

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«Ухтинский государственный технический университет»
(УГТУ)**

**СБОРНИК ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНАМ:
«РАЗВЕДОЧНАЯ ГЕОФИЗИКА» И «ПОЛЕВАЯ ГЕОФИЗИКА»**

Методические указания
для студентов специальностей 130201 – «Технология геологической разведки»,
130202 – «Прикладная геология»

Ухта 2013

УДК 550.834

Ш 71

Шмарева, М. Б.

Сборник лабораторных работ по дисциплинам: «Разведочная геофизика» и «Полевая геофизика» [Текст] : метод. указания для студентов специальностей 130201 – «Технология геологической разведки», 130202 – «Прикладная геология» / М. Б. Шмарева. – Ухта : УГТУ, 2013. – 39 с.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Разведочная геофизика» и «Полевая геофизика» по разделу Сейсморазведка включают цикл лабораторных работ по теории распространения упругих волн, изучению верхней части разреза, определению статических поправок и скоростной характеристики разреза.

В методических указаниях приводятся теоретические основы, порядок проведения расчетов и исходные данные для выполнения лабораторных работ.

Содержание методических указаний соответствует учебной рабочей программе.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой ГМИС от 04.10.2012 г., протокол № 2 и рекомендованы к изданию.

Рецензент: О. М. Вельтистова, доцент кафедры ГМИС, к.г.-м.н.

Редактор: О. В. Демьяненко.

В методических указаниях учтены замечания рецензента и редактора.

План 2012 г., позиция 127. Подписано в печать 31.01.2013 г.

Компьютерный набор.

Объем 39 с. Тираж 100 экз. Заказ №271.

© Ухтинский государственный технический университет, 2013

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13.

Типография.

169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Октябрьская, 13.

Лабораторная работа № 1

РАСЧЕТ ИМПУЛЬСНЫХ СЕЙСМОГРАММ

Цель работы: получить представление о физических процессах, влияющих на амплитуду отраженных и кратных волн, распространяющихся в реальных геологических средах.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Большое значение при изучении геологического строения района работ имеет интенсивность отраженных волн, наблюдаемых на поверхности земли. Она зависит от ряда факторов и в первую очередь от условий распространения волн в среде. Главнейшими из них являются:

1. геометрическое расхождение энергии волны;
2. поглощение и рассеивание волн геологическими средами;
3. отражение и двойное преломление на границах раздела с различными акустическими свойствами.

1. Геометрическое расхождение энергии волны

Рассмотрим однородную среду, в которой расположен точечный источник сейсмической волны. Ограничим часть пространства лучами, образующими силовую трубку (рис. 1). Очевидно, что по мере удаления от источника на расстояния r_1, r_2, \dots, r_i увеличивается площадь поперечного сечения силовой трубки $S_1 < S_2 < \dots < S_i$. Согласно закону сохранения энергии (E) внутри силовой трубки остается постоянной, а плотность энергии $j = E/S$ уменьшается по мере удаления от источника, таким образом, $j_1 > j_2 > \dots > j_i$.

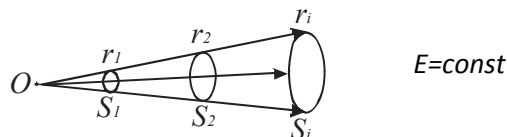


Рис. 1. Силовая трубка, образованная силовыми линиями
 o – точечный источник; r_1, r_2, \dots, r_i – расстояния от точечного источника;
 S_1, S_2, \dots, S_i – площади сечения силовой трубки на расстоянии r_1, r_2, \dots, r_i

Отсюда следует, что плотность энергии, приходящаяся на единицу поперечного сечения силовой трубки, убывает пропорционально величине $1/r_i$. Из теории колебаний известно, что плотность энергии волны j пропорциональна ее амплитуде. Следовательно, в однородной упругой среде вследствие геометрического расхождения фронта прямой и отраженной волны их амплитуда убывает обратно пропорционально расстоянию, пройденному волной,

$$a_r = \frac{a_0}{r_i}, \quad (1)$$

где a_0 – амплитуда волны точечного источника;
 r_i – путь, пройденный волной.

2. Поглощение и рассеивание волн геологическими средами

При распространении сейсмических волн через горные породы часть упругой энергии колебаний, вследствие трения частиц среды, необратимо переходит в тепловую и другие виды энергии (электрическую, химическую и т. п.). Этот эффект называется *поглощением упругой энергии волны*. При наличии в среде литологических неоднородностей, инородных включений, флюида, насыщающего пласт (нефть, газ, вода), происходит частичное рассеивание волны, которое также приводит к уменьшению общей энергии сейсмической волны. Ослабление всех типов волн, вызываемое поглощением и рассеиванием, может быть охарактеризовано множителем $e^{-\bar{b}r}$, где e – основание натурального логарифма, равное 2,72, r – длина пути, пройденного волной (м), \bar{b} – коэффициент поглощения (1/м). Величина коэффициента \bar{b} характеризует поглощающие свойства пласта мощностью 1 м, произведение $\bar{b}r$ – полный коэффициент поглощения геологической среды, в которой распространяется волна. Величина коэффициента \bar{b} в осадочных породах меняется от 10^{-2} до 10^{-6} (1/м) при изменении скорости в пределах 500-5000 м/с.

Сейсмическая волна в реальной геологической среде испытывает одновременно и поглощение, и рассеивание, и геометрическое расхождение. Поэтому общее убывание амплитуды волны подчиняется следующей зависимости:

$$a_i = a_0 \frac{e^{-\alpha r}}{r_i} . \quad (2)$$

Если волна проходит несколько слоев, каждый из которых имеет мощность h_i и характеризуется (коэффициентом поглощения \bar{b}_i), амплитуда a_i определяется по формуле:

$$a_i = a_0 \frac{e^{-\sum_{i=1}^n h_i \alpha_i}}{\sum_{i=1}^n h_i} , \quad (3)$$

где n – число пластов, которые проходит волна.

3. Отражение и двойное прохождение

Интенсивность отраженных волн зависит от характера границы раздела, на которой они образовались. Если сейсмическая граница разделяет среды с резко различающимися скоростями V и волновыми сопротивлениями $z = Vy$ (где y – плотность горных пород), то возникающие на ней отраженные волны характеризуются значительной интенсивностью. Чем меньше различие волнового сопротивления на границе, тем слабее образующаяся на ней отраженная волна. Поэтому интенсивность полезных волн, прошедших приблизительно одинаковые расстояния, может заметно различаться.

II. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

1. Расчет коэффициентов отражения и двойного прохождения

Уменьшение амплитуд волн при образовании отраженных и проходящих волн характеризуется коэффициентами отражения и прохождения (прозрачности) соответственно. При падении волны на i -ую отражающую границу коэффициент отражения A_i рассчитывается по формуле:

$$A_i = \frac{V_{i+1} \cdot \sigma_{i+1} - V_i \cdot \sigma_i}{V_i \cdot \sigma_i + V_{i+1} \cdot \sigma_{i+1}}, \quad (4)$$

где V_i и V_{i+1} – соответственно верхний и нижний пласты;

y_i и y_{i+1} – соответственно плотности верхнего и нижнего пластов.

Коэффициент отражения может быть отрицательным, если скорость нижнего пласта больше скорости вышележащего пласта. Это свидетельствует о том, что волна отражается в противофазе.

Коэффициент двойного прохождения представляет собой произведение коэффициентов прохождения волны через границу при нормальном падении сверху и снизу, т. к. любая волна, приходящая к дневной поверхности, любую границу проходит минимум дважды – при падении вниз и возвращении вверх. При падении сверху на i -ую границу коэффициент прохождения B_{+i} равен:

$$B_{+i} = \frac{2V_i \sigma_i}{V_i \sigma_i + V_{i+1} \sigma_{i+1}}. \quad (5)$$

При падении снизу коэффициент прохождения B_{-i} равен:

$$B_{-i} = \frac{2V_{i+1} \sigma_{i+1}}{V_i \sigma_i + V_{i+1} \sigma_{i+1}}. \quad (6)$$

Поскольку коэффициенты отражения A и прохождения B связаны соотношением: $B = 1 + A$, а коэффициенты отражения при падении волны сверху и снизу на границу различаются только знаком, т. е. $A_{+i} = -A_{-i}$, то произведение коэффициентов прохождения вниз и вверх через границу (коэффициент двойного прохождения) равно:

$$C_i = B_{+i} B_{-i} = (1 + A_{+i})(1 + A_{-i}) = (1 + A_{+i})(1 - A_{+i}) = 1 - A_{+i}^2. \quad (7)$$

Коэффициенты отражения A и двойного прохождения C используются далее для расчета интенсивностей волн.

2. Расчет амплитуд отраженной и кратной волн

В общем случае для расчета амплитуд волн надо учитывать коэффициенты отражения и двойного прохождения на границах раздела, поглощение и рассеивание волн.

Амплитуды сигнала вычисляем, перемножая коэффициенты отражения A всех границ, от которых волна отражается (с учетом знаков коэффициента), и коэффициенты двойного прохождения C всех границ, через которые волна проходит. Для учета геометрического расхождения подсчитываем путь волны, суммируя мощности всех пластов, через которые волна проходит. Учитывая все сказанное, запишем выражение для амплитуды волны, зарегистрированной на

пункте взрыва, которая отразилась от i -ой границы горизонтально-слоистой среды при распространении по вертикали (по нормальям к границе):

$$a_i = a_0 \frac{e^{-2\sum_{i=1}^i \alpha_i h_i}}{2\sum_{i=1}^i h_i} (1 - A_1^2)(1 - A_2^2) \dots (1 - A_{i-1}^2) A_i, \quad a_0 = 1 \text{ м.} \quad (8)$$

В формуле (8) индексы у коэффициентов отражения соответствуют временам отражающих границ (сверху вниз), а множители 2 появляются потому, что волна проходит дважды каждый слой (при распространении сверху вниз и снизу вверх).

На некоторых отражающих границах (при значительных коэффициентах отражения) могут возникать кратные отраженные волны, которые являются серьезными помехами при проведении сейсморазведочных исследований. Отражаясь несколько раз от одной или нескольких границ (чаще всего не больше чем от двух), кратные волны могут приходить к пунктам приема одновременно с полезными волнами, отразившимися от более глубоких границ, или – на близких временах. В результате интерференции кратных и полезных волн затрудняется прослеживание последних, и интерпретация полевых материалов может оказаться неоднозначной или ошибочной.

Рассмотрим простую кратную отраженную волну. Коэффициент отражения от границы «земля-воздух» близок к 1, т. к. волновое сопротивление воздуха ничтожно по сравнению с волновым сопротивлением горных пород. При каждом отражении от границы амплитуда кратной отраженной волны изменяется в A раз, между двумя отражениями она дважды проходит слой от границы до поверхности земли и обратно. Если кратноюобразующей поверхностью является верхняя, то амплитуда полнократной отраженной волны рассмотренного типа, которая зарегистрирована на пункте взрыва при горизонтально-слоистом разрезе, т. е. при распространении волны по вертикали (нормали к границе), связана с параметрами зависимостью:

$$a_{кр} = a_0 \frac{e^{-2n\alpha_1 h_1}}{2nh_1} A^n, \quad a_0 = 1 \text{ м,} \quad (9)$$

где $a_{кр}$ – амплитуда простой кратной отраженной волны, полученной на пункте взрыва при указанных особенностях разреза;

n – кратность волны.

После расчета амплитуд всех волн определяют времена их пробега по вертикали (до границы и обратно) по формуле:

$$t_{0i} = \frac{2\sum_{i=1}^i h_i}{V_{cp}}. \quad (10)$$

Средняя скорость вычисляется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_{ei}}, \quad (11)$$

где h_i – мощности пластов;

$\Delta t_{ei} = \frac{h_i}{V_i}$ – время пробега волны в i -том пласте.

