

Моделирование распространения импульсных акустических сигналов в глубоком океане с помощью канонического оператора Маслова

П.С. Петров^{1,2}, С.А. Сергеев^{3,4}, А.А. Толченников^{3,4}

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева ДВО РАН

²Дальневосточный федеральный университет

³Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН

⁴Московский физико-технический институт (государственный университет)

В настоящее время в подводной акустике активно развивается несколько методов расчета звуковых полей [1]. За исключением метода конечных разностей, все они, как правило, позволяют получить импульсный сигнал в приемнике лишь посредством Фурье-синтеза различных его частотных компонент, для каждой из которых необходимо решить уравнение Гельмгольца.

Мы покажем, что метод, предложенный в работах С.Ю.~Доброхотова, В.Е.~Назайкинского и других [2, 3], *может быть с успехом использован для моделирования распространения импульсных акустических сигналов в волноводах глубокого океана.* Для упрощения расчетов мы ограничились здесь двумерной ситуацией, хотя реальная задача рассматривается в трехмерной постановке. Указанный метод опирается на конструкцию модифицированного [4] канонического оператора Маслова [5] и позволяет построить асимптотические решения неоднородного волнового уравнения.

Фактически он служит основой для быстрого аналитико-численного алгоритма, поскольку в нем есть часть, где численно решается система Гамильтона и определяется волновой фронт. Этот подход позволяет построить асимптотическое решение в интегральной форме при достаточно произвольных начальных данных. При этом этот интеграл удается вычислить аналитически, если излучаемый сигнал имеет специальную форму, что и было использовано в этой работе.

Второй важный результат этой работы состоит в сравнении асимптотического решения с решением, полученным методом нормальных волн: *мы показываем, что оба способа дают близкие результаты. При этом время расчета волновых полей, основанного на асимптотических решениях, существенно меньше, чем расчеты с помощью метода нормальных волн.* На рис. 1 представлены результаты сравнения решений, полученных указанными способами.

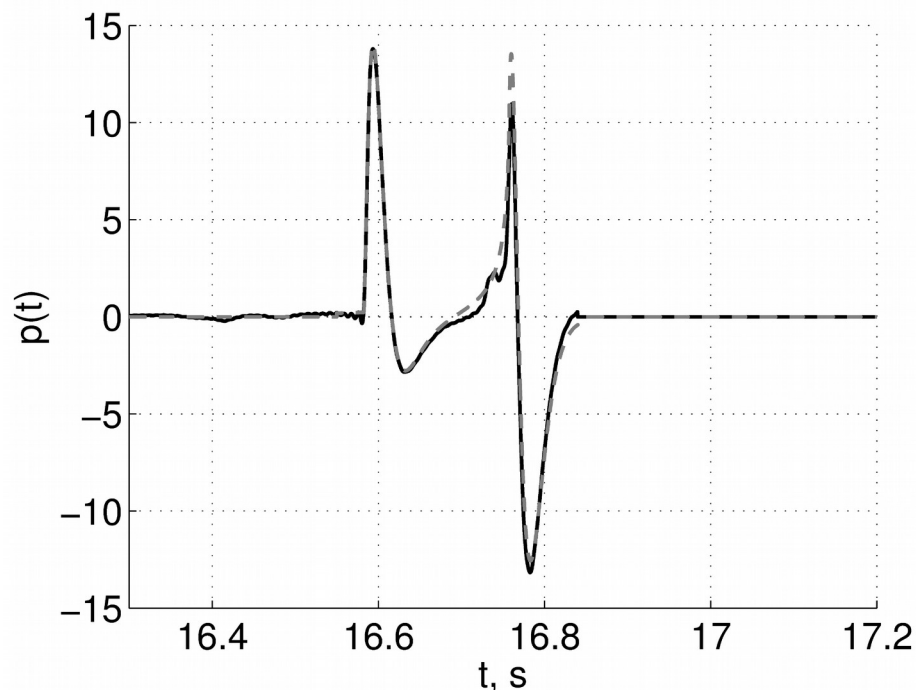


Рис. 1: Временные ряды на дистанции 25 км. Сплошной линией обозначено решение по методу нормальных волн. Пунктирная линия обозначает асимптотическое решение

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-31-00442 мол_а

Литература:

1. *Jensen F.B, Kuperman W., Porter M. and Schmidt H.* Computational ocean acoustics. NY.: Springer-Verlag, 2000, 794 p.
2. *Dobrokhotov S. Yu., Nazaikinskii V.E. and Tirozzi B.* Asymptotic Solutions of 2D Wave Equations with Variable Velocity and Localized Right-Hand Side// RJMP, Vol. 17, 2010, p. 66--76.
3. *Dobrokhotov S. Yu., Nazaikinskii V.E., Minenkov D.A., and Tirozzi B.* Functions of Noncommuting Operators in an Asymptotic Problem for a 2D Wave Equation with Variable Velocity and Localized Right-hand Side //Operator theory: Advances and Applications, Vol. 228, 2013, p. 95—125.
4. *Dobrokhotov S. Yu., Shafarevich A.I. and Tirozzi B.* Localized Wave and Vortical Solutions to the Linear Hyperbolic Systems and Their Application to Linear Shallow Water Equations// RJMP, Vol. 15, № 2, 2008, p. 192--221.
5. *Маслов В.П., Федорюк М.В.* Квазиклассическое приближение для уравнений квантовой механики. М.: Наука, 1976, 296 с.