

-1,0+0,5	3,0	7,6	16,1	1,0	9,1	6,3	1,5	16,1	13,7	3,0	28,4	16,4	0,5	5,7	12,4
-0,5+0,1	-	6,5	13,8	1,5	6,2	4,3	1,0	8,4	7,2	2,5	12,3	7,2	0,5	4,0	8,7
-0,1+0,05	-	-	-	1,5	5,1	3,5	1,0	5,0	4,26	0,5	4,1	2,36	0,5	3,0	6,5
Всього	10	47	100	10	144	100	10	117,6	100	10	173	100	10	46,	100

Оскільки в процесі експерименту при розсіюванні всіх десяти проб зважувався вміст кожного класу, то з'явилася можливість встановити ваговий розподіл самородної міді в пробі (див. табл. 1). Графічний аналіз цих результатів представлений на рис. 3, у якому нумерація кривих на графіках збігається з номерами проб.

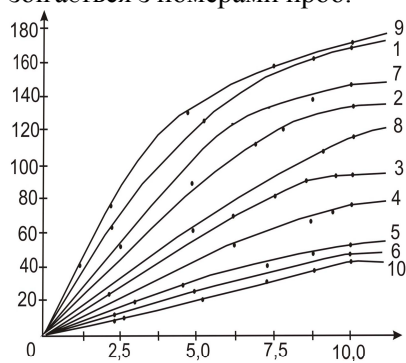


Рис. 3. Розподіл вагового вмісту міді в пробах

Графіки показують, що із зростанням маси зразка кількість вилученої міді монотонно зростає до певної межі.

Відносний високий вміст міді в тонких класах крупності (менш одного міліметра) вказує на необхідність спеціальної технологічної операції для її вилучення - доподрібнення, ліквідації зростків і подальшого тонкого вібраційного грохочення, флотації або електричної сепарації [4].

Висновки. Отже, виконані дослідження показали, що розподіл самородної міді в базальтових лавобрекчіях нерівномірний, і підпорядковується закономірності плавного зростання кількості міді в пробах до певної межі. Найбільший вихід самородної міді спостерігається в дрібнодробленій породі в інтервалі від 0,1 до 1,0 мм. Саме ця величина рекомендується для початку вилучення міді гравітаційними або електричними методами. Отримана експериментальна інформація дозволяє надалі встановити закон розподілу виходу самородної міді в конкретних пробах по родовищу.

Список літератури

1. **Надутый В.П., Маланчук Е.З., Хмеленко И.П.** Исследование влияния режимных и конструктивных параметров на технологические показатели тонкого виброгрохочения базальтового сырья / **Надутый В.П., Маланчук Е.З., Хмеленко И.П.** // Днепропетровск: НГУ, 2011 – Вып. №46(87). – 260 с.
2. **Naduti V.P., Malanchuk E.Z., Khmelenko I.P.** Investigation of influence of operational and design parameters on the technological characteristics of the thin vibration screening of basalt raw material / **Naduti V.P., Malanchuk E.Z., Khmelenko I.P.** // Dnipropetrovsk: NSU, 2011 - Vol. № 46 (87). - 260 p.

Рукопис подано до редакції 17.03.13

УДК 622.349.5.012.2: 622.235

Е.К. БАБЕЦ, канд. техн. наук, проф., Т.Т. СЕДУНОВА, старший научный сотрудник, А.В. ВАСИЛЕНКО, магистр, НИГРИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМПЛИТУДЫ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ЧАСТОТ И МОЩНОСТИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Приведены результаты исследований применения спектрального анализа сейсмозрывных колебаний как одного из основополагающих факторов оценки сейсмического эффекта взрывов

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Сейсмический эффект массовых взрывов всегда является источником сложного колебания, образованного множеством сейсмических волн, каждая из которых характеризуется собственной амплитудой и периодом. Сейсмозрывные колебания, порождаемые массовыми взрывами, имеют достаточно сложную форму, вследствие интерференции волн различных типов, что существенно усложняет их анализ.

