

*д. т. н., проф. Клишин Н.К.,
к. т. н., доц. Склепович К.З.
(ДонГТУ, г.Алчевск, Украина)*

СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КРОВЛИ В ЛАВАХ ПЕРЕД УПРОЧНЕНИЕМ

Проаналізовано залежності між фільтраційними, сейсмоакустичними, емісійними властивостями порушених покрівель; викладена сутність методу контролю стану покрівлі в лаві.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Упрочнение нагнетанием химических составов, предназначенное для слабых трещиноватых кровель угольных пластов, применяется всего в одной, двух лавах Донбасса в год. Причины: высокая цена и большой расход полиуретанового состава, рекомендуемый в нормативных документах.

Изучение свойств трещиноватых массивов горных пород является важным направлением научных исследований, результаты которых будут способствовать снижению затрат, увеличению объёма упрочнения нагнетанием составов.

Анализ исследований и публикаций.

Методы исследования трещиноватости: наблюдения непосредственные; наблюдения за протеканием воды или воздуха; по кернам; геофизические [1]. Визуальные наблюдения пригодны для ориентировочной оценки при выборе способа упрочнения, шага установки анкеров [2]. Метод воздушного опробывания трещиноватости предназначен для определения зон трещиноватости в массиве вокруг выработок [3]. Отбор кернов слабых трещиноватых пород без их предварительного упрочнения невозможен.

Из геофизических методов наиболее подходящим является сейсмоакустический метод с частотой колебаний до 10 кГц. При этом источниками упругих волн могут быть резец, разрушающий породу, шнек угольного комбайна, частота упругих колебаний от которых не превышает 10 кГц.

При разработке сейсмоакустического способа оперативного контроля состояния массива перед упрочнением необходимо учитывать

следующие два положения, изложенные в работе В.Т. Глушко и др.: степень трещиноватости и характер заполнения трещин больше влияют на затухание волн, чем на скорость её распространения; по мере увеличения степени трещиноватости влияние физико-механических свойств отдельностей на акустические характеристики среды нивелируются [4].

Постановка задачи.

Цель работы – разработать сейсмоакустический метод оперативного контроля состояния кровли в лавах перед упрочнением.

Объект исследования – технология упрочнения кровли в лавах.

Предмет исследования – сейсмоакустические свойства трещиноватого массива.

Задачи:

– исследовать интенсивность сейсмоакустических волн, проходящих через кровлю от резца, разрушающего породу при бурении шпура, от шнека разрушающего угольный пласт;

– исследовать зависимости между интенсивностью сейсмоакустических волн, коэффициентом проницаемости, трещинной пустотностью кровли.

Метод исследования – натурный. Интенсивность сейсмоакустических волн измеряли прибором ПСЛ-2м конструкции ИГД им. А.А. Скочинского [5] при бурении шпура, располагая приёмник поочередно справа и слева от шпура на расстоянии 0,5 м и при глубине шпура 1,8 м. При сейсмоакустическом профилировании кровли в лаве источником волн служил разрушающий уголь шнек комбайна. Замеры выполняли позади и впереди комбайна через 1 м подвигания комбайна.

Изложение материала исследований и их результаты.

На рисунке 1 приведена схема и результаты зондирования кровли на сопряжении лавы со штреком. Источник сигнала находился на боковой поверхности пород штрека, а приёмник располагали в нише на расстоянии от 0,5 до 4,0 м от штрека. Согласно графику интенсивность сейсмоакустических волн нелинейно уменьшается при удалении как источника волн от забоя лавы, так приёмника волн от штрека, особенно интенсивно при расстоянии от штрека 2,0 м и более и независимо от расположения источника сигнала.

На рисунке 2 показана схема и приведены результаты зондирования кровли на рассмотренном выше сопряжении лавы со штреком, но при расположении источника сигнала волн (коронки, разрушающей породу) в забое шпура [4]. Интенсивность проходящих через кровлю сейсмоакустических волн измеряли в местах замеров на стенке выработки и на кровле в нише.

