

ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА РАБОТЫ РАМНОЙ КРЕПИ ВЫЕМОЧНЫХ ШТРЕКОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОЙ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

Наведено методику та результати віброакустичної діагностики роботи рамного кріплення в виїмкових штреках при високій швидкості посування вибою.

THE VIBRATING-ACOUSTIC DIAGNOSIS OF A FUNCTIONING OF A BRACED LINING OF A TAKING-OUT DRIFT'S ON THE INTENSIVE EXECUTION OF A COAL-BED'S

The procedure and results of a vibrating-acoustic diagnostics of functioning of a braced lining's is given at high speed of moving of a faces.

На шахте «Красноармейская-Западная № 1» достигнуты высокие результаты по нагрузке на очистной забой. Среднесуточная добыча в расчете на одну лаву составляет порядка 2000 т, а рекордные показатели – порядка 6000 т. Интенсификация добычи привела к высокой скорости подвигания очистного забоя - порядка 5-7 м в смену. В указанных условиях усложнилось поддержание выемочных штреков, предназначенных для повторного использования.

Охрана выемочных штреков осуществляется с использованием комбинированных охранных систем. Для поддержания штрека перед лавой служит рамно-анкерное крепление, а после прохода лавы конструкцию усиливают однорядной литой полосой.

При высокой скорости подвигания очистного забоя начинают проявляться эффекты, отрицательно влияющие на устойчивость выработки. К важнейшим из них следует отнести:

отставание обрушения основной кровли за лавой;

превышение скорости возрастания нагрузок на литую полосу по сравнению со скоростью набора прочности твердеющей смеси в заливочных емкостях.

Оба упомянутых эффекта приводят к увеличению нагрузки на рамную крепь. Дополнительно к этому, вследствие происходящих за лавой процессов образования в кровле блочных структур, на глубине, превышающей размеры зоны анкерования, эффективность анкерной крепи также существенно снижается, особенно со стороны отработанного пространства. Снижение несущей способности одного элемента системы неизбежно приводит к повышению нагрузок на оставшиеся – в том числе на раму.

Визуально наблюдаемые процессы деформирования арки после прохода лавы являются уже итогом ее взаимодействия с породным массивом. Первичным фактором является величина нагрузки на звенья арочной крепи. Для оперативной оценки в качественном плане степени нагружения арки на любом этапе эксплуатации выработки может быть использован виброакустический метод. Указанный метод в шахтных исследованиях используется преимущественно для оценки состояния естественных и искусственно созданных плоско-параллельных структур [1]. Метод базируется на анализе параметров пакета свободных колебаний в исследуемом элементе охранной конструкции, возбужденном внешним кратковременным силовым воздействием. Наиболее выгод-

ным в энергетическом плане для возбуждения элемента является механический удар.

Выполненные в институте геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины исследования позволили выявить возможность эффективного использования ударной вибродиагностики также и для систем, топологически отличающихся от плоскопараллельных структур [2]. В частности установлено, что при возбуждении одного из элементов многозвенной арочной крепи, она даже при качественном соединении смежных звеньев не колеблется как единое целое, а каждое звено характеризуется своими индивидуальными особенностями.

Звено крепи следует рассматривать как колебательную систему с большим числом степеней свободы, в которой может возникнуть одновременно несколько типов свободных колебаний. Наиболее значительными по амплитуде и энергии при нанесении удара в центральной части звена, по обращенной к центру выработки поверхности рамы, являются изгибные колебания. Одной из важнейших характеристик колебательной системы произвольной природы является ее добротность. При незначительном оттоке энергии из системы проявляются ее резонансные свойства. По своей структуре звено крепи, как колебательная система, имеет большое число резонансов, обусловленных наложением затухающих колебаний различных типов. Однако, в любом случае существует область частот, в пределах которой спектральные составляющие имеют наибольшую амплитуду. Повышенная добротность звена крепи означает его слабую механическую связь с массивом или, иными словами, отсутствие нагрузки на звено. С возрастанием нагрузки на крепь улучшается механический контакт колеблющегося звена с окружающей средой, увеличивая показатель затухания данной колебательной системы и приводя к быстрому уменьшению амплитуды свободных колебаний, преимущественно на резонансных частотах.