По полученным результатам строят импульсную (синтетическую) сейсмограмму, для чего от выбранного начала отсчета времен откладывают время регистрации каждой волны, определяемой по формуле (10), и в полученных точках в выбранном масштабе строят отрезки длиной, равной амплитудам соответствующих волн, которые определяются по формуле (8) для однократных отраженных волн или по формуле (9) для простых кратных отраженных волн. Импульсная сейсмограмма представлена на рисунке 2.

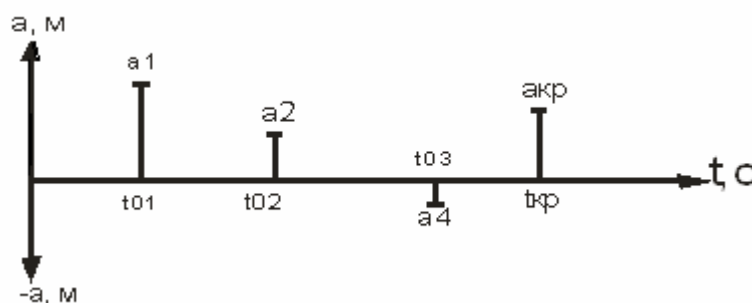


Рис. 2. Импульсная сейсмограмма

3. Построение модели волнового поля

По результатам вычислений выбираются границы с наибольшим коэффициентом отражения и составляется упрощенная модель среды (модель волнового поля).

Используя суммарные мощности и времена пробега волны в пластах, строятся теоретические годографы ВСП. Вначале следует построить вертикальный годограф падающей волны, затем построить восходящие годографы волн, отраженных от всех границ модели. Далее все волны следует последовательно «отражать и преломлять» на границах, следя за тем, чтобы в пределах каждого пласта все падающие волны имели параллельные между собой годографы. Аналогично годографы восходящих волн также параллельны между собой и имеют наклон, равный наклону годографов падающих волн по абсолютной величине, но обратной по знаку.

В результате построений годографами падающих и восходящих волн должен быть заполнен весь треугольник на вертикальном годографе, образованный осью времен и годографами падающей и отраженной от нижней («целевой») границы волн (рис. 3).

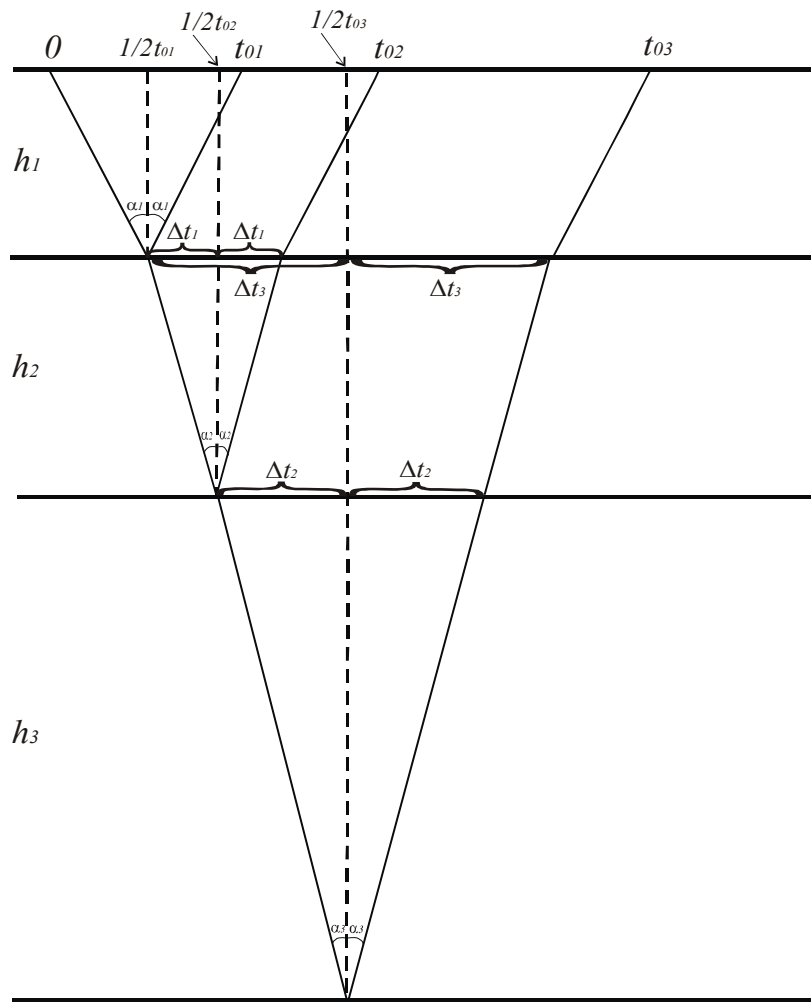


Рис. 3. Модель волнового поля

III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для каждой границы вычисляются коэффициенты отражения по формуле (4).
2. Определяются коэффициенты двойного прохождения волн для каждой промежуточной границы (кроме последней) по формуле (7).
3. По формуле (8) вычисляются амплитуды однократных отраженных волн на поверхности наблюдений (в пункте возбуждения). Амплитуда точечного источника $a_0 = 1$ м.
4. Определяются времена регистрации отраженных волн по формуле (10).
5. Определяется амплитуда кратной волны, регистрируемой на пункте взрыва по формуле (9); $a_0 = 1$ м (волна задается преподавателем).
6. Определяется время регистрации кратной волны.
7. Все результаты вычислений заносятся в таблицу.

Таблица

N пла- ста	h_i (м)	V_i (м/с)	y_i (г/см ³)	\bar{b}_i (1/м)	A_i	C_i	t_{0i} (с)	a_i (м)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Вари- ант	$\bar{b}_1 = 10^{-2}$ (1/м)			$\bar{b}_2 = 10^{-3}$ (1/м)			$\bar{b}_3 = 5 \cdot 10^{-3}$ (1/м)			V_4 (м/с)	y_4 (г/см ³)
	h_1 (м)	V_1 (м/с)	y_1 (г/см ³)	h_2 (м)	V_2 (м/с)	y_2 (г/см ³)	h_3 (м)	V_3 (м/с)	y_3 (г/см ³)		
1	310	1800	1.8	330	3500	2.2	840	4300	2.4	3400	2.3
2	410	2100	2.3	420	4100	2.4	900	4400	2.45	3500	2.35
3	370	2000	2.3	390	3800	2.45	770	4500	2.5	3700	2.6
4	340	1900	2.0	350	3600	2.3	870	4400	2.4	3600	2.35
5	360	2050	2.4	370	3900	2.5	800	4600	2.6	3800	2.55
6	350	2100	1.9	400	4000	2.2	750	4800	2.3	4000	2.25
7	330	1800	1.9	320	3600	2.3	780	4200	2.4	3400	2.35
8	370	2000	2.1	350	3700	2.3	740	4400	2.4	3900	2.25
9	360	1900	2.0	380	3900	2.35	700	4500	2.5	3600	2.3
10	380	2100	2.3	400	4100	2.4	800	4600	2.5	3500	2.2
11	320	1800	1.9	350	3800	2.2	850	4900	2.3	4000	2.4
12	380	2100	2.1	250	4000	2.3	750	4600	2.4	3900	2.5
13	350	2000	2.0	300	4200	2.4	700	4800	2.5	3800	2.45
14	340	1900	1.8	280	3900	2.1	800	4500	2.3	3700	2.2
15	360	2050	2.0	400	4100	2.2	850	5000	2.5	4000	2.45

ИЗУЧЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА И РАССЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ПОПРАВК

Задачей включенных в данный раздел лабораторных работ является ознакомление с методикой полевых наблюдений при изучении параметров верхней части разреза (ВЧР), освоение приемов обработки полученных материалов и расчета статических поправок.

Реальные сейсмогеологические условия не являются идеальными, что в первую очередь обусловлено влиянием неоднородностей верхней части разреза: наличием зоны малых и пониженных скоростей (ЗМС, ЗПС) и отклонением рельефа дневной поверхности от плоскости. Оба фактора приводят к значительным искажениям годографов отраженных и преломленных волн за счет разной высоты пунктов возбуждения и приема, изменения мощности ЗМС и ЗПС, малых значений и непостоянства скорости распространения сейсмических волн в них. Кроме того, зона малых скоростей является неблагоприятной средой для возбуждения упругих колебаний в связи с возникновением интенсивных поверхностных волн-помех, поглощением энергии, особенно высокочастотных составляющих. Поэтому взрывы производят под ЗМС в так называемых подстилающих породах.

Для того чтобы снять влияние неоднородности ЗМС, ЗПС и рельефа, в годографы отраженных и преломленных волн вносят статические поправки, благодаря которым приводят наблюдения к некоторой поверхности приведения, выбираемой под верхней неоднородной частью разреза. При этом, естественно, точность учета неоднородностей зависит от степени детальности и точности изучения строения ВЧР.

В практике сейсмических работ для исследования ВЧР используются обычно два методических приема: метод преломленных волн (МПВ) и микросейсмокаротаж (МСК) взрывных скважин. Полученные в результате обработки МПВ и МСК сведения об изменении мощности ЗМС и ЗПС в пределах площади работ, а также скоростная характеристика верхней части разреза позволяют выбрать оптимальную глубину взрыва и выполнить расчет априорных статических поправок.

Лабораторная работа № 2

ОБРАБОТКА ДАННЫХ МИКРОСЕЙСМОКАРОТАЖА

Цель работы: получение навыков обработки данных микросейсмокаротажа.

Микросейсмокаротаж проводится с целью изучения верхней части разреза (ВЧР), которая состоит из зоны малых скоростей (ЗМС), подстилающих пород (ПП) до линии приведения, а иногда может включать и промежуточный слой, так называемую зону пониженных скоростей (ЗПС).

Изучение ЗМС проводится для определения глубины взрывной скважины (т. к. глубина взрыва должна быть ниже подошвы ЗМС, т. е. $H_{взр} > H_{змс}$) для уменьшения потерь энергии волны ввиду того, что зона малых скоростей обладает интенсивными поглощающими свойствами; а также для расчета статических поправок.

При микросейсмокаротаже (МСК) изучение ЗМС производится путем регистрации на поверхности земли волн, возбуждаемых на разных глубинах во взрывной скважине. Для проведения МСК бурится скважина, забой которой на 20-25 м глубже подошвы ЗМС. Около устья скважины ставятся несколько (2-6) сейсмоприемников на расстояниях от 5 до 20 м от скважины, иногда по обе стороны от нее (по профилю). В скважину опускается зонд, на котором закреплены гирлянды электродетонаторов и производятся их поочередные взрывы на разных глубинах, начиная от забоя, через 2-6 м (рис. 4).