При рассмотрении общей картины сейсмических колебаний от взрывов следует выделить то обстоятельство, что на определение радиуса сейсмотехнической зоны кроме технологическо-

го фактора значительное влияние оказывают геологические условия взрывааемых пород, в которых мощность и структура отдельных слоев играет решающую роль в формировании сейсмического волнового поля. Это связано с тем, что помимо быстро затухающих первичных волн, излучаемых источником взрыва, в отдельных случаях в горном массиве возникают вторичные, отраженные от поверхности разлета волны, которые вследствие многократного отражения отличаются большой длительностью колебаний.

При расчете динамических нагрузок от взрывных воздействий на различные сооружения обычно используют максимальное амплитудное значение взрывных волн и длительность их воздействия. Однако, значений этих двух параметров волн недостаточно. Проблема изучения сейсмических колебаний в значительной мере решается путем применения спектрального анализа сейсмических волн, который позволяет дополнить и уточнить представление о механизме данного явления, а также оценить поведение зданий и сооружений под воздействием нагрузок [1].

Анализ исследований и публикаций. Из теории сейсморезонансного метода исследований известно, что размеры зон неоднородностей, проявившихся в результате возникновения резонансного эффекта под воздействием сейсмических волн от взрывного источника, связаны с частотой колебания выражением

$$2\pi(f/c)R = 1, \quad (1)$$

где f - резонансная частота, Гц; R - радиус зоны неоднородности; c - скорость продольных волн в массиве

Известно, что помимо величины скорости колебаний от массовых взрывов, опасными для зданий и сооружений являются также частоты, порождаемые этими взрывами, которые при определенных условиях могут вызывать серьезные повреждения строительных конструкций.

В настоящее время существует большое количество алгоритмов и групп алгоритмов, которые так или иначе решают основную задачу спектрального анализа: оценивание спектральной плотности мощности. Основной вклад внесли такими исследователями как: Голд Б. (Gold B.), Рабинер Л. (Rabiner L.R.), Бартлетт М. (Bartlett M.S.) Однако каждый из алгоритмов имеет свою область приложения. Например, градиентные адаптивные авторегрессионные методы не могут быть применены к обработке данных с быстро меняющимся во времени спектром. Классические методы имеют широкую область применения, но проигрывают авторегрессионным и методам, основанным на собственных значениях, по качеству оценивания. Но в реальном масштабе времени использование последних затруднено из-за сложности вычислений [2].

Постановка задачи. Основная задача спектрального анализа сигналов - выявление гармонического спектра сигналов, т.е. определение частот гармонических составляющих сигнала (выявление частотного спектра), амплитуд этих гармонических составляющих (амплитудного спектра) и их начальных фаз (фазового спектра).

Имея в наличии значения преобладающих периодов колебаний систем, появляется возможность выбора периода (частоты) собственных колебаний, указанных систем таким образом, чтобы избежать существенного нарастания амплитуды колебаний при взрывах.

Спектральный анализ сейсмических колебаний помимо научного интереса как средства изучения законов образования и распространения упругих волн имеет также большое практическое значение, поскольку позволяет определять в частотном спектре колебательного процесса от массовых взрывов наличие частот, близких к собственным частотам охраняемых объектов.

Изложение материала и результаты. В основе спектрального анализа лежит теория Фурье о возможности разложения любого периодического процесса с периодом $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$ (где ω -

круговая частота периодического процесса, а f - его частота в герцах) в бесконечную, но счетную сумму отдельных гармонических составляющих.

Любой периодический процесс с периодом T может быть представлен в виде так называемого комплексного ряда Фурье

$$x(t) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} X^*(m) \cdot e^{j(2\pi mf) \cdot t} = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} X^*(m) \cdot e^{j(m\omega) \cdot t}, \quad (2)$$

причем комплексные числа $X^*(m)$, которые называют *комплексными амплитудами* гармонических составляющих, вычисляются по формулам

$$X^*(m) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \cdot e^{-j(2\pi mf)t} dt = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t) \cdot e^{-j(m\omega)t} dt, \quad (3)$$

Таким образом, частотный спектр периодического колебания состоит из частот, кратных основной (базовой) частоте f .

