

**ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ
«УГЛЕПОРОДНЫЙ МАССИВ-КРЕПЬ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК»**

Викладені результати використання віброакустичного методу для оцінки напружень та контролю динаміки системи “аркове металеве кріплення-вуглепорідний масив”

**VIBROACOUSTIC CONTROL OF THE DYNAMIC OF THE SYSTEM
«COALROCK MASSIF-TIMBERING OF MINING WORKINGS»**

Results of the utilization of vibroacoustic method of the valuation stress and control of the dynamic system «archic metallic timbering-coalrock massif»

Одно из важнейших направлений повышения безопасности горных работ – это эффективное и надежное поддержание кровли горных выработок посредством использования бетонных, металлических арочных, анкерных и других крепей. Силовые характеристики крепей выбираются, как правило, из условий противодействия горному давлению и весу зоны расслоившихся в кровле пород. Однако, в процессе ведения горных работ, вследствие влияния выработок друг на друга, происходит перераспределение напряжений в массиве, что может привести к потере несущей способности крепи и, как следствие, внезапному обрушению пород кровли. Следует отметить, что уровень травматизма на ряде шахт угольной отрасли от обрушений кровли выработок достигает 40 % от общего количества несчастных случаев. Поэтому контроль динамики системы «массив-крепь» весьма важная и актуальная задача.

Установлено [1], что для экспресс-контроля динамики горного давления вблизи магистральных выработок можно применять метод ударно-волновой диагностики, в частности его модификацию – виброакустический метод, базирующийся на ударном возбуждении системы “крепь-массив” и регистрации ее собственных колебаний. При этом было показано, что параметры колебаний зависят от степени демпфирования указанной системы и, соответственно, величины давления массива на крепь. Теоретическими исследованиями определена следующая связь частоты (ω) и амплитуды (A) колебаний с параметрами системы «крепь-массив»:

$$\omega \approx \alpha C_p h_k \sqrt{P}$$

$$A \approx 1 / C_p^2 h_k^2 P$$

где α – коэффициент условий контакта «крепь-массив»; C_p – скорость продольных волн в системе; h_k – геометрические параметры системы; P – давление на крепь.

Учитывая, что большинство магистральных и выемочных выработок на угольных шахтах закреплены металлической арочной крепью, основные исследования были направлены на изучение поведения системы «массив-металлическая арочная крепь» (в дальнейшем «крепь»).

По результатам лабораторных и стендовых исследований выявлены три частотных диапазона, в которых амплитуда собственных колебаний крепи зависит от силового взаимодействия в системе «крепь-массив». При этом показано, что степень нагруженности крепи обратно пропорциональна амплитуде ее собственных колебаний в диапазоне частот 0,03-0,2 кГц.

Оценка информативности и отработка методики виброакустического контроля динамики системы «крепь-массив» выполнена на шахте «Западно-Донбасская» ГХК «Павлоградуголь». С этой целью на горизонте 480 м было оборудовано восемь наблюдательных станций, разделенных по назначению на две группы (по четыре в каждой). Первая группа станций располагалась в капитальных выработках на участках массива, целостность которого существенно нарушена системой выработок околоствольного двора. Задача исследований на этой группе станций состояла в изучении динамики формирования напряженно-деформированных зон вокруг капитальных выработок, заложенных в изрезанном массиве горных пород. Вторая группа станций была заложена в магистральных штреках, подверженных влиянию фронта очистных работ. Задача исследований на этой группе станций состояла в изучении влияния фронта очистных работ на напряженно-деформированное состояние магистральных штреков. В каждом пункте наблюдений, в качестве объекта измерений, было выбрано по три смежных арки, при этом точки замеров располагали через 45° (при пятизвенной крепи) и через 60° (при трехзвенной). Периодичность замеров составляла около 1,5-2 месяцев.

Ниже, на круговых диаграммах, приведены результаты оценки нагрузки на крепь, ее распределение в поперечном сечении выработки и динамика изменения во времени. Следует учесть, что каждая ломанная представляет собой усредненную силовую характеристику взаимодействия в системе «крепь-массив», полученную по результатам измерений на трех смежных арках, что значительно повышает достоверность информации за счет сглаживания или исключения вредного влияния факторов, не имеющих отношения к силовым параметрам системы.