Значение полосы частот с максимальной амплитудой для звеньев вновь установленной рамной крепи зависит от формы и размеров каждого звена, от конструкции крепи в целом, а также от положения точки удара. Шахтные исследования показали, что максимум спектральной плотности находится в области сотен герц.

Наиболее употребительной для крепления выемочных штреков является трехзвенная арочная крепь со сводчатым верхняком. Наиболее распространена крепь типа КМП-А3. Сейчас начинает внедряться двухрадиусная крепь с улучшенными характеристиками КМП-А3Р2. Целесообразная схема точек нанесения удара по звеньям трехэлементной арки представлена на рис. 1.

Расположение точки приема вибрации звена возможно в нескольких вариантах. Наиболее простым является расположение приемника в пределах возбуждаемого звена. При этом способе обеспечиваются наименьшие искажения спектрального состава колебаний. Однако в практическом плане такой способ при наличии в выемочном штреке работающего конвейера, подвесного монорельса и прочего оборудования сложно реализовать. Поэтому используется иной вариант регистрации свободных колебаний звеньев, в соответствии с которым приемник вибрации располагают либо на смежной арке, либо на поверхности породного массива. При этом распространение сигнала от колеблющегося звена происходит через затяжку и породный массив.

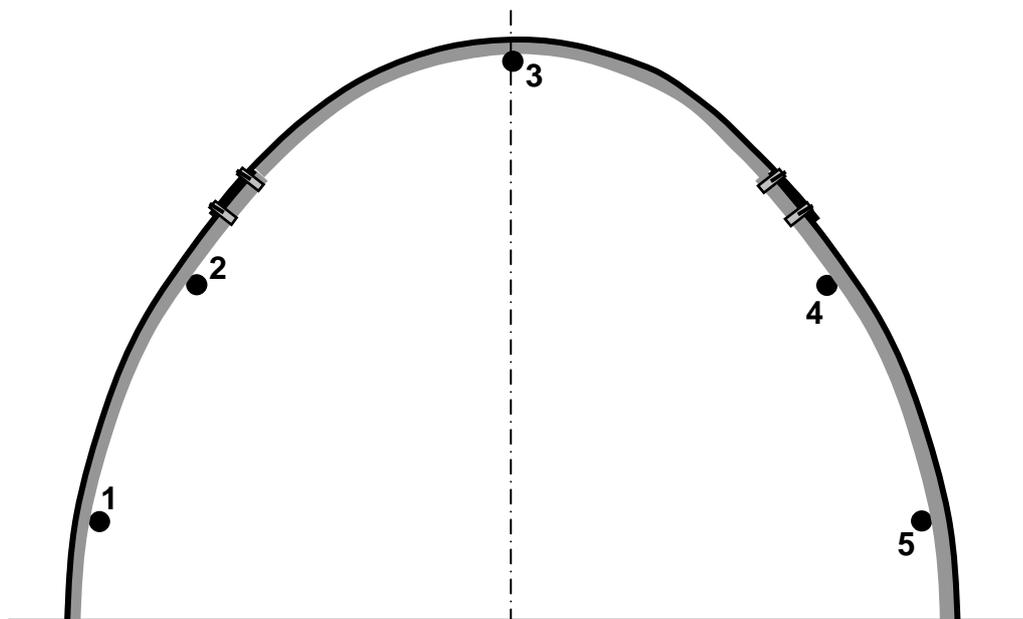


Рис. 1 – Схема расположения точек возбуждения трехзвенной арочной крепи

Достигающий приемника вибрации сигнал приходит существенно ослабленным. Указанный недостаток можно компенсировать путем увеличения энергии удара. Преимуществом же при данной схеме контроля является постоянство условий акустического контакта приемника со средой при обследовании всех участков арки.

