

Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

A. P. Krauklis, On the problem of the ray tomography for creeping waves, *Zap. Nauchn. Sem. POMI*, 1994, Volume 218, 67–71

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you have read and agreed to these terms of use
<http://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.9.170

February 19, 2025, 21:45:57



А. П. Крауклис

К ЗАДАЧЕ ТОМОГРАФИЧЕСКОЙ ИНВЕРСИИ НА СКОЛЬЗЯЩИХ ВОЛНАХ

Методы томографической инверсии данных времен пробега объемных сейсмических волн широко используются в задачах построения изображений сейсмической среды [1]. Во многих случаях эффективность обращения в большой степени зависит от удачного выбора опорной модели. При инверсии данных для объемных волн в случае изотропности среды опорная модель также является изотропной. Совсем иначе обстоит дело, когда для инверсии используются времена пробега смешанных поверхностных P - и SV - волн, распространяющихся по криволинейным поверхностям, ограничивающим упругую среду. Такие волны являются комбинацией волн типа волн шепчущей галереи или скользящих (крипинг) волн с обычными объемными волнами, уходящими от границ. Поведение смешанных поверхностных волн описывается методом пограничного слоя, развитым в работах В. М. Бабица и его учеников [2]. На практике такие волны могут использоваться в геофизике и дефектоскопии для выделения зон коррозии металла в обсадных трубах, поверхностных дефектов типа разрывов, топографических и скоростных неоднородностей, зон повышенного напряжения.

Необычность использования времен пробега смешанных поверхностных волн для решения обратной кинематической задачи состоит в том, что их кажущиеся скорости распространения зависят от радиуса кривизны поверхностного луча соответствующей волны и доминирующей частоты импульса. Поэтому, в общем случае для поверхности произвольной формы скорость волны зависит от направления ее распространения, и опорная скоростная поверхностная модель оказывается анизотропной, даже если сама среда изотропна. К такому выводу приводят и прямые сопоставления результатов ультразвукового моделирования с теоретическими предсказаниями на основе метода пограничного слоя [3]. Поэтому, здесь мы имеем по сравнению с задачей инверсии времен пробега объемных волн совсем другую ситуацию, в которой использование обычных томографических программ может привести к ложным выводам. В этой заметке данное явление иллюстри-

руется на задаче инверсии на волнах, скользящих вдоль вогнутой поверхности цилиндрической полости, находящейся в упругом теле и заполненной жидкостью. Согласно [3] скорости V_p и V_s для первых вступлений P - и S -крипинг волн будут:

$$V_p = V_p^{(0)} \left[1 - 0,182 \left(\frac{V_p^{(0)} T}{R} \right)^{2/3} \right] \quad (1)$$

$$V_s = V_s^{(0)} \left[1 - 0,182 \left(\frac{V_s^{(0)} T}{R} \right)^{2/3} - 0,21 \frac{\sqrt{1-\gamma^2} \sqrt{1-\gamma_0^2}}{\sqrt{1-\gamma^2} + \rho \sqrt{1-\gamma_0^2}} \frac{V_s^{(0)} T}{R} \right] \quad (2)$$

где $V_p^{(0)}$ и $V_s^{(0)}$ – скорости продольной и поперечной волн в твердом теле, T – преобладающий период импульса, R – радиус кривизны P и S лучей, $\gamma = V_s^{(0)}/V_p^{(0)}$, $\gamma_0 = V_s^{(0)}/c$, где c – скорость волны в жидкости, ρ_1 и ρ_2 – плотности жидкости и твердого тела, $\rho = \rho_1/\rho_2$.

Схема численного эксперимента показана на Рис. 1, где представлена развертка стенки цилиндрической полости радиуса $R_0 \approx 33$ м с круговой поверхностной скоростной неоднородностью $v_p = 2,5$ км/с радиусом $R_{iN} \approx 30$ м.

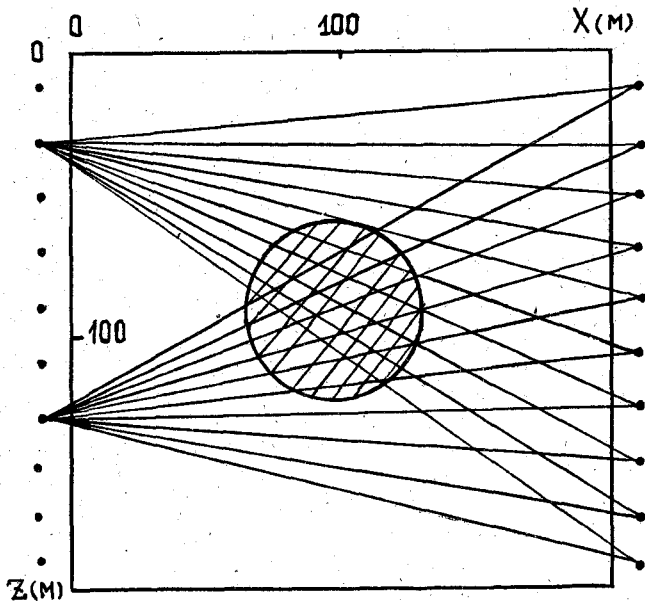


Рис. 1. Схема эксперимента.