Результаты наблюдений в камере накопления вагонеток, представленные на рис. 1, свидетельствуют о стабильности состояния системы «крепь-массив». (На этом рисунке и всех последующих цифрами 1-5 обозначены данные последовательных измерений с интервалом 1,5-2 месяца). Интерес представляют два момента: понижение давления в кровле и различие давлений по горизонтали. Первое явление достаточно часто наблюдается в выработках шахт Западного Донбасса, в которых естественный свод стремится к шатрообразной форме с минимальной потенциальной энергией. Второе явление обусловлено перемещением пород по плоскостям скольжения, а также наличием зоны разгрузки, создаваемой близлежащими выработками.

Динамика формирования напряженно-деформированных зон, полученная по измерениям в ходке камеры пылеподавления, значительно сложнее (рис. 2). Силовые характеристики системы «крепь-массив» носят, в основном, хаотичный во времени характер, что свидетельствует о многофакторном влиянии на напряженно-деформированное состояние этого участка массива. Исключение

составляет одна закономерность, которая просматривается достаточно стабильно: западная часть выработки и кровля более нагружены, чем восточная. Эпюра нагрузок на крепь вытянута на восток под углом около 45° . Замеры свидетельствуют о наличии в этой области зоны разгрузки, создаваемой главным стволом, бункером и примыкающими к ним выработками. Изучаемый участок камеры пылеподавления находится в нестабильном напряженно-деформированном состоянии и нуждается в постоянном геомеханическом контроле.

