

Лекция 08. Вычисление эффективной скорости по годографам отражённых волн и построение отражающей границы.

Оглавление

Определение эффективной скорости.....	1
Способ постоянной разности.....	2
Способ встречных годографов.....	3
Построение отражающей границы.....	5
Способ полей времён.....	5
Способ засечек.....	6

Определение эффективной скорости

Задача определения скоростей является одной из основных в сейсморазведке. От детальности и достоверности её решения зависит в конечном итоге точность дальнейших структурных построений.

Параметры сейсмогеологической модели, определённые по сейсмическим данным, принято называть *эффективными*.

Эффективной скоростью ($v_{эф}$) называют скорость, определяемую по наблюдаемым годографам в предположениях об однородности среды, плоской отражающей границе и горизонтальной поверхности наблюдений. При таких предположениях связь между параметрами годографа и эффективными параметрами устанавливается достаточно просто. В произвольном случае уравнения годографов могут быть записаны лишь в параметрическом виде, а следовательно, требуется использовать различные аппроксимации среды и приближённые способы оценки скоростей сейсмических волн.

Чем меньше неоднородность среды и криволинейность границ, тем меньше отклонения годографа от гиперболической формы и тем меньше отличие эффективной скорости от средней, характеризующей уже геологическую модель.

Существует ряд способов определения эффективных скоростей, в частности, способы, основанные на квадратичной трансформации годографов отражённых волн, к которым относятся рассматриваемые ниже способ постоянной разности и способ встречных годографов.

Способ постоянной разности

Способ постоянной разности основан на трансформации годографа в прямую линию. Запишем уравнение годографа ОПВ отражённой волны:

$$v^2 t^2 = 4 h^2 + 4 h x \sin \varphi + x^2 \quad (1)$$

Соответствующий годограф изображён на рис. 1.

