

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ВОЛНОВЫХ ПОЛЕЙ

Кошевой С.В.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., проф. Панченко А.Ю.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Науки,14, каф. Проектирования и эксплуатации
электронных аппаратов, тел. (057) 702-14-94)

The paper developed a method of modeling full wave fields. Considered the wave method of suppressing multiples waves that do not require knowledge of the depth-velocity model environment. Its convergence and stability for arbitrary plane-layered 3D environments. Further consider the theoretical development and experimental validation.

Существует большое число методов расчёта волновых полей в средах сложного строения. Все они имеют свою область применимости и могут рассчитывать только полное волновое поле без выделения из него отдельных типов волн. В то же время в задачах моделирования волновых полей в сложно-построенных средах большое, а зачастую и определяющее значение имеют алгоритмы, позволяющие рассчитывать динамику отдельно взятых волн. В слоисто-неоднородных средах с большим числом слоёв единственным методом численного анализа волнового поля по частям является асимптотический лучевой метод. Его применение, однако, имеет известные ограничения.

В работе развит аналитический метод расчёта полных волновых полей и сферических однократных волн для плоскостроистых 3D-сред с произвольным числом слоёв на основе специальных разложений точных решений, не имеющих ограничений лучевого метода. Поскольку решение получено в явном виде, в отличие от конечноразностных методов нет сеточных помех и нет никаких ограничений на параметры модели, частоты и т. п. Это позволяет как проводить точное моделирование для сред сложного строения, так и тестировать на предмет артефактов существующие и вновь разрабатываемые конечноразностные методы расчёта волновых полей.

Вопросам распознавания и предсказания кратных волн посвящены многочисленные теоретические и экспериментальные работы. В работе [1] дан подробный обзор методов и приёмов, существовавших на то время, решения данной проблемы. За прошедшее время появился ряд новых методов подавления кратных волн, но полностью решить данную проблему

не удалось. В настоящее время метод подавления кратных волн от свободной поверхности (SRME) считается наиболее эффективным методом, который основан на моделировании (предсказании) кратных волн. Он, однако, имеет существенное ограничение: не может подавлять внутренние кратные отражения [2]. Это принципиальное ограничение не позволяет использовать SRME для сред со сложным глубинно-скоростным строением.

Математическая постановка задачи моделирования волновых полей формулируется в декартовой системе координат следующим образом: определить компоненты вектора смещения для неупругой трансверсально-изотропной среды, которые удовлетворяют следующей системе уравнений в смещениях u_i и напряжениях σ_{ij}

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 u_x}{\partial t^2} + f_x f(t), \\ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 u_y}{\partial t^2} + f_y f(t), \\ \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2} + f_z f(t)\end{aligned}$$

с начальными условиями при $t = 0$

$$u_x = \frac{\partial u_x}{\partial t} = u_y = \frac{\partial u_y}{\partial t} = u_z = \frac{\partial u_z}{\partial t} = 0,$$

и граничными данными при $z = 0$

$$\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0.$$

Наиболее эффективный метод подавления кратных волн, не требующий знания никакой априорной информации о глубинном строении среды, проиллюстрирован в работе на примере Р-волн [2]. Отметим, что принцип, положенный в основу данного волнового метода подавления кратных волн, без принципиальных трудностей может быть распространён на случай многокомпонентных наблюдений. Однако это требует дальнейшей теоретической разработки и экспериментальной проверки.

Список литературы:

1. Козлов Е. А., 1982, Распознавание и подавление многократных волн в сейсморазведке: М., Недра. 2. Денисов М. С., 2009, О подавлении кратных волн при обработке результатов морской площадной сейсморазведки. Технологии сейсморазведки, 1, 18 - 35.