Если комплексную амплитуду (2) представить в экспоненциальной форме

$$X^*(m) = \frac{a_m}{2} \cdot e^{j\varphi_m}, \quad (4)$$

то величина a_m будет представлять собой амплитуду гармонической составляющей с частотой $f_m = mf$, а φ_m - начальную фазу этой гармоники, имеющей форму косинусоиды, т.е. исходный процесс можно записать в виде

$$x(t) = a_0 + \sum_{m=1}^{+\infty} a_m \cdot \cos(2\pi mft + \varphi_m), \quad (5)$$

который, собственно, и называют *рядом Фурье*.

Разложение (2) позволяет рассматривать совокупность комплексных амплитуд (3) как изображение периодического процесса в частотной области. Желание распространить такой подход на произвольные процессы, в том числе и непериодические сейсмические колебания, привело к необходимости ввода понятия Фурье-изображения в соответствии с выражением

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot e^{-j(2\pi f)t} dt, \quad (6)$$

Этот интеграл, несмотря на его внешнее сходство с выражением (3) для комплексных коэффициентов ряда Фурье, довольно существенно отличается от них. В то время как физическая размерность комплексной амплитуды совпадает с размерностью самой физической величины $x(t)$, размерность Фурье-изображения равна размерности $x(t)$, умноженной на размерность времени.

Приведенный спектральный анализ на основе теории Фурье был взят за основу при определении частотных характеристик импульсных динамических воздействий сейсмозрывных колебаний массовых взрывов на горнодобывающих предприятиях Кривбасса.

На практике сейсмический эффект массовых взрывов определяется в основном тремя параметрами: уровнем амплитуд, преобладающими частотами спектральных характеристик и продолжительностью колебаний. Поэтому кроме величины скорости колебаний, генерируемых взрывами, представляют опасность для сохранности зданий и сооружений также и частотные характеристики, порождаемые этими взрывами, которые при наложении определенных условий могут вызывать серьезные повреждения строительных конструкций [3].

Для примера рассмотрим запись колебаний от массового взрыва (рис. 1), проведенного на шахте им. Орджоникидзе ПАО «ЦГОК» (26.06.11 г.).

На рис. 1 приведена запись сейсмозрывных колебаний, выполненная с применением временной цифровой сейсмометрической аппаратуры.

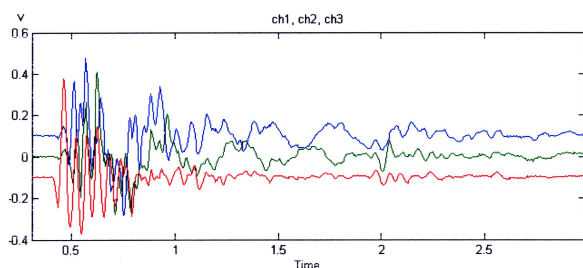


Рис. 1. Сейсмограмма колебаний от массового взрыва на шахте им. Орджоникидзе (26.06.11 г.) по трем каналам (ch1-X, ch2-Y, ch3-Z)

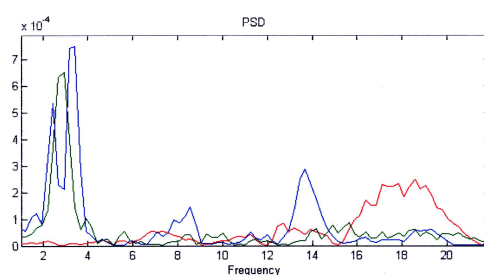


Рис. 2. Распределение мощности сигнала от массового взрыва на шахте им.Орджоникидзе (26.06.11 г.) по частотам

После выполнения спектрального анализа зафиксированных параметров и фильтрации сигналов при помощи фильтров низкой частоты, вследствие высокой чувствительности сейсмоприемников и проявления высокочастотных помех, выделяются частоты требуемого диапазона.

На рис. 2 приведено распределение мощности сигнала от массового взрыва по частотам.