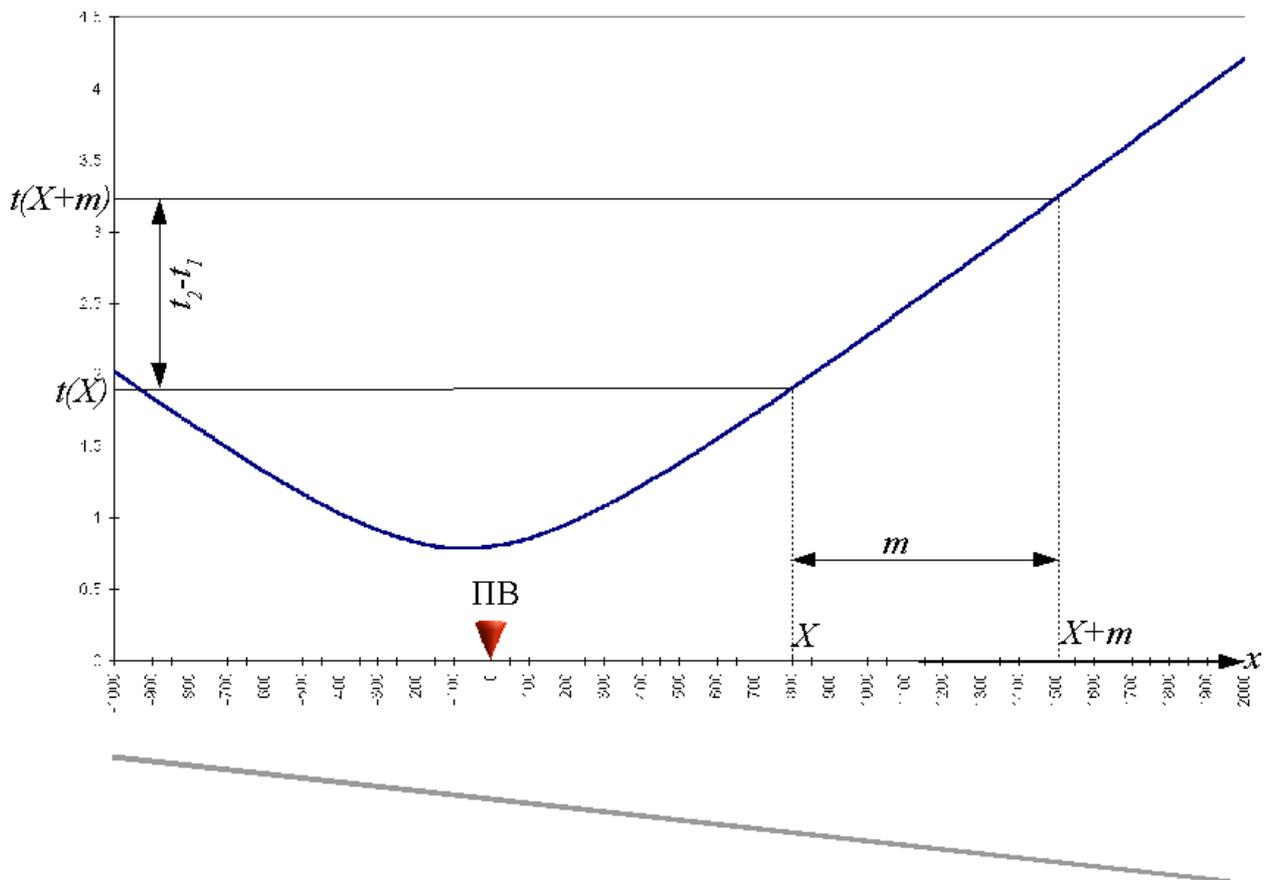


Рис. 1. Годограф ОПВ от наклонной границы раздела

Выпишем значения квадратов времён регистрации для двух заданных точек приёма с координатами $x = X$ и $x = X + m$, где X, m – некоторые константы:

$$\begin{aligned} v^2 t^2(X) &= 4 h^2 + 4 h X \sin \varphi + X^2 \\ v^2 t^2(X + m) &= 4 h^2 + 4 h (X + m) \sin \varphi + (X + m)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Введём обозначения: $t(X) = t_1$ и $t(X + m) = t_2$.

Найдём разность уравнений, входящих в (2):

$$v^2 \cdot (t_2^2 - t_1^2) = 4 h m \sin \varphi + 2 X m + m^2 \quad (3)$$

Обозначим $U = t_2^2 - t_1^2$ и $b = \frac{1}{v^2}(m^2 + 4hm \sin \varphi)$

Тогда из (3) получим:

$$U = b + \frac{2Xm}{v^2} \quad (4)$$

Это линейное уравнение в координатах

$(U, X)|_{m=const}$ (рис. 2).

Продифференцируем (4) по X и выразим искомый параметр v :

$$v = \sqrt{2m \cdot \left| \frac{\Delta X}{\Delta U} \right|} \quad (5)$$

Как правило, наблюдаемые значения времён регистрации отражённых волн содержат случайные ошибки. Наиболее точные результаты (при Гауссовом законе распределения ошибок) получаются при

$m = 0.4 \div 1.0 \cdot x_{max}$, где x_{max} – максимальное удаление ПВ - ПП.

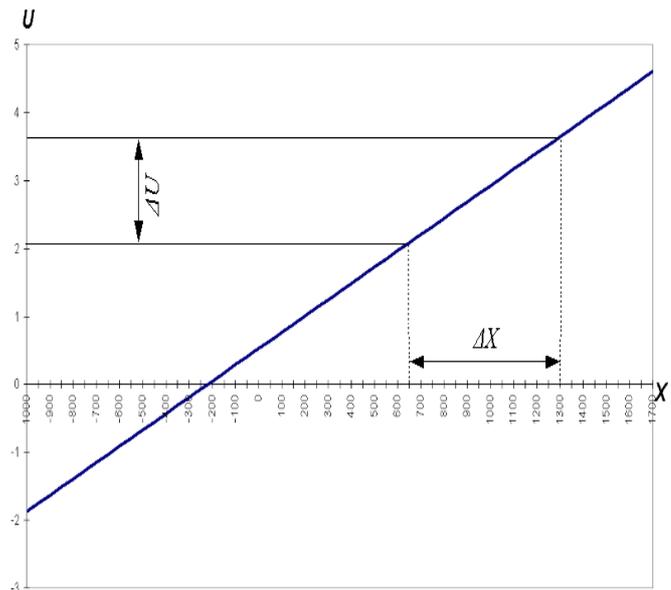


Рис. 2. Изображение разностного годографа

Способ встречных годографов

Назовём *встречными годографами* пару годографов ОПВ, полученных на одном интервале профиля (при единой расстановке ПП) при источниках, расположенных по разные стороны от этого интервала.

Пусть задана пара встречных годографов, увязанных по взаимному времени t_{max} (рис. 3) на интервале L . Рассмотрим произвольную точку наблюдений с координатой l .