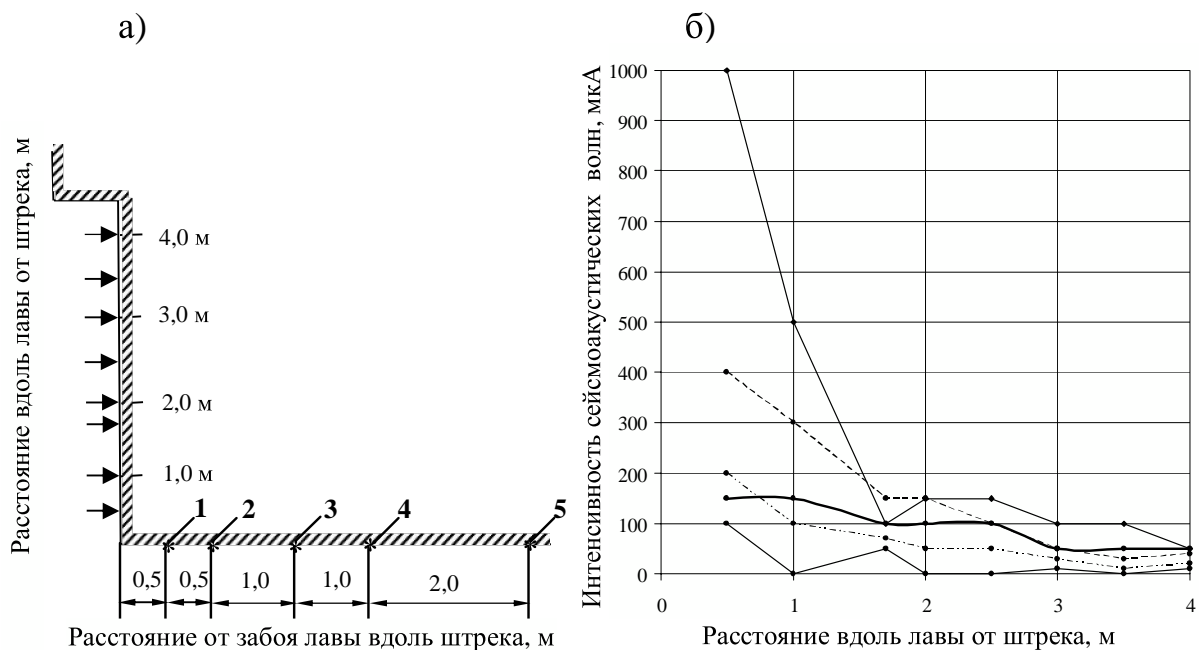


Рисунок 1 – Схема измерения (а) и график сейсмоакустического зондирования кровли на сопряжении ниши со штреком (б); – источник волн; 1...5 – положение источника волн.

Результаты измерений вдоль выработки, представленные кривой (1) и вдоль лавы (кривая 2), существенно разнятся. Так, интенсивность сейсмоакустических волн перпендикулярно выработке – 600 мкА, перпендикулярно забою лавы – 250 мкА. Это можно объяснить расположением основной системы трещин параллельно забою лавы.

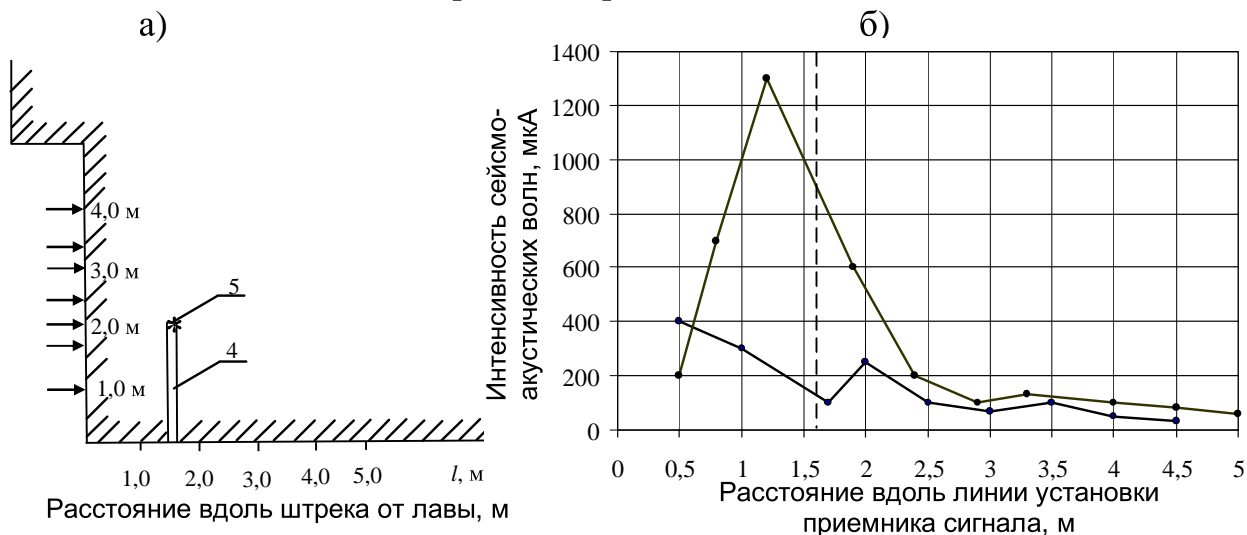


Рисунок 2 – Схема измерения (а) и график интенсивности сейсмоакустических волн (б) на расстояниях от забоя лавы (1) и от штрека вдоль лавы (2); 3 – ось шпура; 4 – шпур; 5 – источник сейсмоакустических волн

Интенсивность волн снизилась и практически не зависела от места приёма прошедших через массив пород волн; её значения не одинаковы при измерениях справа и слева от устья шпура; наиболее информативными являются данные, полученные при расположении приёмника на расстояниях 0,5 м от устья шпура.

