакустики. – Л.: Судостроение, 1972. – 348 с.
5. Абдрашитов А.Г., Белаш А.П., Волков П.А., Короченцев В.И. Анализ и синтез линзовых антенн для рыбопоисковых локаторов // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2013. № 23. С. 5–9.