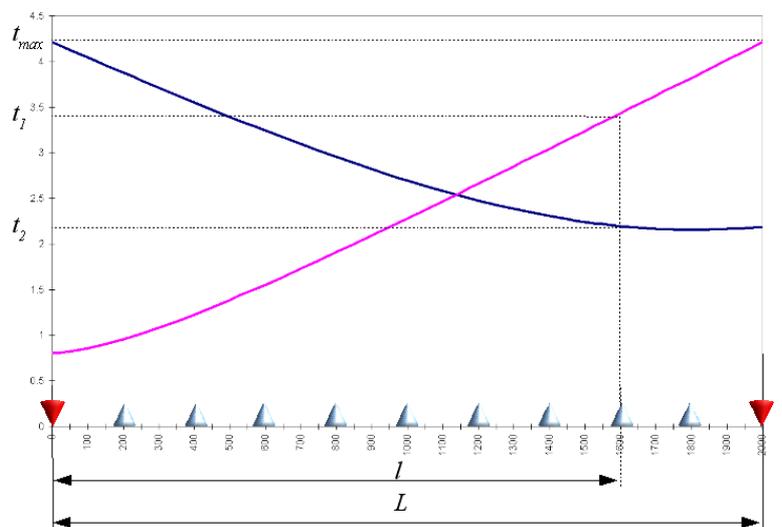


Рис. 3. Встречные годографы

Удаление этой точки от первого ПВ составляет l м, а от второго – $(L-l)$ м.

Запишем выражение для годографов:

$$\begin{aligned} v^2 t_1^2 &= 4 h_1^2 + 4 h_1 l \sin \varphi + l^2 \\ v^2 t_2^2 &= 4 h_2^2 - 4 h_2 (L-l) \sin \varphi + (L-l)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Но $h_2 = h_1 + L \cdot \sin \varphi$. С учётом этого найдём разность между первым и вторым уравнениями системы (6):

$$v^2 \cdot (t_2^2 - t_1^2) = L^2 - 2 l L \cos 2 \varphi + 4 h_1 L \sin \varphi \quad (7)$$

Обозначим $U = t_2^2 - t_1^2$ и $b = \frac{1}{v^2} (L^2 + 4 h_1 L \sin \varphi)$

Тогда из (7) получим:

$$U = b - \frac{2 L l}{v^2} \cdot \cos 2 \varphi \quad (8)$$

Это линейное уравнение в координатах (U, l) (рис. 4).

Продифференцируем (8) по l и выразим искомый параметр v :

$$v = \sqrt{2 L \cdot \cos 2 \varphi \left| \frac{\Delta l}{\Delta U} \right|} \quad (9)$$

При углах $\varphi < 10^\circ$ можно приближённо принять, что $\cos 2 \varphi \approx 1$, а следовательно, формула (9) упростится до:

$$v = \sqrt{2 L \cdot \left| \frac{\Delta l}{\Delta U} \right|} \quad (10)$$

Если всё же необходимо учитывать косинус угла, то оценку его значения необходимо делать итерационным способом, учитывая, что

$$\sin \varphi = \frac{h_2 - h_1}{L} = \frac{(t_{0_2} - t_{0_1}) \cdot v}{L} \quad (11)$$

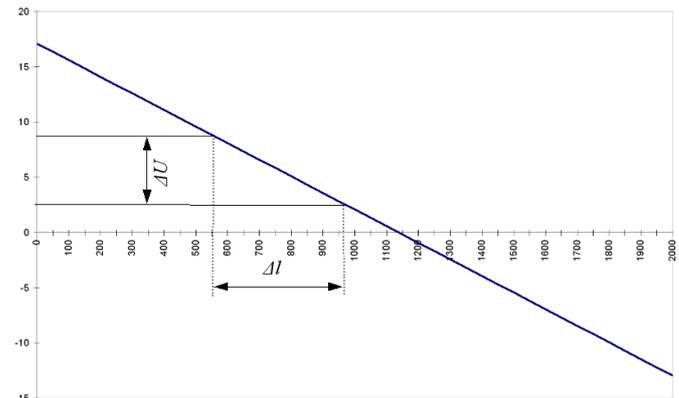


Рис. 4. Изображение разностного годографа

Построение отражающей границы

Задача построения разрезов по данным сейсмических наблюдений называется обратной. Её решение является основной задачей различных сейсмических методов. Существуют различные способы решения обратной задачи в зависимости от сделанных предположений о модели среды, требуемой точности построений, методики наблюдений и способов интерпретации.

