

УДК 550.834.622.12

О ДИФФУЗИОННОМ ОТРАЖЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ОТ ТЕКТОНИЧЕСКОГО НАРУШЕНИЯ

Глухов И. А.

(ДонНУ, г. Донецк Украина)

Глухов А. А.

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк Украина)

Наведено розв'язання задачі про дифузійне відбиття коливань від сейсмічної межі, яке може бути покладено в основу перспективних методик прогнозу.

Solution of the problem on the diffusive reflection of vibrations from seismic boundary is given. The solution can be the base for promising prediction techniques.

В настоящий момент самым информативным среди геофизических методов прогноза геологических нарушений отрабатываемых угольных пластов по праву считается шахтная пластовая сейсморазведка. Однако в условиях мелкоамплитудной тектонической нарушенности, которая характеризуется малыми размерами аномальных зон, а также неоднородностью свойств угля и пород вблизи нарушения, ее применение может быть затруднено. Одним из решений данной проблемы может служить использование новых информативных критериев прогноза, базирующихся на учете данных особенностей. В данной статье приведено решение задачи о диффузионном отражении колебаний от сейсмической границы, которое может быть положено в основу перспективных методик прогноза.

Большинство методик проведения сейсмических экспериментов базируется на предположении о том, что отражение сейсмических колебаний от тектонического нарушения подчиняется

законам геометрической оптики [1, 2]. Зона потери сплошности может быть заполнена дроблеными и мятыми породами, вследствие чего сместитель тектонического нарушения не будет представлять зеркальную поверхность, а имеет неровности размером порядка длины волны и меньше. Поэтому необходимо учитывать, что отражение имеет более сложный характер. В дальнейшем будем предполагать, что отражение подчиняется нормальному распределению:

$$f(\varphi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\varphi-\alpha)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

где α – значение угла отражения согласно законам геометрической оптики соответствует максимуму интенсивности отраженных колебаний (см. рис. 1), φ – угол отражения, σ^2 – мера разброса отклонения угла отражения от угла зеркального отражения.

Проиллюстрируем на простейших примерах, к каким следствиям приводит данное предположение. От пункта возбуждения ПВ до СП по самому короткому маршруту L_1+L_2 (рис. 1) колебания приходят испытывая в точке Р отражение в соответствии с законами геометрической оптики.

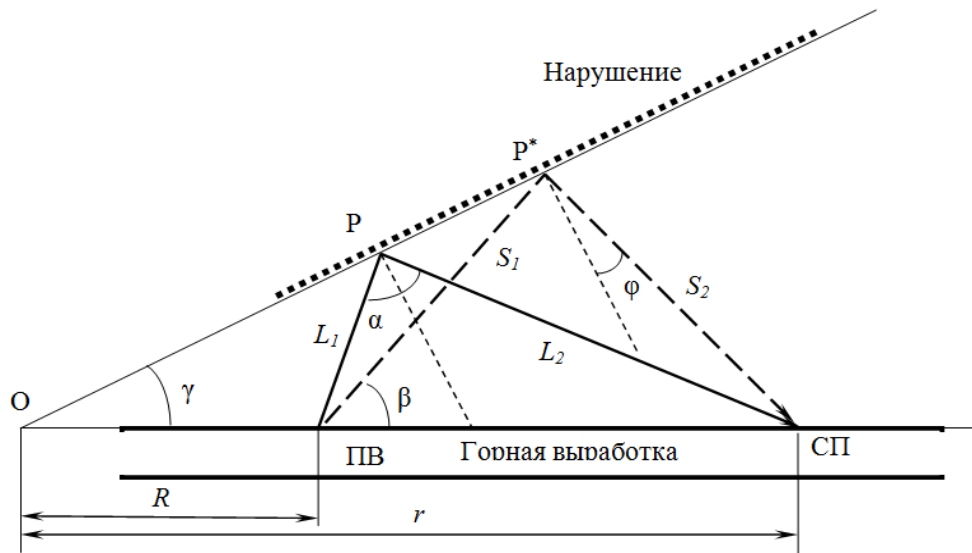


Рис. 1. К расчету влияния диффузно отраженных волн на регистрируемый сигнал

В то же время, по более длинному маршруту S_1+S_2 диффузное отражение происходит в точке P^* . В зависимости от длительности импульса, они могут либо приходить отдельно, либо интерферировать.

Предположим что, горная выработка расположена под углом γ относительно плоскости сместителя тектонического нарушения. Их пересечение (условное либо реальное) происходит в точке O . Максимальная амплитуда суммарного сигнала, регистрируемого в точке расположения СП при учете диффузного отражения зависит от параметра σ , характеризующего гладкость плоскости сместителя, угла γ , расстояний R и r от точки O до ПВ и СП, соответственно.

