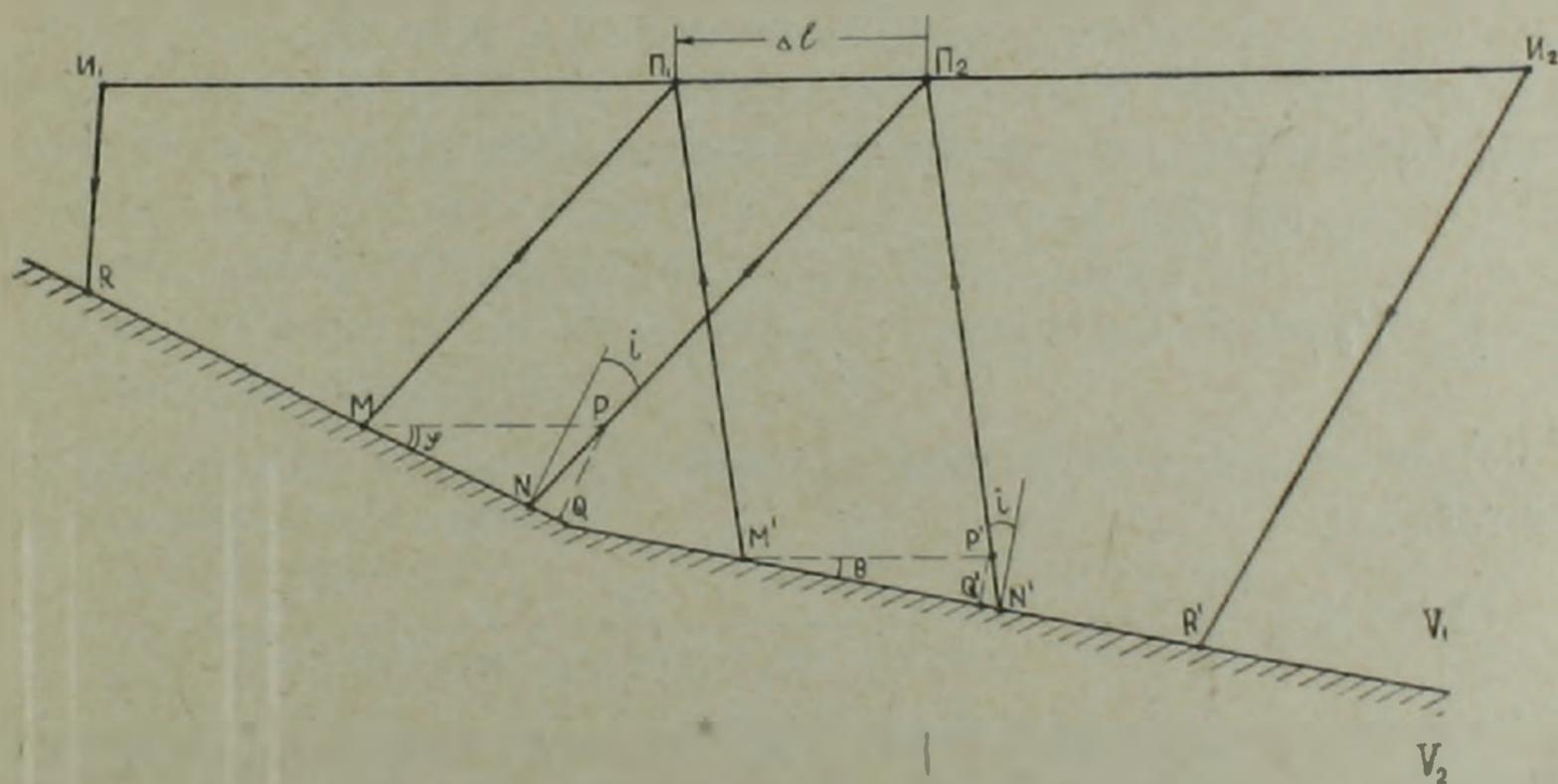


Г. О. ГАЗАРЯН, А. Б. НЕМИРОВСКИЙ

О ВЛИЯНИИ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ПРИ АКУСТИЧЕСКОМ КАРОТАЖЕ

В настоящее время акустический каротаж находит все более широкое применение для решения ряда вопросов промысловой геофизики и сейсмической разведки. При этом в большинстве случаев к точности измерения интервального времени (интервальной скорости) распространения упругих волн предъявляются весьма высокие требования. Однако известно [2], что получаемая при акустических измерениях точность определения скорости в значительной мере зависит от целого ряда искажающих геометрических факторов, главными из которых являются перекосы зонда относительно стенок скважины и изменение их конфигурации.

Представляет интерес оценить степень ослабления воздействия указанных искажающих факторов в случае применения четырехэлементного компенсирующего зонда [3] со встречной системой наблюдения типа «излучатель I_1 —приемники $П_1, П_2$ —излучатель I_2 »—сокращенно $I_1П_1П_2I_2$. Задачу будем решать для случая, показанного на фиг. 1, — акустический



Фиг. 1. Перекос четырехэлементного компенсирующего акустического зонда относительно стенок скважины при непостоянстве угла наклона преломляющей границы.