Способ полей времён

Способ полей времён основан на принципе Гюйгенса, в соответствии с которым строятся изохроны падающей и отражённой от границы волн. Точки пересечения одноименных изохрон и дадут положение границы.

Для построения изохрон отражённой волны закрепим некоторое время t_m и вычислим для различных удалений ПВ -ПП x_i разность $(t_{xi} - t_m)$. Из точек x_i проведём окружности радиусом $v(t_{xi} - t_m)$, огибающая этих окружностей и будет изохроной отражённой волны. Построив изохроны для различных моментов времени t_m , получим ряд точек отражающей границы (рис. 5).

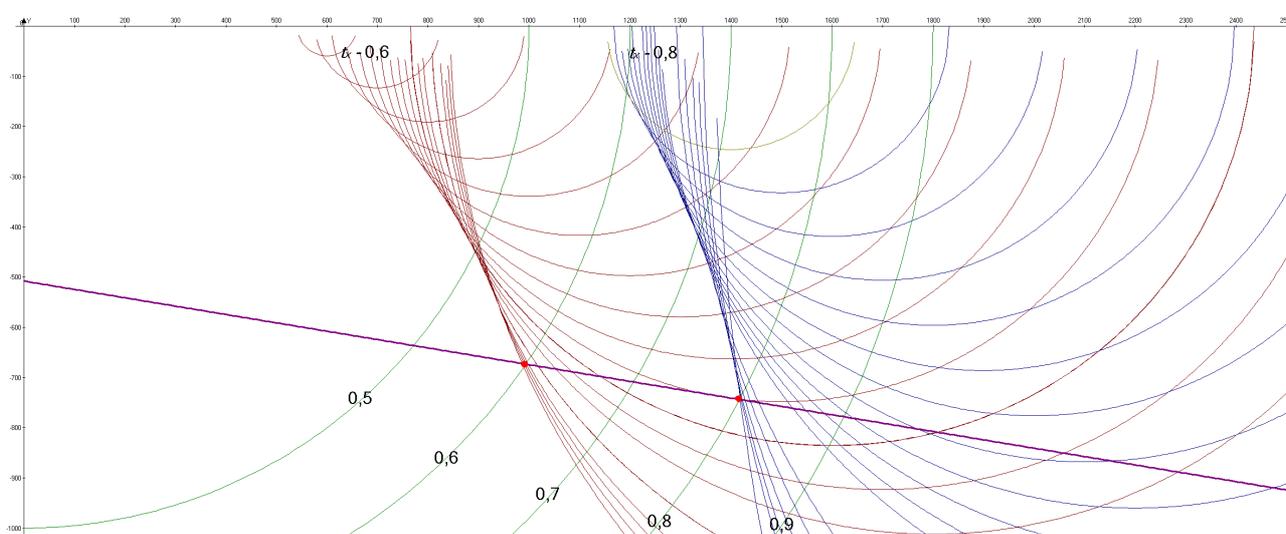


Рис. 5. Построение отражающей границы способом полей времён. Показаны изохроны проходящей волны (0,5 - 0,9 с) и изохроны отражённой волны (0,6 и 0,8 с)

В случае сложных границ используем первую построенную изохрону как опорную; выберем шаг Δt (0.005 – 0.02 с) и по принципу Гюйгенса определим положение изохрон во время $t_m - n \Delta t$ ($n = 1, 2, 3...$)

Способ засечек

Для плоских границ способ полей времён является явно избыточным. Если известно, что на каком-либо участке профиля отражающая граница плоская, то можно для восстановления её положения руководствоваться следующими соображениями.

Пусть при возбуждении колебаний в точке $S(0; 0)$ в некоторых произвольных точках R_1 и R_2 сейсмоприёмниками была зарегистрирована отражённая волна на временах соответственно t_1 и t_2 . Построим две дуги (засечки) с центрами в точках R_1 и R_2 с радиусами $r_1 = v_{cp} t_1$ и $r_2 = v_{cp} t_2$. Поскольку расстояние, пройденное отражённой волной от источника к приёмнику, равно расстоянию от мнимого источника до приёмника, точка пересечения этих дуг определит положение мнимого источника S^* для некоторого участка отражающей границы (рис. 6).