Из чисто геометрических соображений можно показать, что для луча, выходящего из пункта возбуждения под углом β к выработке, угол φ между нормалью к нарушению и диффузно отраженным лучом, распространяющимся в направлении сейсмоприемника рассчитывается по формуле:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{r}{S_2} \sin \gamma\right) - \frac{\pi}{2}, \quad (2)$$

$$\text{где } S_1 = R \frac{\sin \gamma}{\sin(\beta - \gamma)}; S_2 = \sqrt{\left(R + R \frac{\sin \gamma \cos \beta}{\sin(\beta - \gamma)} - r\right)^2 + \left(R \frac{\sin \gamma \sin \beta}{\sin(\beta - \gamma)}\right)^2}.$$

Подставляя (2) в (1), получим формулу для амплитуды диффузионно отраженной цилиндрической волны для заданного угла β .

$$A(\beta) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \frac{1}{S_1 + S_2} e^{-\frac{(\varphi - \frac{\pi}{2} + \beta - \alpha)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

Проинтегрировав полученную формулу по всем β от 0 до π можно получить суммарное поле отраженных волн в точке, находящейся на расстоянии r от точки O для заданных значений R , γ и σ . При известных R и σ такой интеграл легко посчитать. На рисунке 2 и рисунке 3 представлены результаты расчетов для $R=1$ и $\sigma=1$.

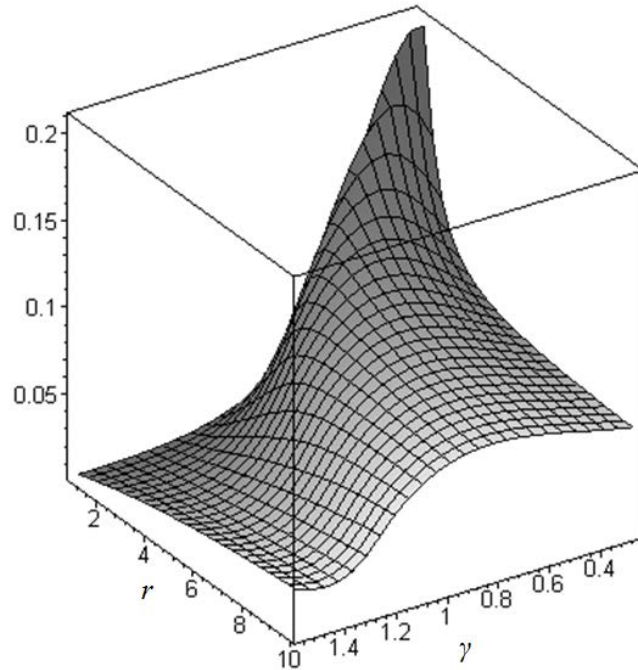


Рис. 2. Данный распределение амплитуды диффузионно отраженных волн в зависимости от угла наклона γ и расстояния r ($\sigma = 1,0$; $R = 1,0$)

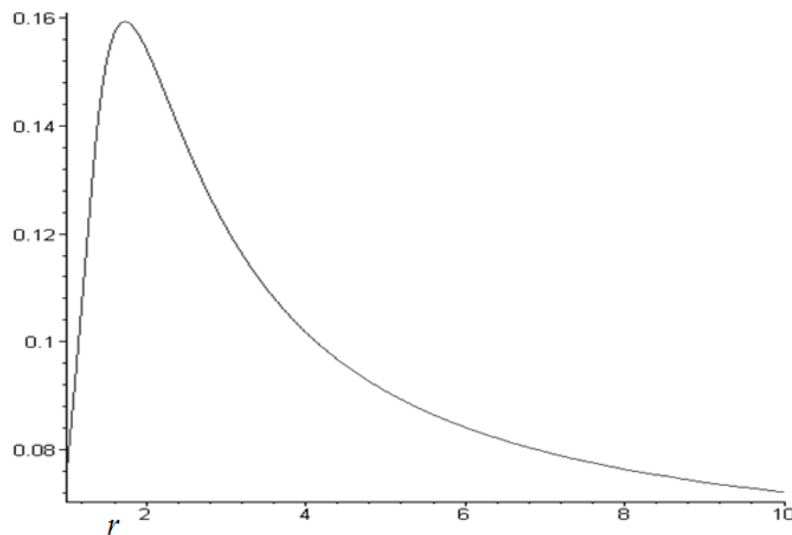


Рис. 3. Зависимость амплитуды диффузионно отраженных волн от расстояния r ($\sigma = 1,0$; $R = 1,0$, $\gamma = \pi/6$)

Пики амплитуд располагаются на расстояниях, соответствующих углам отражения сигнала от нарушения в соответствии с законами геометрической оптики. Анализ графиков показывает,

что амплитудой диффузионно отраженных колебаний пренебрегать нецелесообразно, поскольку она достаточно велика.