После обработки результатов замеров интенсивности сейсмоакустических волн и проницаемости кровли на сопряжениях лав с выработками на расстояниях до 0,5 м от забоя лавы получено уравнение

$$K = (0,5 + 6363 \cdot A^{-1}) \cdot l_{\phi} \cdot l_{ш}^{-1}, \text{ м}^2 10^{-6}, \quad (1)$$

$R=0,93$, его надёжность 21,1; ошибка аппроксимации 10,7%,

где K – коэффициент проницаемости фильтрующей части шпура, $\text{м}^2 10^{-6}$;

A – средняя интенсивность сейсмоакустических волн, мкА;

l_{ϕ} – длина фильтрующей части шпура, м;

$l_{ш}$ – длина шпура, м;

R – коэффициент регрессии.

Для кровли на расстоянии от 5,0 до 30,0 м впереди лавы установлена зависимость пустотности массива от интенсивности сейсмоакустических волн

$$\delta_0 = -12,8 + 4,92 \cdot \lg A, \quad \% \quad (2)$$

$$R = 0,86, \quad \alpha = 0,0015 < 0,05$$

где δ_0 – относительная пустотность массива, %;

A – интенсивность сейсмоакустических волн, проходящих через массив трещиноватых пород от резца при бурении шпура, мкА;

R – коэффициент корреляции;

α – уровень надёжности критерия Фишера.

Для схемы, в которой источником сейсмоакустических волн был разрушающий угольный пласт шнек комбайна, получены надёжные уравнения множественных регрессий

$$A_y = \frac{287,8}{l} - \frac{412,1}{\sigma_p} - \frac{27568,3}{H} + 17,9 \cdot P + 161,2; \quad (3)$$

$$A_n = \frac{161,8}{l} - \frac{172,9}{\sigma_p} - \frac{29976}{H} + 9,3 \cdot P + 134,3, \quad (4)$$

где A_y, A_n – интенсивность измеренного сейсмоакустического сигнала, соответственно, на участках устойчивой и неустойчивой кровли, мкА;

l – расстояние от источника сейсмоакустических волн до приёмника, м;

σ_p – предел прочности пород на растяжение, МПа;

H – глубина разработки, м;

P – условная мощность источника сейсмоакустических волн

$$P = mV_k r;$$

m – вынимаемая мощность пласта, м;

V_k – скорость подачи комбайна, м/с $\times 60$;

r – ширина захвата комбайна, м.

Согласно уравнениям чистых регрессий (3, 4)

$$A_y = 31,0 + \frac{288,0}{l}, \quad (5)$$

$$A_n = 27,0 + \frac{162,0}{l}, \quad (6)$$

На расстояниях 2-4 м от шнека комбайна интенсивность сейсмоакустических волн на участках неустойчивой кровли в 1,6 раза меньше, чем на участках с устойчивой кровлей.

Выводы.

Установлены количественные зависимости раскрывающие закономерности взаимной связи между фильтрационными, сейсмоакустическими, ёмкостными свойствами трещиноватых кровель угольных пластов, учитывающие особенности проявления горного давления на протяженных участках лав и на сопряжениях лав с выработками. Измерение интенсивности сейсмоакустических волн является основой оперативного метода оценки состояния кровли перед упрочнением, определения параметров расположения шпуров и технологии нагнетания скрепляющих составов.

Проанализированы зависимости между фильтрационными, сейсмоакустическими, ёмкостными свойствами нарушенных кровель; изложена сущность метода контроля состояния кровли в лаве.

Dependences between filtration, seismoacoustic, capacitor properties of the broken roofs are analyzed; the essence of a quality monitoring of a condition of a roof in longwall is stated.

Библиографический список.

1. Барон Л.И., Личели Г.П. Трециноватость горных пород при взрывной выемке. – М.: Недра, 1966 – 136 с.

2. Химический способ упрочнения пород в очистных забоях угольных шахт. Бутенко И.Т., Кара В.В., Сальников В.К., Пихович И.Я. – Киев.: Техника, 1978. – 69 с.

3. Зильбершмидт В.Г., Пахучих Р.П., Гельбарт М.Я. и др. Определение зон трецинообразования в массиве вокруг горных выработок / Зильбершмидт В.Г., Пахучих Р.П., Гельбарт М.Я., Клейман И.С., Кузнецов Ю.В., Тимантеев О.А. // Сб. Горное давление в капитальных и подготовительных выработках. – Новосибирск: 1975. – С. 194-197.

4. Глушко В.Г., Ямщиков В.С., Яланский А.А. Геофизический контроль в шахтах и тоннелях. – М.: Недра, 1987. – 278 с.

5. Никитченко Р.Ф. Звуковое зондирование в горных выработках // Физико-механические свойства горных пород: Науч. сообщ. / ИГД им. А.А. Скочинского. – М.: 1973. – С. 43-46.