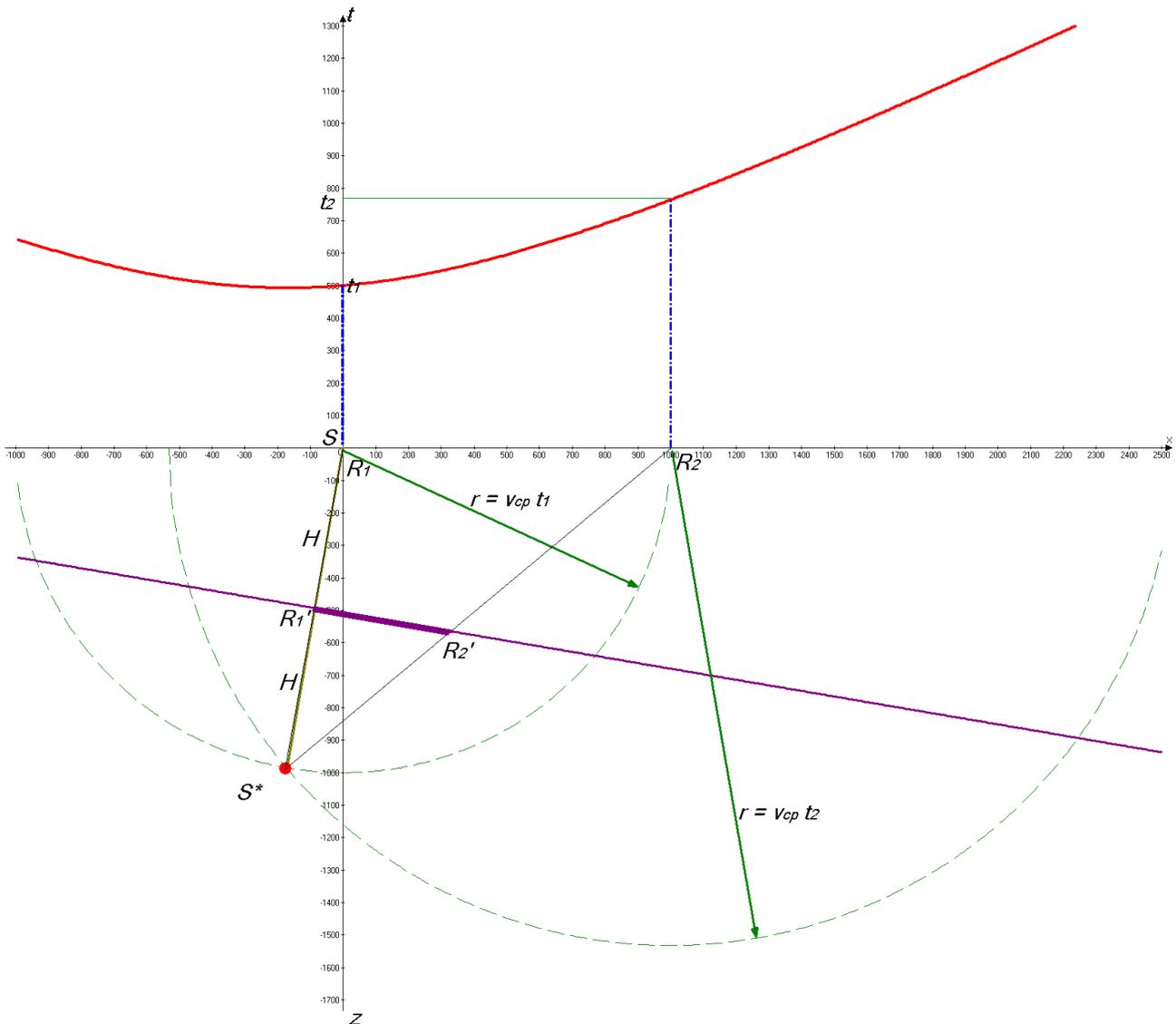


Рис. 6. Построение плоской отражающей границы способом засечек

Но $SS^* = 2H$, где H – эхо-глубина границы в точке источника. Разделим отрезок SS^* пополам и восставим к нему перпендикуляр в его середине. Получили локальное положение отражающей границы. Чтобы определить зону прослеживания границы, соединим прямыми линиями точки S^* и R_1 , S^* и R_2 . Отрезок $R_1'R_2'$ границы, заключённый между точками пересечения границы с построенными лучами, и представляет искомый отрезок отражающей границы.