зонд (линия наблюдения) имеет перекос относительно стенки скважины. При этом преломляющая граница RR' меняет угол наклона φ на θ в пределах интервала между траекториями сейсмических лучей к дальним приемникам $П_1$ и $П_2$ зондов $I_1П_1П_2$ и $I_2П_2П_1$ (точка Q). Учитывая, что в первых вступлениях обычно регистрируются волны, проходящие по образующей цилиндра [1], обратимся к рассмотрению двумерной задачи.

Среднее значение интервальной скорости $V^{(4)}$ находится по известной формуле:

$$V^{(4)} = \frac{\Delta l}{\Delta t_{cp}}; \quad \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2}; \quad (1)$$

где Δl — расстояние между приемниками Π_1 и Π_2 ,
 Δt_1 ; Δt_2 — интервальное время для зондов $I_1\Pi_1\Pi_2$ и $I_2\Pi_2\Pi_1$ соответственно.

Из рассмотрения треугольников MPQ и $M'P'Q'$ и принципа построения системы встречных наблюдений следует, что для зонда $I_1\Pi_1\Pi_2I_2$ справедливы следующие соотношения:

$$\Delta t_1 = \frac{MQ - NQ}{V_2} + \frac{NP}{V_1}; \quad (2)$$

$$\Delta t_2 = \frac{M'Q' + N'Q'}{V_2} - \frac{N'P'}{V_1}, \quad (3)$$

где V_1 ; V_2 — скорости распространения упругих волн в буровом растворе и породе соответственно.

Из рассмотрения тех же треугольников, а также NPQ и $N'P'Q'$ находим:

$$MQ = \Delta l \cos \varphi; \quad M'Q' = \Delta l \cos \theta; \quad NQ = \Delta l \sin \varphi \operatorname{tg} i;$$

$$N'Q' = \Delta l \sin \theta \operatorname{tg} i; \quad NP = \frac{\Delta l \sin \varphi}{\cos i}; \quad N'P' = \frac{\Delta l \sin \theta}{\cos i},$$

где i — критический угол.

Подставляем найденные значения в уравнения (2), (3) и (1):

$$V^{(4)} = 2V_2 \frac{1}{\cos \varphi + \cos \theta + (\sin \varphi - \sin \theta) \sqrt{a^2 - 1}},$$

где $a = \frac{V_2}{V_1}$.

Попрешность измерения интервальной скорости $\delta^{(4)}$ определяем по формуле:

$$\delta^{(4)} = 1 - \frac{V^{(4)}}{V_2} = 1 - \frac{2}{\cos \varphi + \cos \theta + (\sin \varphi - \sin \theta) \sqrt{a^2 - 1}}.$$

Рассмотрим следующие частные случаи, относящиеся к различным положениям зонда относительно преломляющей границы:

1) $\varphi = \theta$, т. е. преломляющая граница не меняет угла наклона в пределах участка измерения. При этом:

$$\delta^{(4)} = 1 - \sec \varphi. \quad (4)$$

2) $\varphi = -\theta$.

Нетрудно видеть, что получаемый в данном случае результат, в силу симметричного положения преломляющей границы относительно точки перегиба Q , характеризует погрешность измерения интервальной скорости $\delta^{(3)}$ в случае применения трехэлементного акустического зонда типа $I\Pi_1\Pi_2$ ($\Pi I_1 I_2$):

$$\delta^{(3)} = 1 - \frac{1}{\cos \varphi + \sin \varphi \sqrt{a^2 - 1}} \quad (5)$$

Приведенные в таблице значения погрешностей $\delta^{(4)}$ ($\varphi = \theta$) и $\delta^{(3)}$ ($\varphi = -\theta$) для различных значений углов перекося φ убедительно свидетельствуют о том, что четырехэлементные зонды со встречной системой наблюдения существенно ослабляют искажающее влияние геометрических факторов.

Таблица 1

φ°	$\delta^{(3)} \%$ при $a=1,5$	$\delta^{(3)} \%$ при $a=2$	$\delta^{(3)} \%$ при $a=3$	$\delta^{(3)} \%$ при $a=3,5$	$\delta^{(4)} \%$
1	1,9	2,9	4,1	5,5	0,015
2	3,7	5,7	8,9	10,4	0,061
3	5,4	8,2	12,8	14,8	0,137
4	7,1	10,6	16,3	18,8	0,244
5	8,6	12,8	19,5	22,4	0,382
10	15,2	22,2	32,2	36,2	1,543

Однако, как показывают расчеты, изменение конфигурации стенок скважины значительно ухудшает компенсирующее действие. Так, например, при $\varphi = 1^\circ$ и увеличении θ от 1° до 2° ошибка составляет 1,5%, т. е. возрастает в 100 раз.

В заключение необходимо отметить, что, как следует из уравнений (4) и (5), характерной особенностью четырехэлементных зондов по сравнению с некомпенсирующими является независимость точности измерения интервальной скорости распространения упругих волн от самой скорости, — при условии постоянства угла наклона преломляющей границы. Неособлюдение указанного условия не только уменьшает степень компенсации, но и делает ее зависимой от скоростного строения исследуемого геологического разреза.

Институт геофизики
и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 24.III.1972.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Грацинский В. Г. Кинематические особенности волновой картины при ультразвуковом каротаже скважин. Известия АН СССР, серия геофиз., № 7, 1963.
2. Kokesh F. P. Geometrical factors in sonic logging. Geophysics, v. 14, № 1, 1959.
3. Kokesh F. P. A new approach to sonic logging and other measurement. „J. Petrol. Technol.“, v. 17, № 3, 1965.