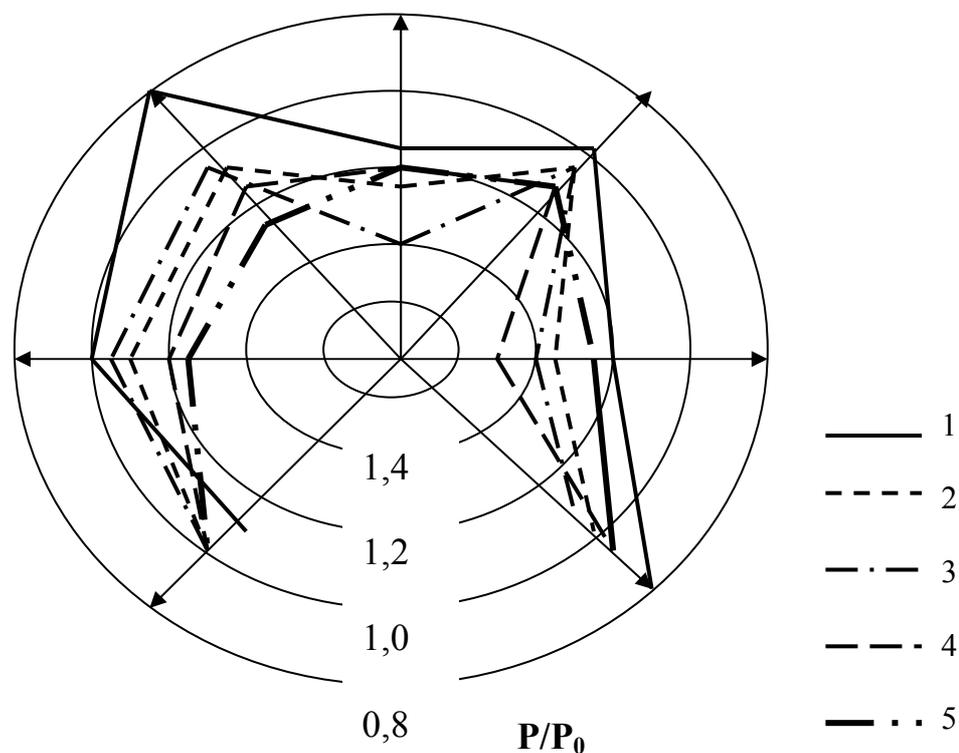


Рис. 1 - Характер динамики системы «крепь-массив» в камере накопления вагонеток

Динамика напряжений в массиве зависит не только от его изрезанности, но и от способов охраны выработок, причем весьма существенно. Это подтверждается результатами виброакустического контроля в камере пылеподавления, закрепленной сплошной бетонной крепью с обратным сводом. Несмотря на близость этой выработки к описанным выше, форма эпюры нагрузок на крепь в последнем случае близка к шатрообразной с небольшим наклоном на север, а абсолютная величина нагрузок существенно ниже. Это обусловлено близостью ствола и бункера, играющих роль разгрузочных выработок. Различие давлений на южный и северный бока выработки связано с перемещением пород в северном направлении по плоскостям скольжения.

Результаты наблюдений, выполненных в магистральных штреках в зоне влияния фронта очистных работ 825-й лавы, представлены на рис. 3. Анализируя их можно сделать вывод, что по мере подвигания лавы (за четыре месяца) каких-либо существенных изменений в напряженно-деформированном состоянии массива не происходило. После отработки столба значения нагрузок на

крепь в кровле и боках выработки со стороны лавы как в конвейерном, так и в вентиляционном штреках несколько понизились.

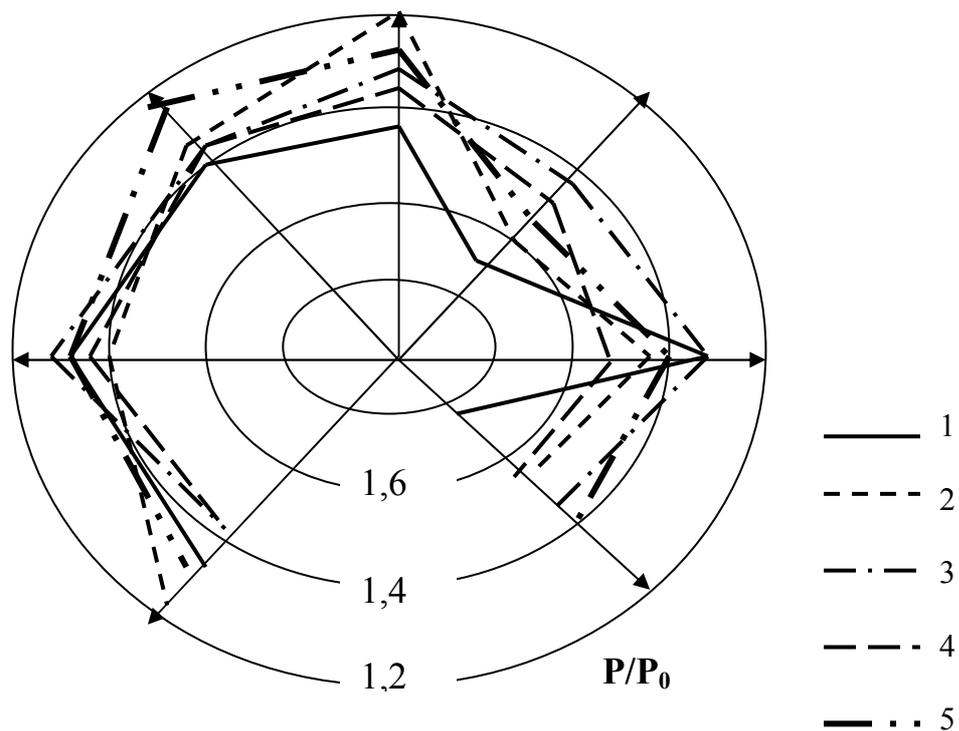


Рис. 2 - Характер динамики системы «крепь-массив» выработки околоствольного двора