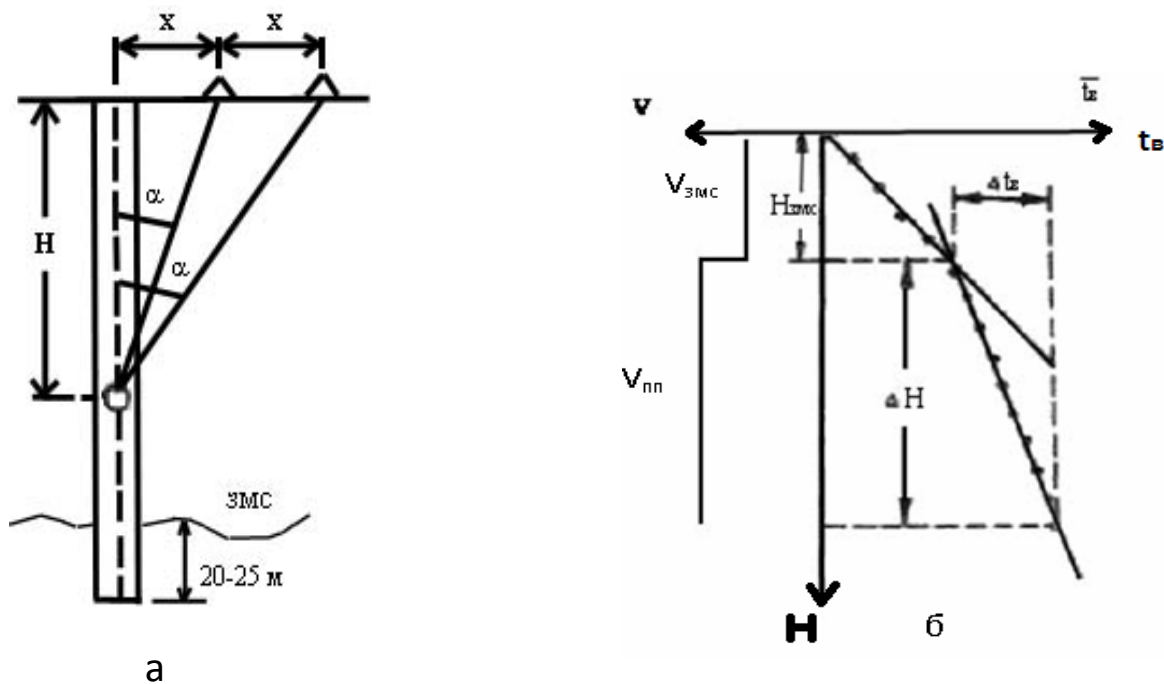


Рис. 4. Микросейсмокаротаж: а) методика проведения; б) вертикальный годограф

С сейсмосаписей МСК снимаются наблюдаемые времена t_H первых вступлений волн. Если есть сейсмоприемники, расположенные на равных расстояниях от скважины, по наблюдаемым временам находят вертикальные времена t_B по формуле:

$$t_B = t_H \cdot \cos \alpha = \frac{t_H \cdot H}{\sqrt{H^2 + x^2}}. \quad (12)$$

Найденные вертикальные времена усредняются для одних и тех же глубин H . Затем строится вертикальный годограф, который представлен отрезками прямых линий. По вертикальному годографу определяются пластовые скорости. Границы пластов находятся по изломам вертикального годографа, а подошва ЗМС определяется по резкому возрастанию скорости в коренных породах:

$$V_{пл} = \frac{\Delta H}{\Delta t_B}. \quad (13)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Находятся вертикальные времена по формуле (12).
2. Усредняются вертикальные времена для одних и тех же глубин H .
3. Строится вертикальный годограф.
4. Определяются мощности пластов (ЗМС, ЗПС) по изломам вертикального годографа.
5. Определяются пластовые скорости по формуле (13).
6. Результаты обработки заносятся в таблицу вычислений.

Таблица вычислений

$H,$ (м)	$t_{н2}$ (с)			$t_{с2}$ (с)			
	$x_1 = 0$ м	$x_2 = 10$ м	$x_3 = 20$ м	$x_1 = 0$ м	$x_2 = 10$ м	$x_3 = 20$ м	$t_{с,ср2}$ (с)

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

$H,$ м	Номер варианта								
	1			2			3		
	t_n (с)			t_n (с)			t_n (с)		
	$x_1 = 0$ м	$x_2 = 10$ м	$x_3 = 20$ м	$x_1 = 0$ м	$x_2 = 10$ м	$x_3 = 20$ м	$x_1 = 0$ м	$x_2 = 10$ м	$x_3 = 20$ м
3	0,015	0,012	0,010	0,008	0,011	0,008	0,010	0,014	0,012
6	0,020	0,015	0,012	0,010	0,013	0,011	0,012	0,020	0,015
9	0,025	0,021	0,016	0,013	0,015	0,014	0,016	0,024	0,021
12	0,034	0,025	0,021	0,016	0,021	0,016	0,020	0,032	0,026
15	0,039	0,033	0,024	0,020	0,025	0,021	0,024	0,039	0,027
18	0,047	0,032	0,028	0,023	0,028	0,022	0,026	0,047	0,028
21	0,054	0,034	0,033	0,027	0,030	0,024	0,027	0,054	0,030
24	0,061	0,036	0,038	0,031	0,031	0,025	0,028	0,061	0,032
27	0,063	0,037	0,039	0,035	0,032	0,026	0,030	0,064	0,033
30	0,063	0,038	0,041	0,036	0,033	0,027	0,031	0,064	0,034
33	0,065	0,039	0,042	0,038	0,035	0,029	0,033	0,066	0,036
36	0,067	0,041	0,043	0,039	0,036	0,031	0,035	0,068	0,037
39	0,068	0,043	0,045	0,040	0,037	0,031	0,036	0,070	0,038
42	0,070	0,044	0,046	0,041	0,039	0,033	0,038	0,070	0,041
45	0,071	0,046	0,048	0,043	0,041	0,035	0,040	0,072	0,042
48	0,073	0,047	0,049	0,044	0,042	0,036	0,041	0,073	0,044
51	0,074	0,049	0,051	0,046	0,044	0,037	0,043	0,075	0,046
54	0,076	0,051	0,053	0,047	0,046	0,039	0,045	0,077	0,047
57	0,077	0,052	0,054	0,049	0,047	0,040	0,046	0,078	0,049
60	0,079	0,054	0,056	0,051	0,048	0,041	0,048	0,080	0,051

$H, \text{ м}$	Номер варианта								
	4			5			6		
	$t_H (\text{с})$			$t_H (\text{с})$			$t_H (\text{с})$		
	$x_1 = 0 \text{ м}$	$x_2 = 10 \text{ м}$	$x_3 = 20 \text{ м}$	$x_1 = 0 \text{ м}$	$x_2 = 10 \text{ м}$	$x_3 = 20 \text{ м}$	$x_1 = 0 \text{ м}$	$x_2 = 10 \text{ м}$	$x_3 = 20 \text{ м}$
3	0,009	0,015	0,012	0,011	0,008	0,009	0,010	0,008	0,008
6	0,012	0,019	0,016	0,015	0,011	0,012	0,013	0,012	0,010
9	0,015	0,025	0,021	0,021	0,014	0,016	0,017	0,015	0,013
12	0,019	0,033	0,023	0,026	0,017	0,020	0,022	0,019	0,016
15	0,024	0,039	0,025	0,032	0,021	0,024	0,026	0,023	0,020
18	0,028	0,040	0,026	0,037	0,025	0,029	0,031	0,027	0,024
21	0,033	0,041	0,027	0,043	0,029	0,034	0,036	0,031	0,025
24	0,037	0,042	0,029	0,048	0,031	0,037	0,039	0,035	0,027
27	0,039	0,044	0,031	0,054	0,032	0,042	0,046	0,040	0,028
30	0,040	0,046	0,032	0,061	0,033	0,047	0,051	0,044	0,029
33	0,041	0,047	0,033	0,067	0,034	0,049	0,057	0,046	0,032
36	0,043	0,048	0,035	0,068	0,036	0,050	0,061	0,048	0,033
39	0,045	0,050	0,037	0,070	0,037	0,052	0,065	0,048	0,034
42	0,046	0,052	0,038	0,071	0,039	0,052	0,067	0,049	0,036
45	0,047	0,053	0,040	0,072	0,041	0,054	0,068	0,051	0,037
48	0,049	0,054	0,041	0,074	0,042	0,055	0,070	0,053	0,039
51	0,050	0,056	0,043	0,075	0,043	0,057	0,072	0,054	0,041
54	0,052	0,057	0,044	0,077	0,045	0,058	0,073	0,056	0,042
57	0,053	0,058	0,046	0,078	0,046	0,060	0,075	0,057	0,044
60	0,055	0,060	0,047	0,080	0,048	0,061	0,076	0,059	0,046

$H, \text{ м}$	Номер варианта								
	7			8			9		
	$t_H (\text{с})$			$t_H (\text{с})$			$t_H (\text{с})$		
	$x_1 = 0 \text{ м}$	$x_2 = 10 \text{ м}$	$x_3 = 20 \text{ м}$	$x_1 = 0 \text{ м}$	$x_2 = 10 \text{ м}$	$x_3 = 20 \text{ м}$	$x_1 = 0 \text{ м}$	$x_2 = 10 \text{ м}$	$x_3 = 20 \text{ м}$
3	0,012	0,014	0,011	0,008	0,009	0,008	0,010	0,013	0,010
6	0,016	0,020	0,013	0,010	0,013	0,011	0,014	0,017	0,014
9	0,021	0,025	0,017	0,013	0,016	0,015	0,018	0,024	0,016
12	0,026	0,034	0,022	0,017	0,023	0,018	0,023	0,027	0,022
15	0,032	0,039	0,026	0,020	0,026	0,022	0,029	0,035	0,026
18	0,037	0,046	0,031	0,021	0,031	0,023	0,035	0,041	0,031
21	0,043	0,054	0,035	0,023	0,035	0,024	0,039	0,048	0,035
24	0,049	0,061	0,042	0,024	0,041	0,026	0,041	0,053	0,041
27	0,051	0,068	0,045	0,025	0,046	0,027	0,046	0,061	0,046
30	0,052	0,076	0,051	0,027	0,052	0,028	0,048	0,068	0,052
33	0,054	0,082	0,056	0,028	0,053	0,029	0,049	0,074	0,056
36	0,055	0,085	0,060	0,029	0,054	0,031	0,051	0,076	0,060
39	0,057	0,087	0,067	0,031	0,055	0,033	0,052	0,078	0,067
42	0,059	0,088	0,071	0,032	0,056	0,033	0,053	0,080	0,070
45	0,060	0,090	0,074	0,034	0,057	0,035	0,055	0,080	0,075
48	0,060	0,090	0,077	0,035	0,059	0,037	0,056	0,082	0,076
51	0,062	0,092	0,078	0,036	0,061	0,039	0,058	0,083	0,078
54	0,064	0,094	0,080	0,038	0,063	0,040	0,059	0,084	0,080
57	0,065	0,096	0,081	0,039	0,063	0,041	0,061	0,087	0,081
60	0,067	0,097	0,083	0,041	0,066	0,043	0,062	0,088	0,083

H, м	Номер варианта								
	10			11			12		
	t _н (с)			t _н (с)			t _н (с)		
	x ₁ = 0 м	x ₂ = 10 м	x ₃ = 20 м	x ₁ = 0 м	x ₂ = 10 м	x ₃ = 20 м	x ₁ = 0 м	x ₂ = 10 м	x ₃ = 20 м
3	0,011	0,007	0,0009	0,009	0,012	0,007	0,011	0,010	0,008
6	0,013	0,010	0,012	0,012	0,014	0,010	0,015	0,013	0,012
9	0,017	0,014	0,015	0,016	0,018	0,014	0,021	0,016	0,016
12	0,022	0,015	0,021	0,017	0,025	0,017	0,025	0,022	0,016
15	0,026	0,016	0,023	0,024	0,030	0,021	0,032	0,027	0,022
18	0,031	0,018	0,028	0,026	0,034	0,025	0,037	0,031	0,027
21	0,036	0,020	0,034	0,028	0,039	0,029	0,044	0,035	0,029
24	0,040	0,020	0,038	0,028	0,045	0,032	0,044	0,042	0,030
27	0,047	0,022	0,042	0,030	0,050	0,035	0,055	0,046	0,030
30	0,051	0,023	0,047	0,031	0,056	0,036	0,062	0,051	0,033
33	0,056	0,026	0,050	0,032	0,058	0,038	0,068	0,056	0,034
36	0,058	0,027	0,055	0,034	0,059	0,040	0,073	0,058	0,036
39	0,059	0,028	0,061	0,036	0,061	0,041	0,079	0,059	0,038
42	0,062	0,030	0,062	0,037	0,062	0,042	0,085	0,060	0,040
45	0,062	0,031	0,063	0,038	0,064	0,044	0,090	0,062	0,041
48	0,063	0,033	0,066	0,040	0,065	0,044	0,092	0,063	0,042
51	0,066	0,035	0,065	0,041	0,067	0,046	0,093	0,065	0,042
54	0,067	0,036	0,068	0,043	0,067	0,048	0,095	0,067	0,046
57	0,069	0,038	0,070	0,045	0,071	0,050	0,097	0,068	0,048
60	0,071	0,040	0,070	0,046	0,072	0,052	0,099	0,070	0,049

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЧР МЕТОДОМ ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

Цель работы: ознакомление с методикой полевых наблюдений МПВ и освоение приемов обработки полученных материалов.

