

Низкочастотная регуляризация обратной динамической задачи сейсмического зондирования

В.С. Белоносов*, В.В. Сказка**

* ИМ СО РАН,
пр. Ак. Коптюга, 4,
630090 Новосибирск, Россия
E-mail: bvs@math.nsc.ru

** ИМ СО РАН,
пр. Ак. Коптюга, 4,
630090 Новосибирск, Россия
E-mail: skazka@math.nsc.ru

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 06-08-00386), Президиума РАН
(программа No 14, проект No 115), Сибирского отделения РАН (проекты 1.6 и 42)*

Рассмотрим волновой процесс, определяемый в области $z > 0$ уравнением акустики $\rho(z)u_{tt} = (\mu(z)u_z)_z$, где $\rho(z)$ — плотность среды, а $\mu(z)$ — модуль сдвига. Как известно, скорость распространения волн $v(z)$ выражается через плотность и модуль сдвига по формуле $v^2 = \mu/\rho$. Предполагается, что при $z \geq z_0 > 0$ функции ρ, v постоянны и равны известным значениям ρ_0, v_0 ; граница $z = 0$ свободна от внешних воздействий, то есть $u_z|_{z=0} = 0$, а деформация среды вызвана волной вида $f(t + z/v_0)$, которая движется из области $z > z_0$ по направлению к границе $z = 0$.

Нас интересует традиционная обратная задача об определении акустического импеданса $\sigma = \rho v$ по значениям волнового поля (сейсмограмме) $g(t) = u(0, t)$ и форме $f(\tau)$ инициирующей волны. Классический метод, основанный на теореме о восстановлении коэффициентов дифференциального оператора Штурма — Лиувилля по его спектральной функции распределения, позволяет эффективно решать такие обратные динамические задачи, если исходные данные известны с достаточной точностью в диапазоне низких частот [1]–[3]. К сожалению, современная измерительная аппаратура не может обеспечить точность сейсмограмм именно в низкочастотном диапазоне. Поэтому спектральные методы без дополнительной регуляризации имеют ограниченную область применения. Цель настоящей работы — предложить способ регуляризации, основанный на приближенном восстановлении среды по фазовым скоростям волн Лява.

Пусть $k_{max}(\omega)$ — наибольшее волновое число, отвечающее основной моде волны Лява на частоте ω . Предположим, что $k_{max}(\omega)$ тем или иным способом определено (в геофизической практике его обычно находят по сейсмограммам землетрясений при обработке результатов сейсмических наблюдений), и приближенно восстановим среду стандартными оптимизационными методами. Для этого приближения и при той же форме $f(\tau)$ инициирующей волны заново рассчитаем соответствующую сейсмограмму $g_1(t)$. Наконец, составим синтетическую сейсмограмму \tilde{g} , которая в области высоких частот совпадает с g , а в диапазоне низких частот — с g_1 . Если теперь восстановить импеданс спектральным методом, используя в качестве исходных данных f и \tilde{g} , то результат оказывается вполне пригодным для решения практических задач.

Список литературы

- [1] Алексеев А.С. Некоторые обратные задачи теории распространения волн, I // Изв. АН СССР, серия геофизич. 1962. Вып 11. С. 1515–1522.
- [2] Alekseev A.S., Belonosov V.S. The scattering of plane waves in inhomogeneous half-space // Appl. Math. Lett. 1995. Vol. 8, No 2. P. 13–19.
- [3] Alekseev A.S., Belonosov V.S. Direct and inverse problems of wave propagation through a one-dimensional inhomogeneous medium // Euro. Jnl of Appl. Math. 1999. Vol. 10. P. 79–96.