Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
т. LXXXII, 1980 г.

УДК 534.16

О СВЯЗИ ЗВУКОПРОВОДНОСТИ ГОРНОГО МАССИВА СО СТЕПЕНЬЮ ЕГО НАРУШЕННОСТИ

А.Г.ГЛИКМАН

При разработке полезных ископаемых подземным способом представляет интерес прогнозирование состояния и поведения кровли. Одним из информативных параметров состояния кровли является ее звукопроводность.

Как известно[x], звукопроводность любой среды определяется тремя факторами: коэффициентом затухания за счет диссипации энергии $\delta_п$, коэффициентом затухания за счет рассеяния звука на неоднородностях $\delta_р$ и коэффициентом затухания за счет увеличения поверхности фронта звуковой волны $F(r)$ при увеличении расстояния r от источника звука, что описывается выражением

$$I_r = I_0 F(r) \exp\left[-r(\delta_п + \delta_р)\right],$$

где I_r и I_0 - интенсивность звука соответственно на расстоянии r и 0 от поверхности источника звука.

При использовании ненаправленных источников звука наибольшее значение имеет коэффициент $F(r)$, величина которого определяется геометрией исследуемой среды.

Предметом настоящих исследований является зависимость $F(r)$ от геологического строения горного массива и характера нарушений в нем. Для сравнительного анализа различных типов строения кровли возьмем в качестве основной величину $F(r)_0$ для бесконечно протяженного абсолютно однородного горного массива.

При точечном источнике звука в такой среде распространяется идеальная полусферическая волна. Если имеются какие угодно нарушения целостности горного массива, то неизбежны искажения формы фронта волны и, следовательно, появление неравномерности звукопроводности кровли по длине выработки. С этих позиций рассмотрим несколько вариантов строения кровли:

[x] М.А.Исакович. Общая акустика. М., Наука, 1973.

I. Кровля представляет собой монолитную бесконечную среду и содержит линзы протяженностью от нескольких до десятков метров, выходящие на поверхность кровли. При этом на границе линза - вмещающая среда часть акустической энергии отражается, вследствие чего происходит частичная акустическая изоляция линзы от вмещающей среды. Если источник звука находится на поверхности кровли вне линзы, то на границе произойдет резкое ослабление звука. Если же источник звука расположен на поверхности кровли в пределах линзы, то в результате многократных внутренних отражений акустическое давление внутри линзы будет существенно большим, чем за ее пределами.

2. Кровля сложена отдельными блоками. Выходы на поверхность кровли границ между блоками будут характеризоваться резкими перепадами звукового давления.

3. Кровля представляет собой расслоившийся в горизонтальной плоскости горный массив. Отслоившаяся часть кровли может быть представлена как звуковой волновод, и, следовательно, звукопроводность этого участка будет выше, чем ненарушенного массива.

Звукопроводность измерялась по известной методике[x] с применением точечного источника звука ударного действия в широкой полосе частот. В качестве информативного параметра использовался коэффициент звукопроводности

$$\Delta = \left. \frac{r_2 / r_1}{F(r_1)/F(r_2)} \right|_{r_2 > r_1}$$

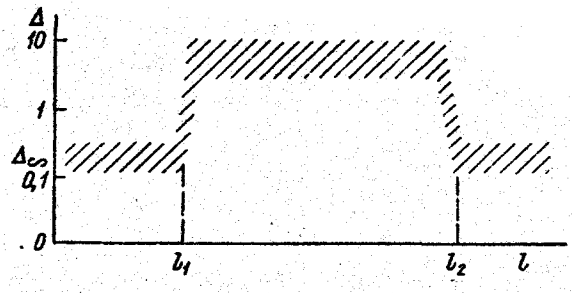
Для определения Δ_∞ бесконечно протяженного абсолютно однородного горного массива при $F(r)_\infty$ проводились измерения во вновь нарезанных лавах Донецкого бассейна при залегающем в кровле прочном песчанике большой мощности (более 10 м). Величина Δ_∞ при этом была равна $1/(5 \pm 2)$. Полученные при прочих измерениях значения Δ сравнивались с величиной Δ_∞, что позволяло судить о степени и характере нарушенности массива.

Было замечено, что по мере отхода забоя от разреза трещины возникают в кровле прежде всего вблизи штреков. В этих местах отмечается резкий перепад величины Δ (от 0,05 до 10). Очевидно, $\Delta = 0{,}05$ информирует об акустической тени, тогда как $\Delta = 10$ указывает на то, что источник и приемники звука относятся к одному и тому же акустически изолированному объему, в котором усиление звука есть следствие многократного отражения от стенок.

Ряд очистных забоев, кровля которых сложена песчаником либо алевролитами высокой прочности, непосредственно перед первой посадкой кровли характеризовался зависимостью Δ по длине забоя, показанной на рисунке. Результаты наблюдений за режимом посадки непосредственной кровли показывают, что посадка происходит лишь в пределах участка l_1/l_2, и увеличение звукопроводности кровли на значительных участках (десятки метров) объясняется отслоением непосредственной кровли.

---

[x] А.Е. Колесников. Ультразвуковые измерения. М., Изд-во стандартов, 1971.



Характерная зависимость звукопроводности кровли по длине забоя при отслоении кровли на участке $l_1 l_2$

Как показали измерения, проведенные на кровлях с различным геологическим строением и при разной технологии выемки угля, анализ звукопроводности с привлечением других имеющихся данных о состоянии кровли позволяет определить: 1) наличие и степень кливажа в прочных кровлях; 2) развитие трещиноватости кровли при выемке угля; 3) наличие отслоения кровли; 4) местонахождение линз.

Таким образом, изучение состояния кровли акустическим методом может оказаться полезным при выборе технологии добычи, а также при планировании мероприятий, направленных на повышение безопасности труда в подземных выработках.