Участки для определения параметров верхней части разреза выбирают в различных поверхностных условиях площади, так как существует зависимость мощности и строения ЗМС от состава пород, выходящих на дневную поверхность, от рельефа дневной поверхности, наличия болот и прочих условий. Длина профилей МПВ выбирается в зависимости от предполагаемой мощности ЗМС, чтобы обеспечить прослеживание преломленной волны на расстоянии не менее половины базы приема. Для расчета используют соотношение:

$$L \geq 4h_{\text{эмс}} \sqrt{\frac{1 + \sin i}{1 - \sin i}}, \quad (14)$$

где L – длина базы приема;

$h_{\text{эмс}}$ – мощность ЗМС;

γ – критический угол, при котором образуется преломленная (головная) волна. Величина $\sin i$ определяется как отношение скорости в ЗМС к скорости в подстилающих породах.

Чаще всего длина базы составляет 200-220 м. Обычно при регистрации прямой и преломленной волны используются времена первых вступлений. Взрывы (поверхностные или из шурфов глубиной 0,5-1,5) производят на концах базы приема для получения системы встречных годографов. Сейсмоприемники располагают неравномерно, с интервалом 5 м вблизи пунктов взрыва (ПВ), чтобы уверенно проследить прямые волны, распространяющиеся в ЗМС, и с интервалом 10 м на центральном участке базы, где регистрируются преломленные волны от подошвы ЗМС или ЗПС. При использовании 24-канальной сейсмической станции и длине базы приема 200 м пять приемников от ПВ₁ и ПВ₂ устанавливаются через 5 м друг от друга, остальные через 10 м. При 26-канальной регистрации с шагом 5 м устанавливаются по 7 приборов.

При изучении ЗМС обработка материалов производится способом встречных годографов (рис. 5). Наблюдаемые годографы прямой и преломленной волны усредняются отрезками прямых, причем годографы преломленных волн должны пересекать оси времен во взаимных точках $T_{взм}$.

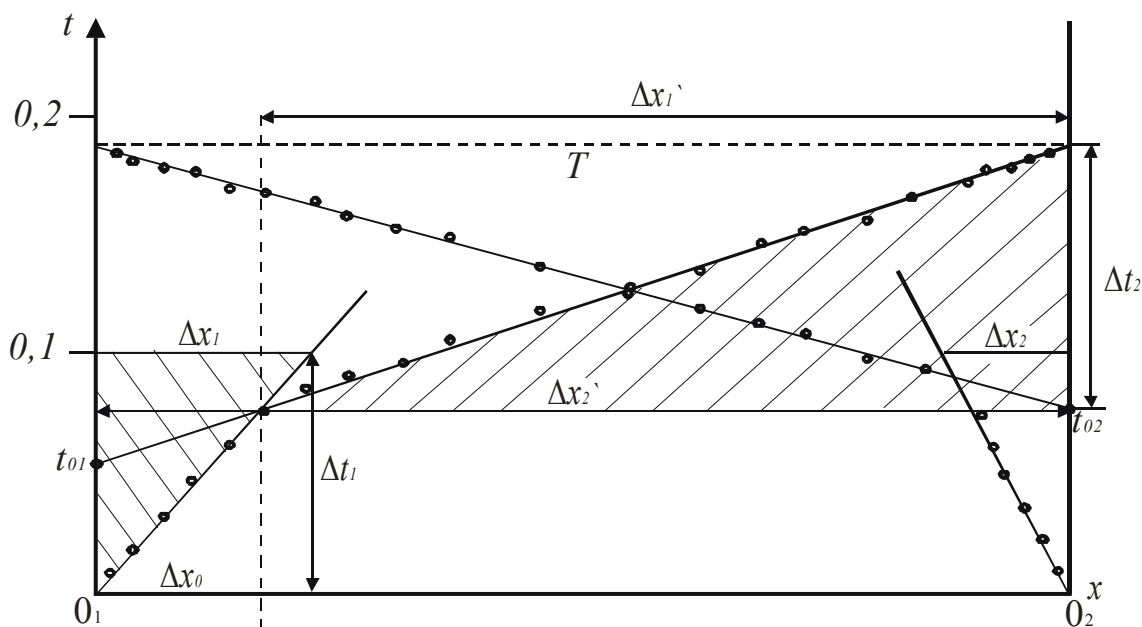


Рис. 5. Система встречных годографов

Порядок определения параметров разреза следующий:

1. По угловым коэффициентам годографов прямых волн определяются скорости в ЗМС: $V_{змс1} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$, $V_{змс2} = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}$, где Δt_1 и Δt_2 для простоты расчетов выбираются равными 0,1 с. Для дальнейших расчетов за $V_{змс}$ принимается среднеарифметическое значение $V_{змс} = \frac{V_{змс1} + V_{змс2}}{2}$.

2. По угловым коэффициентам годографов преломленных волн определяются скорости в подстилающей среде: $V_{nn1} = \frac{\Delta x_1'}{\Delta t_1}$, $V_{nn2} = \frac{\Delta x_2'}{\Delta t_2}$, где Δt_1 и Δt_2

для простоты расчетов выбираются также равными 0,1 с. Если скорости по годографам различаются, их нужно усреднить: $V_{nn} = \frac{V_{nn1} + V_{nn2}}{2}$.

3. По формуле $\sin i = \frac{V_{змс}}{V_{nn}}$ определяется критический угол i .

4. По отрезкам t_{01} и t_{02} , отсекаемым продолжениями годографов преломленных волн на осях времен, проведенных из соответствующих пунктов взрыва, вычисляются значения эхо-глубин $h_{змс1}$ и $h_{змс2}$ до преломляющей границы:

$$h_{змс1} = \frac{V_{змс} t_{01}}{2 \cos i}, \quad h_{змс2} = \frac{V_{змс} t_{02}}{2 \cos i}. \quad (15).$$

Поскольку скорости $V_{змс}$ и V_{nn} постоянны, эхо-глубина пропорциональна t_0 и $h = kt_0$, где $k = \frac{V_{змс}}{2 \cos i}$.

Бывает, что на годографах первых вступлений прослеживается не одна, а две ветви с пониженными скоростями, соответствующие ЗМС и ЗПС. В таких случаях пользуются одним из двух приемов обработки: либо рассчитывают трехслойную среду ($V_{змс}$, $V_{знс}$, V_{nn} , $h_{змс}$, $h_{знс}$), либо определяют общую мощность ЗМС и ЗПС и общую скорость в ней. В практике работ используют преимущественно второй прием. Как показывают вычисления, точность его для практических целей достаточна. Прием сводится к тому, что за скорость $V_{змс}$ принимается такое значение, которое соответствует угловому коэффициенту прямой, соединяющей начало координат (ПВ) с точкой излома годографа преломленной волны. Дальнейшая обработка данных производится по описанной выше схеме.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. С сейсмограмм с записями МПВ снимают времена первых вступлений прямой и отраженной волн с учетом поправки за момент взрыва.

2. Строят годографы первых вступлений в масштабах: горизонтальном 1 см-10 м, вертикальном 1 см-0,02 с.

3. Годографы усредняют отрезками прямых линий: исходящие из пунктов взрыва – годографы прямой волны, более пологие – годографы преломленной волны, которые должны быть увязаны во взаимных точках.

4. Годографы преломленной волны продолжают до пунктов взрыва, из которых они получены, и определяют t_{01} и t_{02} .

5. По угловым коэффициентам годографов прямой волны определяют $V_{змс1}$, $V_{змс2}$ и рассчитывают среднеарифметическое значение скорости в ЗМС.

6. По годографам преломленной волны определяют скорость в подстилающих породах V_{nn1} , V_{nn2} и рассчитывают среднеарифметическое значение V_{nn} .

7. Вычисляют коэффициент пропорциональности (k) для пересчета t_{01} и t_{02} в эхо-глубины $h_{змс1}$ и $h_{змс2}$.

8. Строят преломляющую границу ЗМС под годографами: из каждого ПВ проводят вниз дугу окружности радиуса, равного соответствующей эхо-глубине, проводят общую касательную к элементам окружностей.

ОТЧЕТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: выполненное задание представляется на защиту в виде построений, выполненных на миллиметровой бумаге в указанных масштабах. На том же листе должны быть выписаны формулы и результаты расчетов.

Лабораторная работа №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ПОПРАВОК

Цель работы: приобретение навыков вычисления статических поправок.

Резкие изменения рельефа дневной поверхности, мощности ВЧР, включая зоны малых и пониженных скоростей, а также их скоростную характеристику, приводит к тому, что времена выхода отраженных волн резко изменяются. В этом случае оси синфазности отраженных волн на сейсмограммах и временных разрезах будут искажены, в результате прослеживание полезных волн становится затруднительным. Повысить качество таких сейсмических записей возможно только путем введения специально рассчитанных компенсирующих временных сдвигов – *статических поправок*. На первом этапе определяют и вводят так называемые *предварительные (априорные) статические поправки*. На втором этапе обработки проводят *коррекцию (уточнение) статических поправок* и затем ввод окончательных статических поправок в наблюдаемые времена. Статическая поправка постоянна при неизменном положении пунктов возбуждения и приема на линии профиля.

Перед расчетом статических поправок выбирается единая горизонтальная плоскость – *плоскость (линия) приведения*. При вычислении статических поправок предполагается, что в ВЧР волны распространяются по вертикали, поэтому линию приведения следует выбирать вблизи подошвы ЗМС, так как при этом погрешности определения поправок оказываются минимальными, ибо упругие волны в зоне распространяются с небольшим отклонением от вертикали. Для крупных регионов линия приведения выбирается на едином уровне, чтобы обеспечить взаимную сопоставимость структурных карт и глубинных разрезов, построенных по сейсмическим наблюдениям разных лет. Для Тимано-Печорской провинции линия приведения соответствует уровню +100 м, в отдельных случаях +50 м.

Статическая поправка состоит из суммы двух поправок: *за пункт взрыва (возбуждения) – $\Delta t_{нс}$ и пункт приема – $\Delta t_{пн}$* . Поправка за пункт взрыва (возбуждения) соответствует времени пробега волны от источника до линии приведения. Поправка за пункт приема – времени пробега волны от линии приведения до приемника, расположенного на дневной поверхности.

Наиболее часто встречаются *три варианта* расположения пунктов возбуждения. *Первый*, наиболее распространенный, вариант – возбуждение упругих волн производится из скважин, глубина которых превышает мощность ЗМС. При этом допускается, что заряд может находиться как выше, так и ниже линии приведения (рис. 6).

Поправка за пункт взрыва (возбуждения) на пикете с номером i определяется, как это следует из рисунка, по формуле:

$$\Delta t_{nb(i)} = \frac{\Delta h_{nb(i)}}{V_{nn(i)}}, \quad (16)$$

где $\Delta h_{nb(i)}$ – расстояние от точки взрыва до линии приведения;

$V_{nn(i)}$ – скорость упругих волн в подстилающем слое.

Аналогичная формула используется при расчете поправки за пункт взрыва для пикета с номером j , но значение $\Delta h_{nb(j)}$ берется с отрицательным знаком, а значит, и поправка $\Delta t_{nb(j)}$ отрицательная.