Рассмотрим пример возбуждения синусоидального сигнала заданной частоты и длительностью в один период, распространяющегося в среде с заданной скоростью. Используя соотношение (3) и заменяя интегрирование по β суммой, и дискретизируя сигнал, можно рассчитать теоретические сейсмограммы диффузионно отраженных волн. Такие сейсмограммы представлены на рисунке 4.

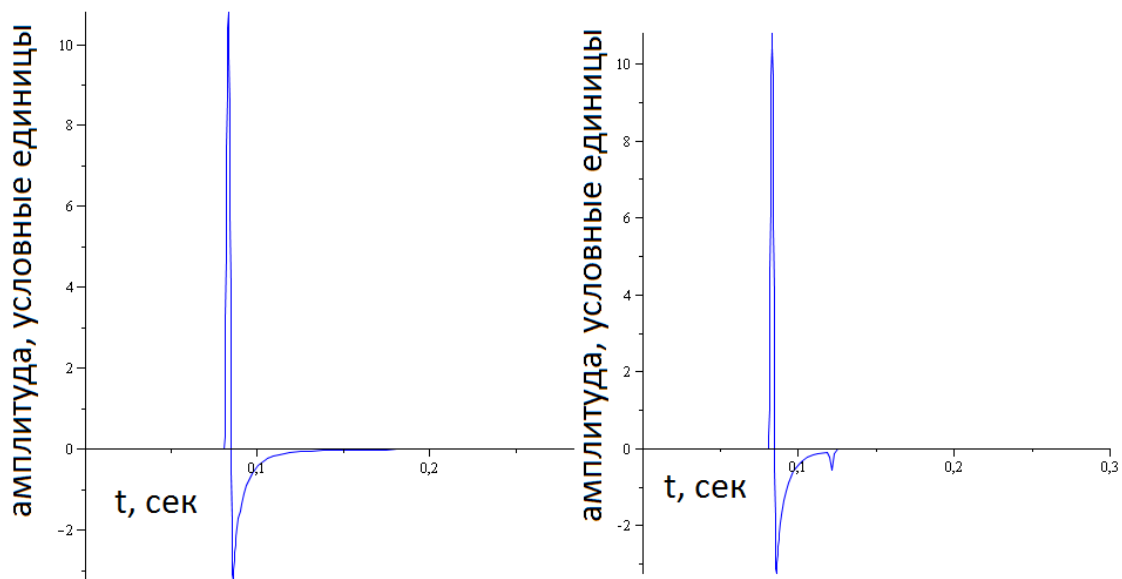


Рис. 4. Сигналы, полученные вследствие отражения импульса единичной амплитуды от диффузионной границы бесконечной (слева) и конечной длины (справа) ($\gamma = \pi / 6$, $\sigma = 1$, $V = 3000$ м/с)

На рисунке 4 видно, что помимо основного пика волны, пришедшего по кратчайшему пути в соответствии с законами геометрической оптики, во втором случае (наличие отражающей границы конечной длины), есть зона интерференции, проявляющаяся как дополнительный пик колебаний амплитуды, вызванный дифракцией волн на границе нарушения. При помощи численных экспериментов было установлено, что расстояние до данного пика, а также его размеры напрямую зависят от расстояния r до пункта приема сигнала. Чем меньше расстояние r , тем меньше

амплитуда дополнительного пика и тем дальше он расположен. С увеличением зоны нарушения скачек амплитуды так же уменьшается и сам он удаляется от основного пика. Это направление заслуживает внимания в дальнейших исследованиях.

Таким образом, параметры зоны интерференции и характеристики дифрагируемых волн имеют корреляционную зависимость от параметров нарушения. Этот факт может быть положен в основу перспективных методик сейсморазведки.

Работа выполнена в рамках НИР «Розробка теоретичних основ застосування дифрагованих хвильових полів для прогнозу структури масиву гірських порід методом сейсмічної локації».

СПИСОК ССЫЛОК

1. Анциферов А. В Математическое моделирование в шахтной сейсморазведке [Текст] / А. В. Анциферов, А. А. Глухов. — Киев, Наукова думка, 2012. — 124 с.
2. Анциферов А. В. Теория и практика шахтной сейсморазведки [Текст] / А. В Анциферов. — Донецк: ООО “Алан”, 2002. — 312 с.
3. Тимошин Ю. В. Импульсная сейсмическая геология [Текст] / Ю. В. Тимошин. — М. : Недра, 1978. — 286 с.