В качестве контрольного был выбран участок во 2-ом южном конвейерном штреке блока № 8, расположенный вне зоны влияния лавы (около 200 м до лавы) и закрепленный только рамной крепью. Измерения выполнялись искровзрывобезопасной аппаратурой ИСК-1Ш, разработанной в институте геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины [3]. Аппаратура представляет собой 10-полосный спектральный анализатор с кратковременной аналоговой памятью. Определяемым параметром служила амплитуда сигнала на частоте максимума спектральной плотности, выраженная в дециБелах. Контроль арок осуществлялся с шагом 5 м. Результаты виброакустической диагностики представлены на рис. 2.

ТОЧКИ	1	18	21	21	21	27	24	27	24	15	27	18	21	21	21	21	27	27	24	27
	2	24	24	27	27	21	21	21	21	12	27	24	24	27	24	24	27	27	24	27
	3	15	18	21	27	18	15	18	12	15	21	18	27	24	24	24	27	27	27	27
	4	24	21	24	24	24	24	24	24	27	27	27	21	27	27	24	27	27	27	27
	5	21	27	24	24	27	24	27	21	24	27	27	24	27	27	24	27	27	27	27
		190	200	210	220	230	240	250	260	270	280									
		Расстояние до лавы L , м																		

Рис. 2 – Результаты виброакустической диагностики рам на контрольном участке вне зоны влияния лавы

Особенностью виброакустической диагностики является то, что критериальные значения всегда имеют относительный, а не абсолютный характер. Кри-

териальные значения информативного параметра в рамках данного эксперимента представлены в табл. 1

Таблица 1 – Критериальные значения информативного параметра при виброакустической диагностике арок

Значение параметра, дБ	Нагрузка на участок арки	Графическое обозначение
27 и более	практически отсутствует	
18 - 24	умеренная	
менее 18	сильная	

Распределение ступеней нагруженности на экспериментальном участке в процентном соотношении представлено на рис. 3.

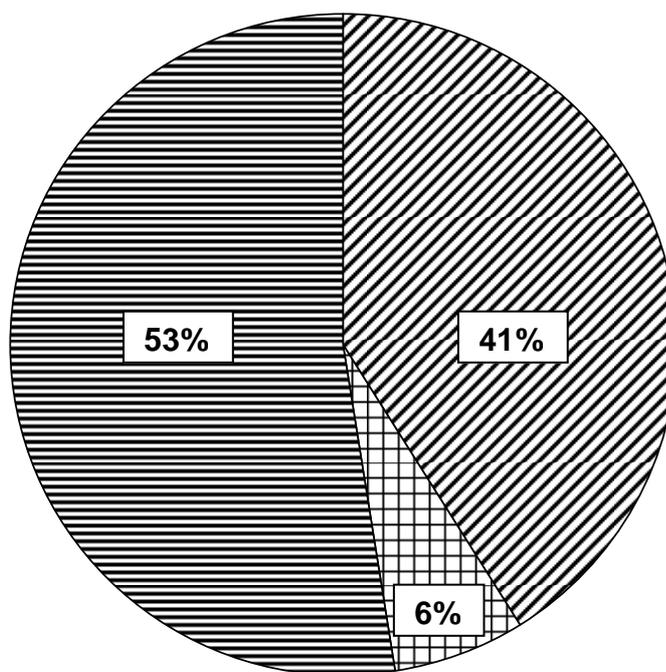
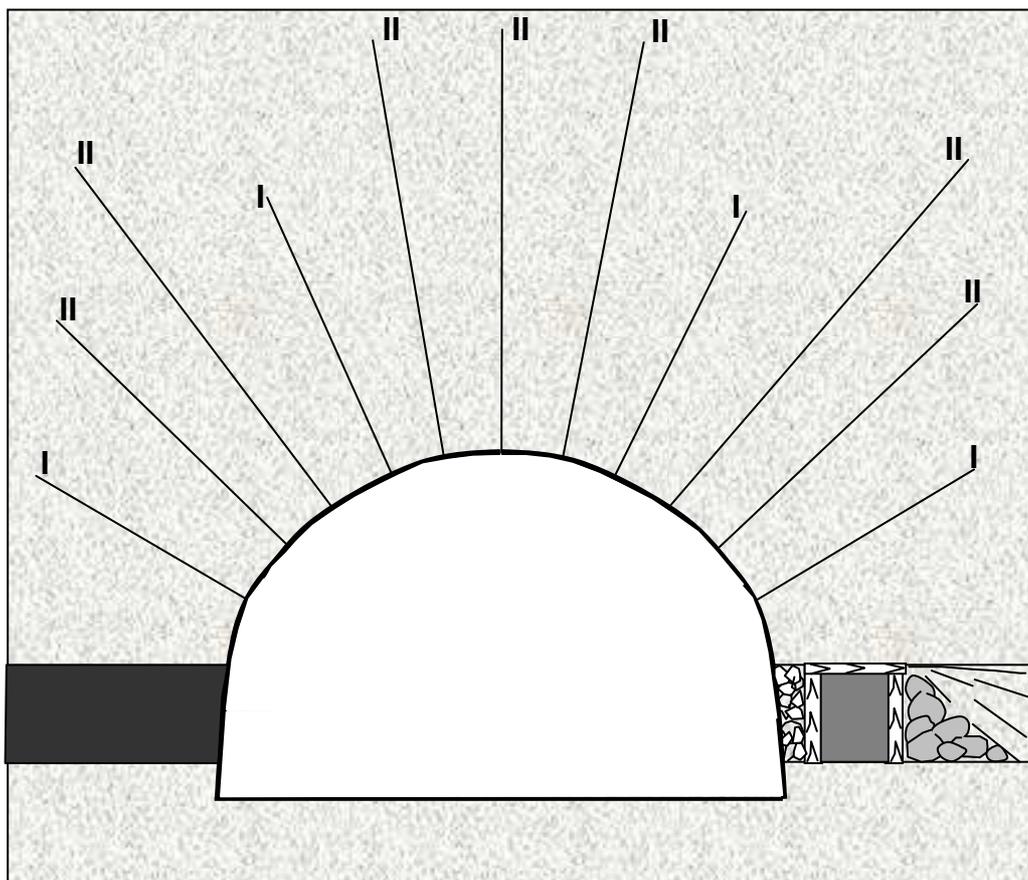