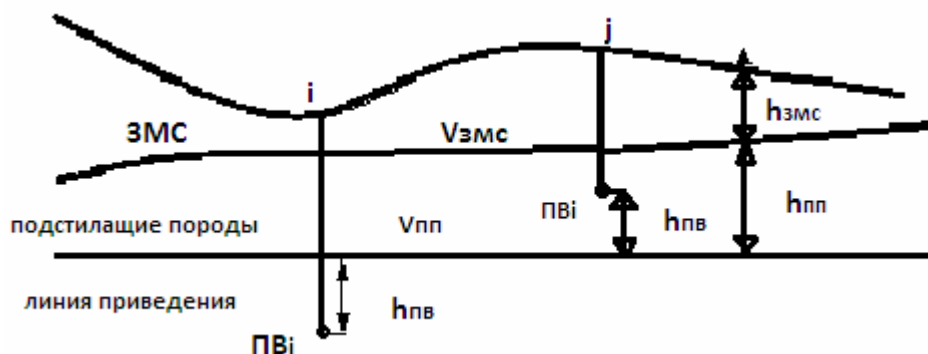


Рис. 6. Двухслойный разрез ВЧР, пункты возбуждения под ЗМС:
 $ПВ_i$ – под линией приведения; $ПВ_j$ – над линией приведения

Поправка за пункт приема выражается временем пробега отраженной волны по вертикали от линии приведения до дневной поверхности (сейсмоприемника):

$$\Delta t_{nn} = \frac{\Delta h_{nn}}{V_{nn}} + \frac{\Delta h_{ЗМС}}{V_{ЗМС}}, \quad (17)$$

где Δh_{nn} и $\Delta h_{ЗМС}$ – соответственно мощность подстилающих пород до линии приведения и мощность ЗМС;

V_{nn} и $V_{ЗМС}$ – скорости распространения волны в подстилающих породах и в ЗМС. Как правило, пункты приема расположены над линией приведения, значит, поправка Δt_{nn} имеет отрицательный знак.

Итоговая расчетная величина статической поправки зависит от методики работ. Она будет равна сумме двух вышеприведенных компонент, взятых для пикетов взрыва и приема, которые соответствуют положению (по оси X) общей глубинной точки (ОГТ).

$$\Delta t_{cm} = \frac{\Delta h_{nb}}{V_{nn}} + \frac{\Delta h_{nn}}{V_{nn}} + \frac{\Delta h_{ЗМС}}{V_{ЗМС}}. \quad (18)$$

Первое слагаемое в приведенной формуле является поправкой за условный перенос реального источника с глубины взрывной скважины на плоскость приведения, а два последних слагаемых – поправка за перенос пункта приема с дневной поверхности на плоскость приведения.

Второй типичный случай – возбуждение (используются невзрывные источники), и прием упругих волн осуществляются на поверхности земли (рис. 7).

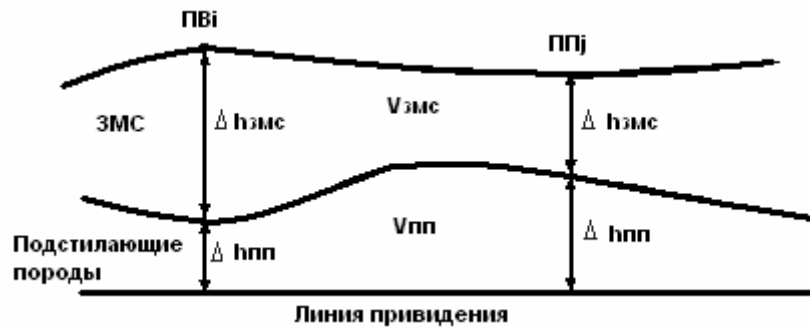


Рис. 7. Двухслойный разрез ВЧР, пункты возбуждения и приема на поверхности земли

В этом случае поправки за пункт возбуждения и приема будут рассчитываться по одинаковым формулам, а общая суммарная статическая поправка равна:

$$\Delta t_{cm} = \left(\frac{\Delta h_{змс(i)}}{V_{змс(i)}} + \frac{\Delta h_{пп(i)}}{V_{пп(i)}} \right) + \left(\frac{\Delta h_{змс(j)}}{V_{змс(j)}} + \frac{\Delta h_{пп(j)}}{V_{пп(j)}} \right), \quad (19)$$

где $\Delta h_{змс}$ – мощность ЗМС в точках возбуждения (i) и приема (j);
 $\Delta h_{пп}$ – расстояние от подошвы ЗМС до линии приведения.

Более сложным является последний, *третий* случай, когда разрез ВЧР представлен зоной малых скоростей, зоной промежуточных скоростей (ЗПС) и подстилающими породами до линии приведения (рис. 8).

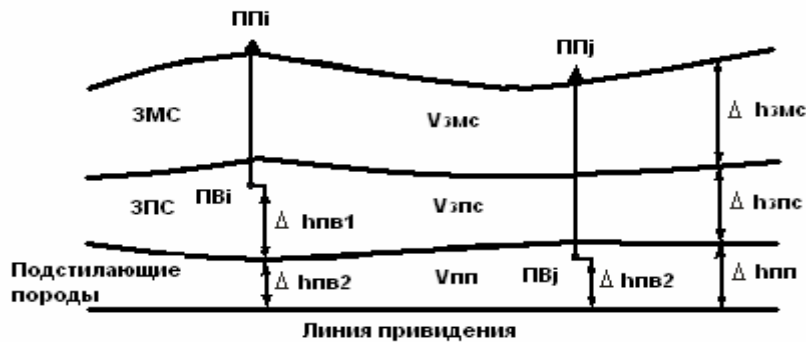


Рис. 8. Трехслойный разрез ВЧР

В этом случае поправки за пункт взрыва и пункт приема определяются (при взрывном способе возбуждения) следующим образом:

$$\Delta t_{нв(i)} = \frac{\Delta h_{нв1}}{V_{зпс}} + \frac{\Delta h_{нв2}}{V_{пп}}, \quad \Delta t_{нв(j)} = \frac{\Delta h_{нв2}}{V_{пп}}, \quad (20)$$

$$\Delta t_{пп(i,j)} = \frac{\Delta h_{змс}}{V_{змс}} + \frac{\Delta h_{зпс}}{V_{зпс}} + \frac{\Delta h_{пп}}{V_{пп}}. \quad (21)$$

Общая статическая поправка определяется как сумма поправок за ПВ и ПП с учетом их знаков:

$$\Delta t_{cm} = \Delta t_{нв} + \Delta t_{пп}. \quad (22)$$

Для получения значений априорных статических поправок необходимо знание нивелировочного разреза профиля наблюдений и значения скоростей распространения упругих волн в верхней части разреза.

Расчетные статические поправки всегда являются лишь приблизительной оценкой истинного значения поправки и отличаются от них присутствием погрешностей в используемых данных (высот, скоростей и мощностей слоев, слагающих ВЧР). Поэтому после ввода априорных (предварительных) поправок остается некоторый остаточный сдвиг $\Delta\theta_{cm}$, выявление и устранение которого является задачей второго этапа ввода статических поправок – *этапа коррекции (уточнения)* Δt_{cm} . Остаточный сдвиг обычно принято представлять суммой *низкочастотной* $\Delta\theta'_{cm}$ и *высокочастотной* $\Delta\theta''_{cm}$ компонент:

$$\Delta\theta_{cm} = \Delta\theta'_{cm} + \Delta\theta''_{cm}. \quad (23)$$

Высокочастотная (случайная) составляющая погрешности имеет знакопеременный характер и может рассматриваться как результат влияния случайных погрешностей в исходных данных. Низкочастотная компонента является результатом недостаточно полных сведений о строении ВЧР. В процессе автоматизированной обработки применяется довольно много способов коррекции статических поправок. Они отличаются друг от друга степенью помехоустойчивости, трудоемкости, затратами машинного времени, областью применимости и др.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для выполнения работы используется нивелировочный разрез с вынесенными на него сведениями о ВЧР: положение подошвы ЗМС, если присутствует ЗПС, и их скоростная характеристика.

2. Выбирается линия приведения.

3. Вычисляются поправки за пункт взрыва и пункт приема.

4. Вычисляется суммарная статическая поправка.

5. Под нивелировочным разрезом ВЧР строятся графики поправок Δt_{nv} , Δt_{nn} и Δt_{cm} .

Построения выполняются в масштабе:

- для нивелировочного разреза – в 1 см-10 м (вертикальный) и в 1 см-100 м (горизонтальный);

- для графиков поправок – в 1 см-0,01 с (вертикальный) и 1 см-100 м (горизонтальный).

Лабораторная работа №5

ОБРАБОТКА ДАННЫХ СЕЙСМОКАРОТАЖА

Цель работы: ознакомление с методикой проведения и обработки данных сейсмокаротажа.

I. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМОКАРОТАЖА

Наблюдения в скважинах при сейсмокаротаже ведутся, как правило, по следующей технологии. В каротируемую скважину на забой опускается скважинный сейсмоприемник в специальном корпусе или сейсмокаротажный зонд из шести сейсмоприемников (рис. 9). Скважинный сейсмоприемник (зонд) перемещается по стволу скважины (H) с шагом от 10 до 100 м (в зависимости от строения разреза и задач исследования). При каждом перемещении нижний сейсмоприемник зонда становится на место верхнего. Возбуждение волн производится из одного или двух пунктов возбуждения (ПВ), расположенных во взрывных скважинах, глубина (h) которых превышает мощность ЗМС. Скважинный сейсмоприемник регистрирует время первых вступлений прямой проходящей волны (t_n).

Использование нескольких ПВ имеет целью:

- более обоснованно судить о скоростной неоднородности разреза;
- избежать влияния на результаты определения скоростей кабельных и трубных волн, которые регистрируются в первых вступлениях на разных интервалах глубин, в зависимости от удаления ПВ.

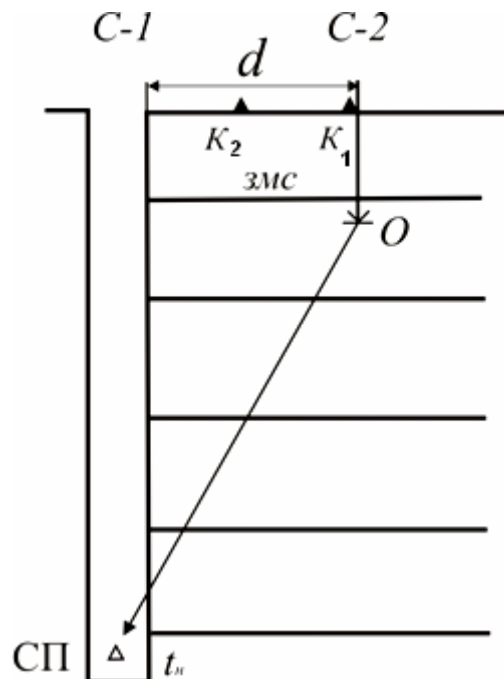


Рис. 9. Методика проведения работ:

СП – сейсмоприемник; O – источник; K_1 , K_2 – контрольные сейсмоприемники;

C-1, C-2 – каротируемая и взрывная скважины;

d – расстояние между взрывной и каротируемой скважинами

Ближний ПВ (основной) располагается на удалении (d) нескольких десятков метров от устья каротируемой скважины, а дальний – на 200-400 м от нее. Основные работы ведутся с ближнего пункта, а с дальнего выполняются записи для контроля через несколько стоянок сейсмоприемника или скважинного зонда. Если в первых вступлениях регистрируются волны-помехи, то переходят на регистрацию с дальнего ПВ, пока не будет пройден интервал первых вступлений трубных, кабельных или преломленных волн.

Контрольные сейсмоприемники, установленные на дневной поверхности, предназначены для исключения погрешностей, связанных с непостоянством условий возбуждения. Первый контрольный сейсмоприемник (κ_1) расположен вблизи устья взрывной скважины и регистрирует время пробега волны вдоль ствола ($t_{\kappa 1}$). Второй (κ_2) устанавливается между каротируемой и взрывной скважинами на таком удалении, чтобы небольшие изменения глубины взрыва не сказывались на величине времени пробега к нему прямой волны ($t_{\kappa 2}$). Постоянство $t_{\kappa 2}$ от взрыва к взрыву, т. о., объясняется только погрешностью отметки момента взрыва. На величину $t_{\kappa 1}$ влияют глубина и момент взрыва.

II. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СЕЙСМОКАРОТАЖА

В процессе обработки данных сейсмокаротажа условия первого взрыва принимают за исходные, а время $t_{\kappa 1}^*$ и $t_{\kappa 2}^*$, соответствующие ему, считаются лишенными погрешности. Затем находят разности

$$\Delta t_{\kappa 1} = (t_{\kappa 1})_i - t_{\kappa 1}^* \text{ и } \Delta t_{\kappa 2} = (t_{\kappa 2})_i - t_{\kappa 2}^*, \quad (24)$$

где $(t_{\kappa 1})_i$, $(t_{\kappa 2})_i$ – времена прихода волны к контрольным сейсмоприемникам при расположении скважинного зонда на глубине H_i ;

$t_{\kappa 1}^*$, $t_{\kappa 2}^*$ – времена прихода волны к контрольным сейсмоприемникам при первом взрыве ($H = H_{\max}$).