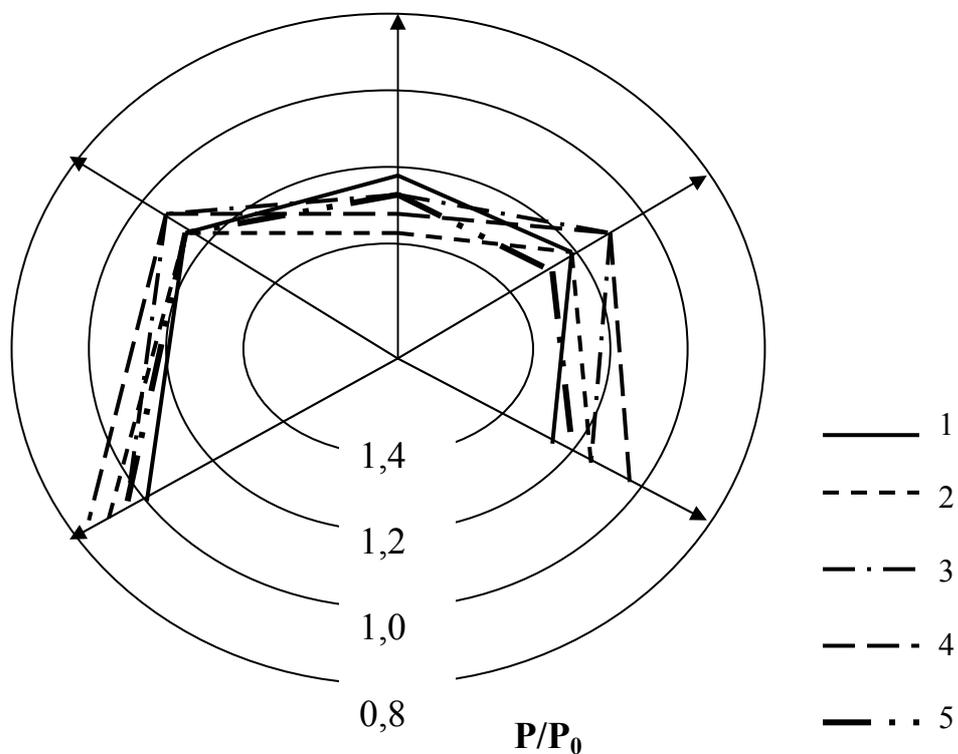


Рис. 3 - Характер динамики системы «крепь-массив» магистрального штрека в зоне влияния фронта очистных работ.

Характер распределения напряжений вблизи указанных штреков такой, что нагрузки на крепь в кровле ниже, чем в боках выработки. Близость выработок друг к другу существенно сказывается и на характере напряжений в массиве вблизи почвы. В данном случае напряжения вблизи почвы в откаточном и вентиляционном штреках, со стороны конвейерного, ниже, что объясняется наличием последнего. То же наблюдается и в почве конвейерного штрека, испытывающего обоюдное влияние от вентиляционного и откаточного штреков. Большая величина разгрузки участка со стороны откаточного штрека объясняется усилением эффекта разгрузки за счет примыкания дополнительного сопряжения с выработкой.

Выполненные исследования позволили установить, что в условиях неустойчивых пород, характерных шахт Западного Донбасса, влияние подготовительных и капитальных выработок на формирование напряженно-деформированного состояния отмечается на расстояниях до 20-30 м, а очистных выработок – 80-100 м и более.

Несмотря на высокую степень изрезанности массива в районе околоствольного двора, выработки, закрепленные многослойными кольцевыми крепями, нагружены по периметру достаточно равномерно и изменение нагрузок на них во времени практически не происходит. В этих же условиях в выработках, закрепленных обычной крепью, силовые характеристики системы «крепь-массив» весьма нестабильны во времени, а распределение нагрузок на крепь по периметру существенно неравномерно. Причем напряжения в кровле ниже, чем в боках выработок. В то же время поле напряжений вокруг магистральных штреков, закрепленных обычной крепью с тампонажем массива, значительно равномернее.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод, что виброакустический метод можно успешно применять для экспресс-контроля формирования напряженно-деформированных зон в углепородном массиве вблизи выработок, контроля динамики и прогноза надежности работы системы «крепь-массив», а также качества тампонажа закрепного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М., Скипочка С.И., Мухин А.В. Ударно-волновой метод экспресс-контроля горного давления в окрестностях магистральных выработок//Уголь Украины.- 1995.-№11.- С.8-9.