Рис. 3 – Диаграмма распределения нагрузок на арочную крепь в пределах экспериментального участка

Рис. 3 свидетельствует о том, что вне зоны влияния лавы преобладающая часть звеньев рамы нагружена умеренно, а значительная часть – и вовсе не нагружена. Выработка поддерживается в нормальном состоянии даже без наличия анкеров.

Исследовано распределение нагрузки на раму для двух вариантов комбинированной охранной системы, отличающихся расположением анкеров между

рамами. Оба варианта крепления реализованы во 2-ом южном конвейерном штреке блока № 8. Первый вариант (ПК 68 – ПК 78) представлен на рис. 4.



I – длина анкера 2,4 м, II – длина 2,9 м, III – длина 4,0 м.

Рис. 4 - Схема комбинированной охранной системы в составе рамно-анкерной крепи (первый вариант) и литой полосы

Диагностика состояния крепи началась с расстояния 10 м за лавой, где уже была установлена литая полоса. Ее результаты представлены на рис. 5.

ТОЧКИ	1	15	15	18	15	21	15	18	12	15	21	15	18	15	15	12	21	21	15	21
	2	18	15	15	21	12	15	15	15	12	21	15	15	21	12	15	18	15	21	12
	3	15	15	15	24	15	15	15	12	15	15	15	21	18	18	15	18	15	18	15
	4	21	15	12	15	18	15	15	15	15	12	21	15	15	15	15	18	15	12	15
	5	15	21	12	15	15	12	9	15	15	15	18	12	18	15	18	12	15	15	15
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100									
		Расстояние за лавой L. м																		

Рис. 5 – Результаты виброакустической диагностики рам на участке с комбинированной охранной системой, выполненной по первому варианту, за лавой

Диаграмма распределения нагрузок на арку на участке с первым вариантом комбинированной охранной системы, расположенном на момент измерения непосредственно за лавой, представлена на рис. 6.