Очевидно, что:

$$\Delta t_{\kappa 1} = \Delta t_h + \Delta t_m, \quad (25)$$

где Δt_h и Δt_m – поправки за глубину и момент взрыва, причем $\Delta t_m = \Delta t_{\kappa 2}$.

Из выражения (25) следует:

$$\Delta t_h = \Delta t_{\kappa 1} - \Delta t_{\kappa 2}. \quad (26)$$

После определения поправок рассчитываются исправленные времена (t_{ucn}), лишенные погрешностей за отметку момента и глубину взрыва:

$$t_{ucn} = t_n + \Delta t_m - \Delta t_h. \quad (27).$$

Поправки Δt_h и Δt_m вводят со своими знаками.

По техническим условиям взрывные скважины располагают на некотором удалении (d) от устья каротируемой скважины. Поэтому при каротаже фиксируется время пробега по наклонным лучам. В связи с этим следующим этапом обработки является приведение исправленного времени к вертикали. При вычислении вертикальных времен предполагают, что скорости распространения волн одинаковы, а лучи прямолинейны.

Тогда:

$$t_v = t_{ucn} \cdot \cos \alpha = t_{ucn} \cdot \frac{H - h}{\sqrt{(H - h)^2 + d^2}}, \quad (28)$$

где φ – угол между наклонным сейсмическим лучом и вертикалью;
 H – глубина погружения сейсмоприемника;
 h – глубина взрывной скважины;
 d – расстояние между каротируемой и взрывной скважинами.

По найденным вертикальным временам определяют среднюю скорость для каждой глубины H с шагом 50 или 100 м:

$$V_{cp} = \frac{H}{t_g}. \quad (29)$$

Далее строится график зависимости $t_g(H)$, который называется вертикальным годографом (рис. 10). Для определения пластовых скоростей вертикальный годограф усредняется ломаной линией таким образом, чтобы каждому ее отрезку соответствовало не менее 4-6 вертикальных времен. Точки излома вертикального годографа соответствуют границам пластов. Пластовая скорость определяется как отношение мощности пласта ΔH к приращению времени Δt_g на соответствующем прямолинейном участке вертикального годографа:

$$V_{пл} = \frac{\Delta H}{\Delta t_g}. \quad (30)$$

Результаты обработки представляются на одном графике (рис. 10). Ось глубин направлена вертикально вниз, ось времен – вправо, а ось скоростей – влево. График скоростей представляет собой плавно меняющуюся зависимость, график пластовых скоростей – «ступенчатую» линию, изломы которой соответствуют границам пластов.

Данный прием обработки позволяет лишь грубо расчленить весь разрез на несколько крупных пластов и дает приближенное представление об истинном сейсмическом разрезе. Как правило, из поля зрения выпадают тонкие пласты и пропластки.

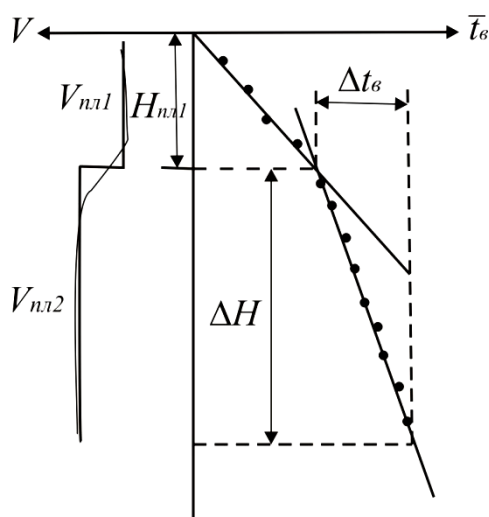


Рис. 10. Результат обработки данных сейсмокаротажа

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. В соответствии с вариантом выбираются исходные данные из таблицы.
2. По формулам (24, 26) вычисляются поправки за момент взрыва Δt_m и глубину взрывной скважины Δt_h .

3. С учетом поправок по формуле (27) рассчитываются исправленные времена $t_{исп}$.
4. По формуле (28) вычисляются вертикальные времена t_v и строится вертикальный годограф $t_v = \dot{t}(H)$.
5. Рассчитываются средние скорости по формуле (29).
6. Вертикальный годограф усредняется ломаной линией.
7. Рассчитываются пластовые скорости по формуле (30).
8. Строятся графики средних и пластовых скоростей справа от вертикального годографа (рис. 10).
9. В процессе вычислений результаты заносятся в таблицу.

Таблица

$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_n, \text{ с}$	$t_{к1}, \text{ с}$	$t_{к2}, \text{ с}$	$\Delta t_{к1}, \text{ с}$	$\Delta t_{к2}, \text{ с}$	$\Delta t_h, \text{ с}$	$t_{исп}, \text{ с}$	$t_v, \text{ с}$	$V_{ср}, \text{ м/с}$

ОТЧЕТНОСТЬ

При защите лабораторной работы студенты представляют:

- а) заполненную таблицу результатов вычислений;
- б) вертикальный годограф, графики средних и пластовых скоростей (все построения должны быть выполнены на листе миллиметровой бумаги).

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СЕЙСМОКАРОТАЖА

Вариант 1

$d = 400 \text{ м}$

№п/п	$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_n, \text{ с}$	$t_{к1}, \text{ с}$	$t_{к2}, \text{ с}$
1	200	12	0,268	0,228	0,267
2	250	13	0,275	0,228	0,265
3	300	20	0,283	0,229	0,267
4	350	23	0,288	0,230	0,265
5	400	22	0,291	0,216	0,258
6	450	23	0,304	0,217	0,260
7	500	20	0,311	0,214	0,256
8	550	25	0,328	0,216	0,257
9	600	25	0,339	0,215	0,257
10	650	25	0,356	0,216	0,259
11	700	25	0,365	0,213	0,255
12	750	25	0,386	0,218	0,261
13	800	25	0,400	0,217	0,258
14	850	25	0,414	0,218	0,259
15	900	25	0,427	0,212	0,255
16	950	25	0,444	0,216	0,260
17	1000	25	0,465	0,221	0,264
18	1050	25	0,480	0,221	0,262

Вариант 2

$d = 400$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	200	12	0,240	0,258	0,271
2.	250	12	0,246	0,259	0,271
3.	300	12	0,251	0,259	0,271
4.	350	12	0,265	0,263	0,274
5.	400	12	0,277	0,261	0,275
6.	450	12	0,287	0,261	0,273
7.	500	12	0,298	0,257	0,270
8.	550	12	0,312	0,258	0,272
9.	600	12	0,328	0,259	0,274
10.	650	12	0,344	0,259	0,272
11.	700	12	0,359	0,260	0,274
12.	750	12	0,373	0,257	0,271
13.	800	12	0,382	0,260	0,273
14.	900	12	0,428	0,261	0,275
15.	1000	12	0,459	0,259	0,273
16.	1100	17	0,484	0,259	0,274
17.	1200	25	0,507	0,262	0,277

Вариант 3

$d = 420$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	50	25	0,265	0,190	0,231
2.	100	25	0,270	0,182	0,225
3.	200	23	0,279	0,184	0,225
4.	300	27	0,282	0,182	0,226
5.	400	27	0,295	0,180	0,223
6.	500	27	0,325	0,185	0,229
7.	550	27	0,336	0,184	0,226
8.	600	27	0,351	0,186	0,229
9.	700	27	0,381	0,189	0,231
10.	800	27	0,412	0,181	0,224
11.	900	27	0,445	0,183	0,225
12.	1000	27	0,478	0,184	0,227
13.	1100	27	0,511	0,181	0,225
14.	1200	27	0,546	0,183	0,225
15.	1250	27	0,565	0,186	0,227
16.	1300	27	0,577	0,187	0,228

Вариант 4

$d = 420$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	200	24	0,279	0,184	0,225
2.	300	28	0,282	0,182	0,226
3.	400	24	0,295	0,180	0,223
4.	500	28	0,325	0,185	0,229
5.	600	28	0,351	0,186	0,229
6.	700	28	0,381	0,189	0,231
7.	800	28	0,412	0,181	0,224
8.	900	28	0,445	0,183	0,225
9.	1000	28	0,478	0,184	0,227
10.	1100	27	0,511	0,181	0,225
11.	1200	27	0,545	0,183	0,225
12.	1250	27	0,565	0,186	0,227
13.	1300	26	0,577	0,187	0,228
14.	1350	28	0,592	0,181	0,223
15.	1400	28	0,610	0,185	0,228
16.	1425	28	0,613	0,182	0,223

Вариант 5

$d = 70$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	50	24	0,059	0,028	0,060
2.	100	25	0,075	0,028	0,061
3.	200	26	0,115	0,029	0,060
4.	300	26	0,166	0,030	0,061
5.	400	28	0,211	0,029	0,060
6.	500	28	0,256	0,031	0,062
7.	550	28	0,274	0,029	0,060
8.	600	28	0,293	0,030	0,060
9.	700	28	0,326	0,031	0,060
10.	800	28	0,369	0,033	0,062
11.	900	28	0,410	0,030	0,061
12.	1000	28	0,447	0,033	0,063
13.	1100	28	0,481	0,029	0,060
14.	1200	28	0,520	0,030	0,061
15.	1300	28	0,556	0,033	0,062
16.	1400	28	0,586	0,030	0,060
17.	1425	28	0,599	0,031	0,060

Вариант 6 $d = 380$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	200	12	0,263	0,223	0,262
2.	250	13	0,270	0,223	0,260
3.	300	20	0,278	0,224	0,262
4.	350	23	0,283	0,225	0,260
5.	400	22	0,286	0,211	0,253
6.	450	23	0,300	0,212	0,255
7.	500	20	0,306	0,209	0,251
8.	550	25	0,323	0,211	0,252
9.	600	25	0,334	0,210	0,252
10.	650	25	0,351	0,211	0,254
11.	700	25	0,360	0,208	0,250
12.	750	25	0,381	0,213	0,256
13.	800	25	0,395	0,212	0,253
14.	850	25	0,409	0,213	0,254
15.	900	25	0,422	0,207	0,250
16.	950	25	0,439	0,211	0,255
17.	1000	25	0,460	0,216	0,259

Вариант 7 $d = 320$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	50	25	0,255	0,180	0,221
2.	100	25	0,260	0,172	0,215
3.	200	23	0,269	0,174	0,215
4.	300	27	0,272	0,172	0,216
5.	400	27	0,285	0,170	0,213
6.	500	27	0,315	0,175	0,219
7.	550	27	0,326	0,174	0,216
8.	600	27	0,341	0,176	0,219
9.	700	27	0,371	0,179	0,221
10.	800	27	0,402	0,171	0,214
11.	900	27	0,435	0,173	0,215
12.	1000	27	0,468	0,174	0,217
13.	1100	27	0,501	0,171	0,215
14.	1200	27	0,536	0,173	0,215
15.	1250	27	0,555	0,176	0,217
16.	1300	27	0,567	0,177	0,218

Вариант 8

$d = 400$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	200	22	0,245	0,258	0,271
2.	250	22	0,251	0,259	0,271
3.	300	22	0,256	0,259	0,271
4.	350	22	0,270	0,263	0,274
5.	400	22	0,282	0,261	0,275
6.	450	22	0,292	0,261	0,273
7.	500	22	0,303	0,257	0,270
8.	550	22	0,317	0,258	0,272
9.	600	22	0,333	0,259	0,274
10.	650	22	0,349	0,259	0,272
11.	700	22	0,364	0,260	0,274
12.	750	22	0,378	0,257	0,271
13.	800	22	0,387	0,260	0,273
14.	900	22	0,433	0,261	0,275
15.	1000	22	0,464	0,259	0,273
16.	1100	27	0,489	0,259	0,274
17.	1200	30	0,512	0,262	0,277