Как видно из рис. 2, максимальная мощность спектральной плотности колебаний лежала в диапазоне 2-4 Гц, которые характерны для частот собственных колебаний некоторых типов близлежащих зданий.

Выводы и направление дальнейших исследований. Приведенные в статье результаты исследований подтверждает важность проведения анализа сейсмограмм не только по величине скорости колебаний грунта в районе охраняемого объекта, но также анализ частотных составляющих на основе сопоставления частотного спектра вынужденных и собственных колебаний сооружений.

При оценке спектральных характеристик необходимо принимать во внимание сложность и изменчивость свойств геологических структур вовлекаемых в разработку при добыче полезного ископаемого.

Список литературы

1. Кузьменко А.А., Денисюк И.И., Дауегас А.А. Сейсмическое действие взрыва в горных породах – 1990. – С.40-42
2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. - 2-е. - СПб.: Питер, 2007. – 270 с.
3. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях. В 2-х тт. - М.: «Мир», 1983
4. ДСТУ 4704:2008 Проведення промислових вибухів Норми сейсмічної безпеки.

Рукопись поступила в редакцию 23.12.12

УДК 622.235

О.О. ФРОЛОВ, канд. техн наук, доц., Т.В. КОСЕНКО, ст. викладач, Ю.О. БРИТВИН, студент
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНТУРНОГО ПІДРИВАННЯ НА КАР'ЄРАХ

Виконано аналіз досліджень з вибору раціональних параметрів контурного підривання. Встановлено, що ефективність контурного підривання залежить від оптимальної відстані між свердловинами контурного ряду і конструкції заряду, який характеризується усередненою лінійною масою заряду ВР. Отримана залежність лінійної маси свердловинного заряду ВР від відстані між контурними свердловинами, яка забезпечує розвиток системи тріщин між ними.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. При проведенні масових вибухів на кар'єрах відбувається руйнування законтурного масиву гірських порід. Це спричиняє зниження стійкості відкосів уступів та значно ускладнює наступне виконання буропідривних робіт (БПР). Для усунення вказаних недоліків застосовують метод контурного підривання, який, за рахунок створення екрануючої площини, дозволяє отримати відносно рівну і стійку поверхню відкосу уступу та зменшити об'єм руйнування гірського масиву за проектним контуром [1].

Якість виконання робіт з контурного підривання залежить насамперед від наступних факторів: відстані між свердловинами в контурному ряду, щільності заряджання вибухової речовини (ВР) в свердловині, діаметра свердловини і конструкції заряду. Для отримання необхідних результатів вибуху необхідно розглядати сукупний вплив цих факторів [2]. Зокрема, діаметр контурних свердловин є технологічним параметром і в більшості випадків він співпадає з діаметром основних свердловин. Конструкція контурного свердловинного заряду може мати декілька варіантів: від подовженого заряду ВР на повний діаметр свердловини і зменшеного діаметру лінійного заряду (гірлянди з патронованих ВР, формування заряду в пристрій подачі рукава та ін.) до зарядів з повітряними і інертними проміжками [3]. Водночас, загальною характеристикою всіх існуючих конструкцій контурного заряду є щільність заряджання ВР, яка відображає лінійну масу заряду.

Аналіз досліджень і публікацій. В більшості випадків обгрунтування способу контурного підривання на кар'єрах полягає у виборі раціональної конструкції контурних свердловинних зарядів вибухової речовини (ВР) при фіксованому значенні відстані між контурними свердловинами [3] або в оптимальному розташуванні контурних свердловин різних діаметрів зі зменшеним вмістом ВР в свердловинних зарядах [4]. Властивості гірського масиву враховуються здебільшого, опосередковано, через виробничий досвід на даному підприємстві.

Авторами роботи [5] проведено аналіз методів визначення параметрів контурного підривання для формування постійних бортів кар'єрів. В результаті цього встановлено, що вони не дозволяють достатньо обгрунтовано рекомендувати параметри БПР для конкретних гірничо-геологічних умов, а