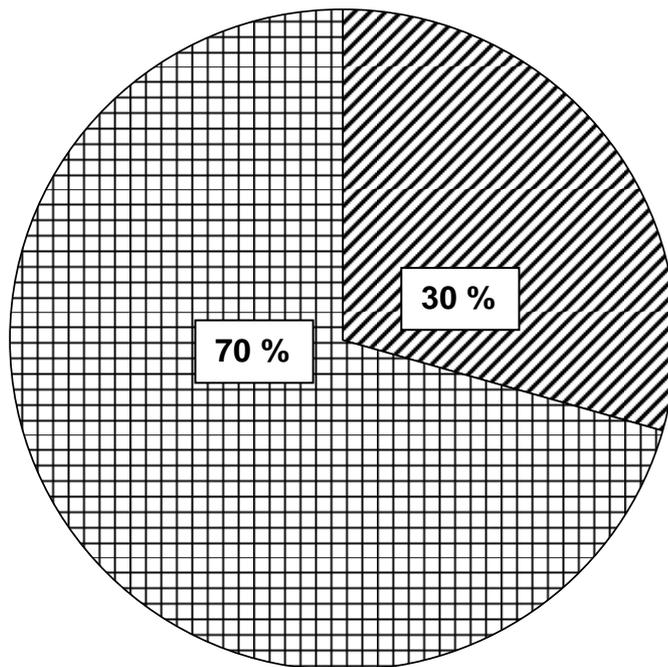


Рис. 6 – Диаграмма распределения нагрузок на арочную крепь за лавой на участке с комбинированной охранной системой, выполненной по первому варианту

Второй вариант комбинированной охранной системы также представлен рамной крепью, системой анкеров и литой полосой. Отличия указанного варианта состоят в уменьшенном числе анкеров ($l = 2,4$ м) и чередовании литой полосы с железобетонными тубингами. Схема крепления представлена на рис. 7.