Вариант 9

$d = 70$ м

№п/п	H , м	h , м	t_H , с	$t_{к1}$, с	$t_{к2}$, с
1.	150	25	0,091	0,024	0,058
2.	200	25	0,111	0,021	0,057
3.	250	25	0,129	0,021	0,055
4.	300	25	0,150	0,025	0,056
5.	350	25	0,173	0,027	0,059
6.	400	25	0,191	0,026	0,061
7.	450	25	0,209	0,025	0,059
8.	500	25	0,230	0,025	0,053
9.	550	25	0,248	0,022	0,058
10.	600	25	0,270	0,024	0,058
11.	700	25	0,312	0,030	0,061
12.	800	25	0,348	0,025	0,058
13.	900	25	0,385	0,029	0,060
14.	1000	25	0,419	0,024	0,057
15.	1100	25	0,446	0,022	0,058
16.	1200	25	0,474	0,025	0,058
17.	1300	25	0,504	0,025	0,056

Вариант 10

$d = 80 \text{ м}$

№п/п	$H, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$t_H, \text{ с}$	$t_{к1}, \text{ с}$	$t_{к2}, \text{ с}$
1.	100	25	0,086	0,024	0,050
2.	200	25	0,111	0,021	0,044
3.	300	25	0,124	0,023	0,048
4.	400	25	0,150	0,025	0,052
5.	500	25	0,168	0,027	0,056
6.	600	25	0,180	0,026	0,054
7.	700	25	0,191	0,024	0,050
8.	800	25	0,204	0,025	0,052
9.	900	25	0,215	0,022	0,046
10.	1000	25	0,230	0,024	0,050
11.	1100	25	0,244	0,030	0,062
12.	1150	25	0,256	0,026	0,054
13.	1200	25	0,270	0,029	0,060
14.	1250	25	0,311	0,028	0,058
15.	1300	25	0,349	0,025	0,052
16.	1350	25	0,387	0,026	0,054
17.	1400	25	0,420	0,026	0,054

Лабораторная работа № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СКОРОСТЕЙ СПОСОБОМ РАЗНОСТНОГО ГОДОГРАФА

Для определения эффективной скорости этим способом используются встречные годографы отраженной волны. Скорость определяется по угловому коэффициенту разностного годографа:

$$\theta(x) = t_1(x) - t_2(x).$$

Здесь $t_1(x)$ – прямой годограф для пункта возбуждения O_1 (1, рис. 10а):

$$t_1(x) = \frac{1}{v} \sqrt{x^2 + 4h_1^2} - 4h_1 x \sin \varphi, \quad (30)$$

$t_2(x)$ – встречный годограф (2, рис. 10а) для пункта возбуждения O_2 , отстоящего от пункта O_1 на расстоянии L , записанный в той же системе координат, что и прямой годограф:

$$t_2(x) = \frac{1}{v} \sqrt{(x - L)^2 + 4h_2^2} - 4h_2(x - L) \sin \varphi. \quad (31)$$

В этих выражениях годографов h_1 и h_2 – эхо-глубина границы под пунктами возбуждения, связанные между собой соотношением:

$$h_2 = h_1 - L \sin \varphi.$$

(Во всех выражениях φ – угол наклона границы).

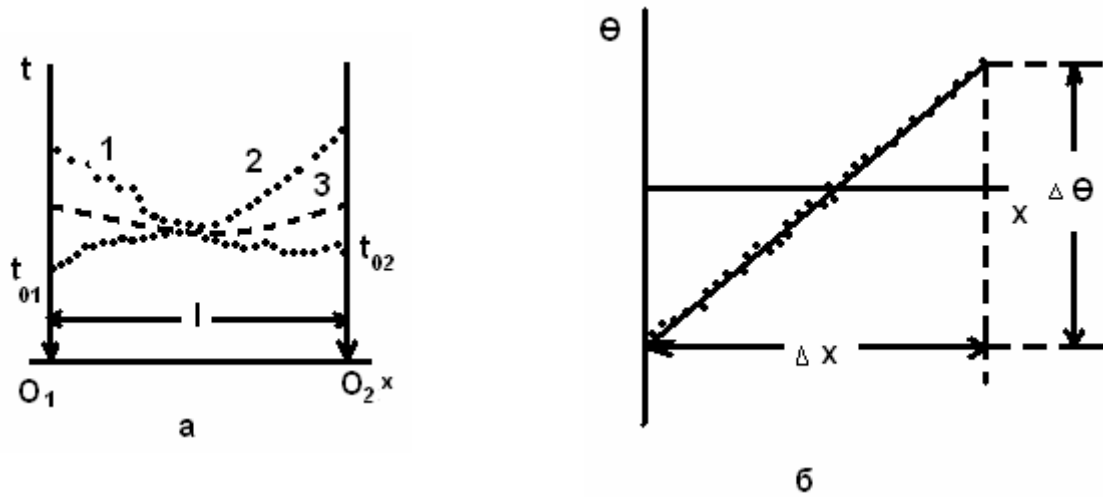


Рис. 10.

а – исходные встречные годографы с нанесенной линией средних арифметических времен $\phi(x)$; б – разностный годограф

На пунктах возбуждения времена равны: для прямого годографа $t_{01} = \frac{2h_1}{v}$, для встречного годографа $t_{02} = \frac{2h_2}{v}$.

Разностный годограф можно описать уравнением

$$\theta(x) = \left(\frac{l}{V^2 \tau(x)} - \frac{(t_{01} - t_{02})^2}{2l \tau(x)} \right) x - \frac{l^2(1 - 4 \sin \varphi)}{2 \tau(x)}, \quad (32)$$

Здесь $\tau(x)$ – среднее арифметическое для прямого и встречного годографов:

$$\tau(x) = \frac{t_1(x) + t_2(x)}{2}, \quad (33)$$

На рис. 10а построены прямые (1) и встречные (2) годографы, разностный годограф (рис. 10б) и линия средних арифметических времен (3, рис. 10а) годографов для плоской границы раздела. Как видно из рис. 10, среднее арифметическое $\tau(x)$ (рис. 10а) изменяется слабо (что справедливо для расстояния между ПВ меньшего, чем эхо-глубины границы). Поэтому приближенно можно считать, что

$$\tau(x) \approx \text{const} = \tau_{\text{cp}} = \frac{\tau_{\text{min}} + \tau_{\text{max}}}{2}, \quad (34)$$

т. е. принять его за константу, равную среднему значению $\tau(x)$ на интервале наблюдения.

При таком подходе разностный годограф описывается уравнением прямой линии:

$$\theta(x) = k_\theta x + c. \quad (35)$$

Угловой коэффициент этой линии равен:

$$k_\theta = \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta x} \right) = \frac{l}{V^2 \tau_{\text{cp}}} - \frac{(t_{01} - t_{02})^2}{2l \tau_{\text{cp}}}. \quad (36)$$

Из этого выражения можно вычислять эффективную скорость:

$$V = \sqrt{\frac{l}{\frac{\Delta\theta}{\Delta x} \tau_{\text{cp}} + \frac{(t_{01} - t_{02})^2}{2l}}}. \quad (37)$$

Если угол наклона границы невелик, то $t_{01} \approx t_{02}$, и скорость определяется по упрощенной формуле

$$V = \sqrt{\frac{l \Delta x}{\tau_{\text{ср}} \Delta \theta}} \quad (38)$$

Практически процедура определения эффективной скорости сводится к построению по встречным годографам разностного годографа $\theta(x)$ и линии среднего арифметического $\tau(x)$, определению углового коэффициента по графику $\theta(x)$ и среднего значения по графику $\tau(x)$ и вычислению скорости по формуле (38).

Достоинством способа разностного годографа является практическое отсутствие влияния искажений времен из-за пересеченного рельефа и изменчивость зоны малых скоростей, а также его небольшая трудоемкость.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для построения встречных годографов используются неусредненные годографы отраженных волн в соответствии с вариантом.
2. По годографам определяются времена t_1 и t_2 для всех x и находятся их разности $\theta = t_1 - t_2$. Результаты записываются в таблицу.

x	t_1	t_2	θ

3. На миллиметровой бумаге строится график $\theta(x)$, который усредняется прямой линией (рис. 10б). График строится в тех же масштабах, что и годографы.
4. По полученной прямой линии определяют ее угловой коэффициент $\Delta\theta/\Delta x$. Рекомендуется брать $\Delta x = l$.
5. На плоскости годографов строится линия $\tau(x)$, для чего на концах расстановки (на пунктах взрыва) находятся значения τ . Линию $\tau(x)$ (рис. 10а) проводят через найденные точки и точку пересечения годографов, посередине между последними.
6. Определяют τ как среднее арифметическое максимального и минимального значения τ , которое находят по линии $\tau(x)$.
7. По формуле (38) определяют эффективную скорость, подставляя найденные значения $\Delta\theta$, Δx , τ , и, если необходимо, t_{01} , t_{02} и l .

ОТЧЕТНОСТЬ:

Студенты представляют построения, выполненные на миллиметровке (встречные и разностные годографы) и результаты расчета эффективной скорости.

ГОДОГРАФЫ ОТРАЖЕННЫХ ВОЛН

ПК	Вариант 1		Вариант 2	
	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
6.25	0,534	0,612	0,623	0,687
6.50	0,535	0,607	0,624	0,685
7.00	0,538	0,599	0,625	0,680
7.50	0,541	0,590	0,627	0,671
8.00	0,545	0,582	0,629	0,664
8.50	0,550	0,575	0,633	0,659
9.00	0,556	0,567	0,638	0,653
9.50	0,563	0,560	0,644	0,647
10.00	0,570	0,553	0,649	0,643
10.50	0,578	0,547	0,655	0,639
11.00	0,586	0,542	0,660	0,635
11.50	0,594	0,538	0,669	0,631
12.00	0,605	0,535	0,678	0,628
12.50	0,612	0,532	0,687	0,625

ПК	Вариант 3		Вариант 4	
	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$	$t_1, \text{с}$	$t_2, \text{с}$
18,75	0,542	0,625	0,638	0,706
19,00	0,543	0,622	0,637	0,702
19,50	0,545	0,617	0,639	0,694
20,00	0,547	0,610	0,641	0,686
20,50	0,550	0,601	0,644	0,675
21,00	0,554	0,593	0,647	0,669
21,50	0,561	0,588	0,651	0,663
22,00	0,569	0,581	0,655	0,658
22,50	0,577	0,575	0,661	0,653
23,00	0,584	0,570	0,667	0,649
23,50	0,591	0,564	0,676	0,644
24,00	0,600	0,559	0,686	0,640
24,50	0,612	0,552	0,697	0,637
25,00	0,624	0,548	0,707	0,634

ПК	Вариант 5		Вариант 6	
	t_1, c	t_2, c	t_1, c	t_2, c
30,50	0,540	0,632	0,624	0,704
31,00	0,543	0,626	0,629	0,692
31,50	0,547	0,620	0,631	0,690
32,00	0,552	0,611	0,634	0,685
32,50	0,556	0,604	0,639	0,678
33,00	0,562	0,596	0,643	0,672
33,50	0,568	0,588	0,648	0,665
34,00	0,575	0,581	0,653	0,660
34,50	0,581	0,571	0,658	0,654
35,00	0,587	0,565	0,664	0,649
35,50	0,596	0,559	0,669	0,643
36,00	0,603	0,553	0,676	0,639
36,50	0,611	0,548	0,683	0,633
37,00	0,621	0,543	0,692	0,628
37,50	0,630	0,540	0,702	0,624

ПК	Вариант 7		Вариант 8	
	t_1, c	t_2, c	t_1, c	t_2, c
40.25	0,554	0,632	0,643	0,707
40.50	0,555	0,627	0,644	0,705
41.00	0,558	0,619	0,645	0,700
41.50	0,561	0,610	0,647	0,691
42.00	0,565	0,602	0,649	0,684
42.50	0,570	0,595	0,653	0,679
43.00	0,576	0,587	0,658	0,673
43.50	0,583	0,580	0,664	0,667
44.00	0,590	0,573	0,669	0,663
44.50	0,598	0,567	0,675	0,659
45.00	0,606	0,562	0,680	0,655
45.50	0,614	0,558	0,689	0,651
46.00	0,625	0,555	0,698	0,648
46.50	0,632	0,552	0,707	0,645

ПК	Вариант 9		Вариант 10	
	t_1, c	t_2, c	t_1, c	t_2, c
48,75	0,642	0,725	0,738	0,806
49,00	0,643	0,722	0,737	0,802
49,50	0,645	0,717	0,739	0,794
50,00	0,647	0,710	0,741	0,786
50,50	0,650	0,701	0,744	0,775
51,00	0,654	0,693	0,747	0,769
51,50	0,661	0,688	0,751	0,763
52,00	0,669	0,681	0,755	0,758
52,50	0,677	0,675	0,761	0,753
53,00	0,684	0,670	0,767	0,749
53,50	0,691	0,664	0,776	0,744
54,00	0,700	0,659	0,786	0,740
54,50	0,712	0,652	0,797	0,737
55,00	0,724	0,648	0,807	0,734

Лабораторная работа № 7

ВЫЧИСЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОПРАВК И ПОСТРОЕНИЕ ЛИНИИ t_0

Цель работы: приобретение опыта вычисления кинематических поправок и получение представления об их использовании.