Скорость продольных волн во вмещающей среде равна 2,8 км/с, отношение доминирующей длины волны λ к радиусу цилиндрического выреза $\lambda/R_0 = 1/5$. Положение источников и приемников показано жирными точками. Прямые линии на развертке, соединяющие точки приема и излучения, на самом деле являются винтовыми линиями с кривизной $\kappa = R_0 \sin^2 \theta$, где θ – угол между вертикалью и лучом. Результат применения томографической инверсии без учета реальной кривизны поверхности полости приведен на Рис. 2.

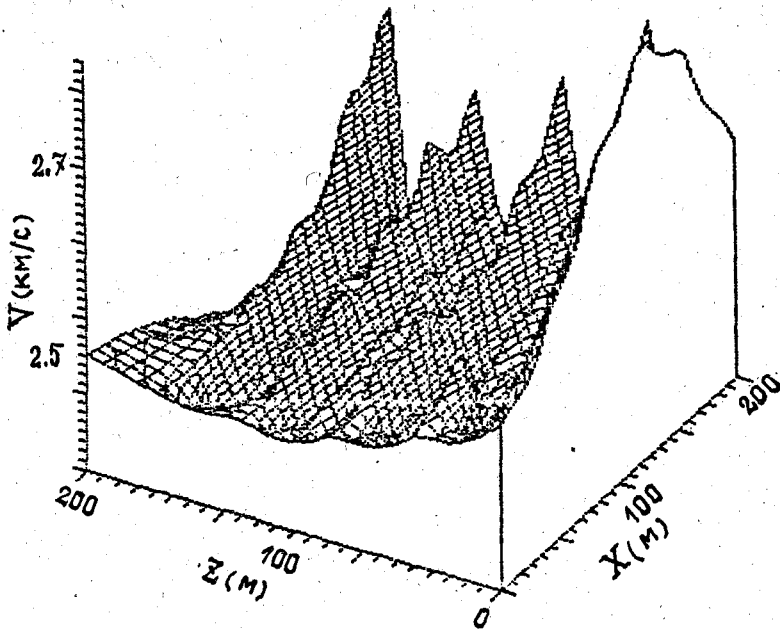


Рис. 2. Результат томографической инверсии без учета кривизны луча.

Имеет место неадекватное восстановление исходной модели. Очевидно, что наличие нескольких равновеликих максимумов не позволяет сделать однозначный вывод о расположении и величине скоростной неоднородности.

Напротив, если принять во внимание зависимость скорости распространения поверхностной волны от радиуса кривизны луча и ввести в процедуру обработки данных соответствующие поправки (Рис. 3), то по построенному изображению можно с уверенностью

определить координаты центра неоднородности и оценить ее размеры и величину.

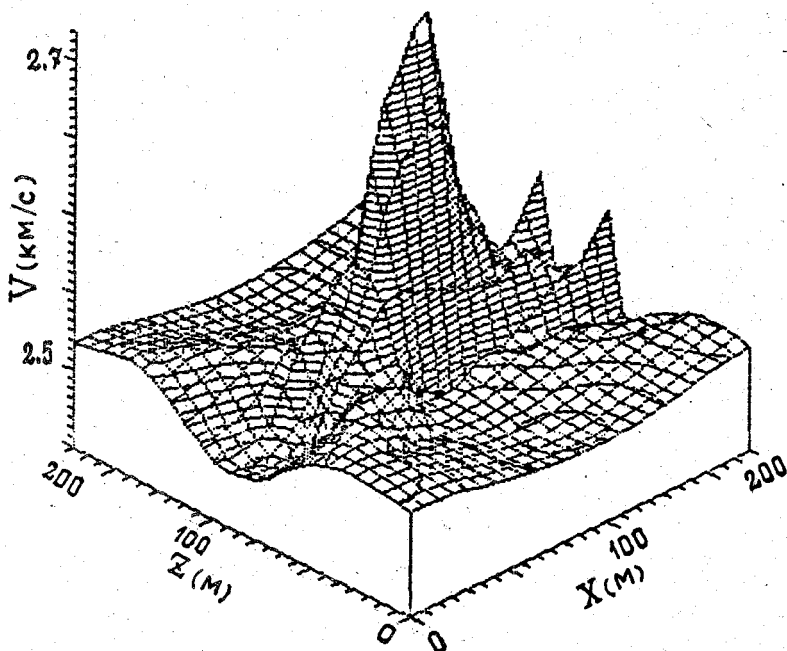


Рис. 3. Результат томографической инверсии с учетом кривизны луча.

Таким образом, следует признать, что для проведения томографических исследований на смешанных поверхностных волнах необходимо использовать алгоритм отличный от алгоритма для объемных волн, а именно – учитывающий кривизну исследуемой поверхности. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (93-05-9961).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сейсмическая томография*. М, 1990.
2. В. М. Бабиц, Н. Я. Кирпичникова, *Метод пограничного слоя в задачах дифракции коротких волн*. ЛГУ.
3. P. V. Krauklis, V. N. Troyian, A. P. Krauklis, *Creeping waves in boreholes and cavities*. 56-th EAEG Meeting, (1994), Vienna, P030.

Krauklis A. P. On the problem of the ray tomography for creeping waves.

The problem of ray tomography for the creeping wave's travel-times is considered. The correction for the ray's curvature is introduced. Some numerical examples of model reconstruction are presented.

С.-Петербургский государственный
университет

Поступило 9 сентября 1994 г.