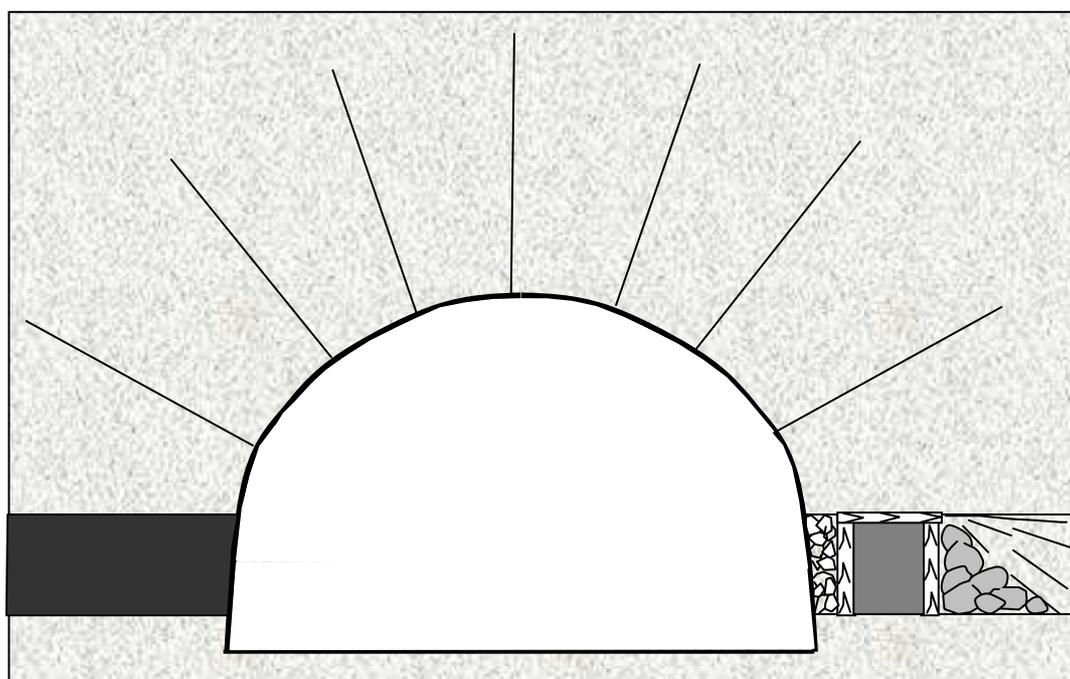


Рис. 7 - Схема второго варианта комбинированной охранной системы

Участок обследовался на расстоянии 300 м за лавой (ПК 96 – 106), т. е. там, где ее влияние уже закончилось и нагрузка на крепь стабилизировалась. Результаты вибродиагностики представлены на рис. 8.

Точки	1	15	18	15	12	18	12	15	15	12	15	15	12	18	12	12	21	12	18	15
	2	12	15	15	15	15	15	18	15	15	18	12	15	15	15	12	18	12	15	12
	3	12	15	15	12	18	15	15	9	12	15	15	9	12	12	15	12	15	9	15
	4	9	12	6	15	9	12	12	12	12	12	18	12	9	15	12	18	12	12	12
	5	12	15	9	12	9	12	9	12	12	12	12	9	18	9	15	15	6	9	9
		300	310	320	330	340	350	360	370	380	390									
		Расстояние за лавой L, м																		

Рис. 8 – Результаты виброакустической диагностики рам на участке с комбинированной охранной системой, выполненной по первому варианту, за лавой

Диаграмма распределения нагрузок на арку на участке со вторым вариантом комбинированной охранной системы, расположенном на момент измерения на расстоянии 300 м за лавой, представлена на рис. 9.

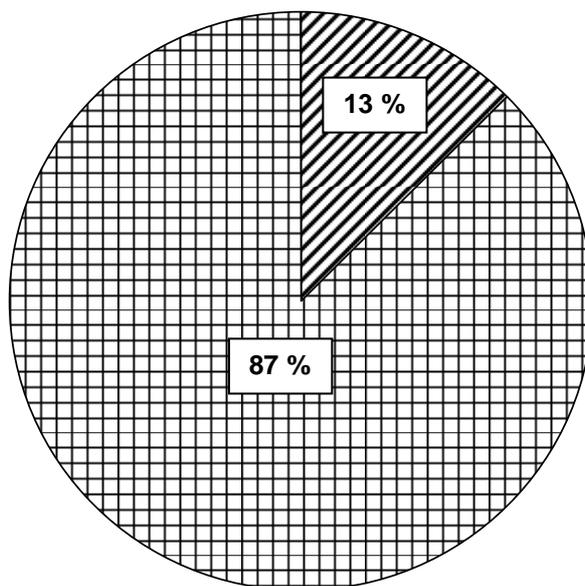


Рис. 9 – Диаграмма распределения нагрузок на арочную крепь за лавой на участке с комбинированной охранной системой, выполненной по второму варианту

Таким образом, виброакустическая диагностика позволила выявить, что вне зоны влияния лавы при отсутствии видимых деформаций рамы преобладающая часть ее поверхности является умеренно нагруженной. Деформации рамы после прохода лавы весьма значительны и по ее новой форме нельзя достоверно установить распределение нагрузок. Виброакустическая диагностика показала, что при общем сильном давлении на поверхность арки, все же существуют умеренно нагруженные участки преимущественно со стороны угольного целика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 3937065 США, МКИ⁵ G01N 29/04. Delimitation detector; W. Moore and G. Swift (США). - № 7113320; Заявлено 15.05.72; Оpubл. 27.10.73; НКИ 73-67.
2. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем. - Днепропетровск: ИГТМ НАНУ им. Н.С. Полякова. – 2004. – 75 с.
3. Яланский А.А. и др. Теоретические и аппаратурные разработки виброволнового контроля строительных конструкций и материалов. /Яланский А.А., Паламарчук Т.А., Сергиенко В.Н., Усаченко В.Б. // Тезисы докладов IV-ой международной научной конференции «Материалы для строительных конструкций». – Днепропетровск, 1996. – С. 73.