Кинематическая поправка вычисляется как разность между теоретическим временем прихода волны в данную точку и на пункт взрыва; граница принимается за горизонтальную:

$$\Delta t_k = t_x - t_0,$$

где t_x – теоретическое время прихода волны в точку с абсциссой x ;

t_0 – время прихода волны на пункт взрыва;

Δt_k – кинематическая поправка.

Если эхо-глубина границы в несколько раз превосходит длину расстановки, то годограф отраженной волны можно аппроксимировать параболой, что равносильно приближенному извлечению корня в уравнении годографа. Тогда для горизонтальной границы и однородной покрывающей среды:

$$t_x = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}} \approx t_0 + \frac{x^2}{2t_0v^2}$$

откуда кинематическая поправка:

$$\Delta t_k = \frac{x^2}{2t_0 v^2}, \quad (39)$$

где $t_0 = \frac{2h}{v}$.

Кинематическая поправка вычитается из наблюдаемого времени t_H :

$$t_{исп} = t_H - \Delta t_k \approx t_0, \quad (40)$$

где $t_{исп}$ – исправленное время.

Исправленное время относится к середине расстояния между пунктом взрыва и пунктом приема (рис. 11а, точка N). При горизонтальной границе эта точка – проекция точки отражения M на линию наблюдений. Вычислять поправку по формуле (39) допустимо, если кажущийся угол наклона границы не превосходит 10-15°.

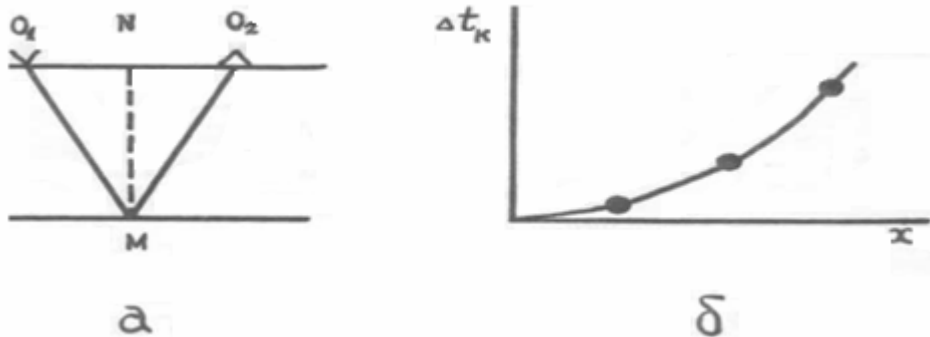


Рис. 11.

а – ход лучей падающей и отраженной волн;
б – график изменения кинематической поправки

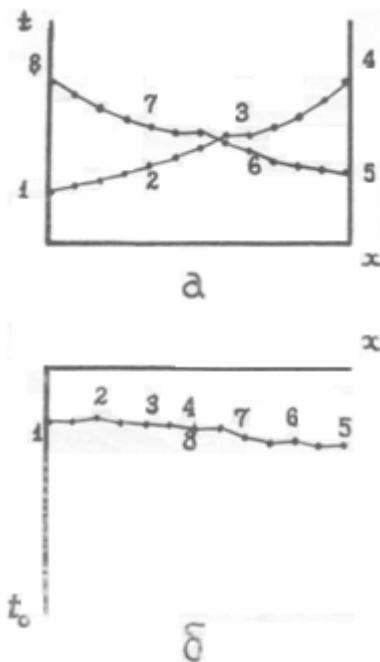


Рис. 12

а – годографы отраженных волн;
б – линия $t_0(x)$

После введения кинематической поправки (40) исправленное время не зависит от x и является, практически, t_0 для точки N.

По исправленным временам строят линию $t_0(x)$, которая вдвое короче годографа. Линии $t_0(x)$, построенные по встречным годографам, составляют непрерывную последовательность точек. Если линию $t_0(x)$ построить в системе координат, у которой ось времен направлена вниз (рис. 11б), то качественно она отразит поведение горизонта, т. е. станет подобна горизонту на временном разрезе.

Построение линии $t_0(x)$ иллюстрируется рис. 12.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В работе используются результаты, полученные при выполнении лабораторной работы № 6 (Vэф).

1. По формуле (39) рассчитываются кинематические поправки для трех расстояний x , которые указываются в таблице. Для расчетов используются усредненные значения t_0 (работа №6) и эффективная скорость.
2. По вычисленным кинематическим поправкам строится график зависимости $\Delta t_k(x)$ (рис. 11б). На пункте взрыва кинематическая поправка равна нулю.
3. В наблюдаемые годографы вводятся кинематические поправки и рассчитывается $t_{исп}$ (40).
4. Строятся линии $t_0(x)$ для каждого годографа. Ось времен направляется вниз (рис. 12б). Исправленные времена относятся к середине расстояния между пунктами взрыва и приема. Начало отсчета времен берется так же, как и при построении годографов в лабораторной работе № 6.

ОТЧЕТНОСТЬ

Студенты представляют:

- а) график кинематических поправок;
- б) график линий $t_0(x)$.

Лабораторная работа №8

ПОСТРОЕНИЕ ОТРАЖАЮЩИХ ГРАНИЦ

Цель работы: основание способов построения глубинного разреза по годографам волн.

Наиболее употребительными способами построения отражающих границ по неисправленным годографам при ручном построении являются способы засечек и окружностей.

А. СПОСОБ ЗАСЕЧЕК

Способ предполагает плоскость отражающих границ и постоянство скорости в покрывающей среде. Он заключается в нахождении мнимого пункта взрыва и может быть применен для построения границ по отдельным участкам годографов.

От любой точки наблюдения расстояние (R_x) до мнимого пункта взрыва /при постоянной скорости/ равно:

$$R_x = t_x v, \quad (41)$$

где t_x – время прихода волны в данную точку наблюдения.

Мнимый пункт взрыва находится как точка пересечения дуг окружностей, проведенных радиусами R_x из точек наблюдения. В действительности, в общем случае, при построении засечек получается многоугольник неувязок. Соединяя центр этого многоугольника прямой линией с пунктом взрыва и проводя перпендикуляр через середину полученного отрезка, находят положение отражающей площадки. Построение основано на том, что мнимый пункт взрыва расположен симметрично действительному относительно границы. Участок границы ограничивается лучами, выходящими из крайних точек наблюдения, которые использовались для построения (рис. 13). Для построения засечек используется 3-5 точек наблюдения.

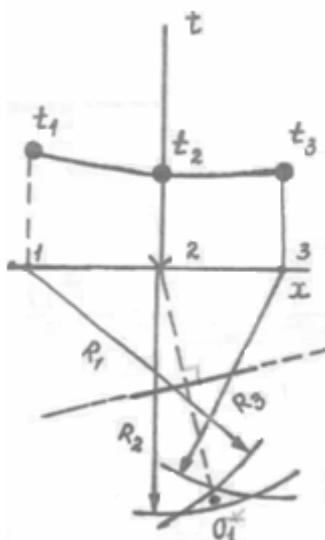


Рис. 13. Построение отражающей границы способом засечек

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для построения используются годографы из лабораторной работы № 6.
2. По формуле (41) рассчитываются засечки. Для расчетов берется эффективная скорость, которая получена в работе № 7.
3. Из соответствующих точек профиля делаются засечки, и находится положение мнимого пункта взрыва O_i .
4. Проводится линия, соединяющая мнимый и действительный пункты взрыва, и строится отражающая площадка как перпендикуляр к этой линии в ее середине.
5. Отражающая площадка ограничивается крайними лучами (рис. 13).

Примечание: при построении горизонтальный и вертикальный масштабы должны быть выбраны равными!

ОТЧЕТНОСТЬ

Студенты представляют:

- а) таблицу вычислений;
- б) построенные отражающие площадки (рис. 13).

Б. СПОСОБ ОКРУЖНОСТЕЙ

Способ окружностей теоретически обоснован для горизонтальных границ, однако он может применяться для построения наклонных и криволинейных границ, если радиусы их кривизны значительно превосходят их глубины. При горизонтальной границе ее глубина h_x в точке профиля с абсциссой $\frac{x}{2}$ равна:

$$h_x = \frac{1}{2} \sqrt{v^2 t_x^2 - x^2}. \quad (42)$$

Вычислив для различных x по зарегистрированным в них временам t_x глубины h_x по формуле (42), проводят дуги окружностей радиусами h_x из точек с абсциссами $\frac{x}{2}$ (рис. 14). Граница строится как огибающая полученного семейства дуг окружностей (рис. 14). Граница строится сразу по всем годографам, соответствующим одной отражающей границе, вдоль всего профиля и ограничивается точками касания огибающей крайних дуг окружностей (рис. 14).

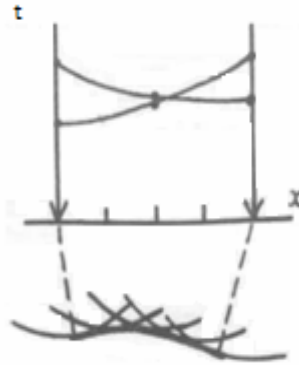


Рис. 14. Построение отражающей границы способом окружностей

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Кривой линией гиперболического вида «от руки» усредняются годографы. Для построения используются годографы, полученные в процессе выполнения работы № 6.
2. По формуле (42) определяются радиусы окружностей h_x для 3-5 точек каждого годографа. Для расчетов берется эффективная скорость, которая получена в работе № 7.
3. Результаты вычислений вносятся в таблицу.

Таблица

x	$x/2$	t_x	$v_{эф}$	h_x
-----	-------	-------	----------	-------

4. Из точек с абсциссой $\frac{x}{2}$ строятся дуги окружностей радиусами h_x .
5. Проводится граница как огибающая построенных дуг (рис. 14).

ОТЧЕТНОСТЬ

Студенты представляют:

- а) таблицу результатов вычислений;
- б) отражающие границы, построенные способом окружностей (рис. 14).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боганик Г. Н. Сейсморазведка: учеб. / Г. Н. Боганик, И. И. Гурвич. – Тверь : АИС, 2006. – 551 с.
2. Бондарев В. И. Сейсморазведка : учеб. / В. И. Бондарев. – Екатеринбург : УГГГА, 2007. – 609 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. Расчет импульсных сейсмограмм.....	3
Лабораторная работа № 2. Обработка данных микросейсмокаротажа	10
Лабораторная работа № 3. Определение параметров ВЧР методом преломленных волн	14
Лабораторная работа № 4. Определение статических поправок	17
Лабораторная работа № 5. Обработка данных сейсмокаротажа	21
Лабораторная работа № 6. Определение эффективных скоростей способом разностного годографа	29
Лабораторная работа № 7. Вычисление кинематических поправок и построение линии t_0	34
Лабораторная работа № 8. Построение отражающих границ	36
Библиографический список.....	39