УДК 622.831

О.В.КОЛОСОВА
Факультет освоения подземного пространства,
аспирант кафедры строительства горных предприятий
и подземных сооружений

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ НА ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Выполнен анализ устойчивости горных выработок, определены особенности нарушений устойчивости пород в приконтурной зоне массива в зависимости от типа и энергии динамических явлений, характер распределения динамических напряжений.

Составлена энергетическая классификация динамических явлений, показывающая характер воздействия динамических явлений на горные выработки.

Анализ динамических проявлений горного давления показал, что при динамических явлениях обоих типов зона нарушения массива пород значительно превышает размеры очаговой зоны. Вокруг выработок глубоких рудников могут иметь место зоны дезинтеграции. Формирование этих зон вокруг выработок в предельно напряженных массивах происходит в результате действия статических окружных тангенциальных напряжений вблизи контура выработок и динамических воздействий от горных ударов и массовых взрывов путем хрупкого разрушения и расслоения приконтурного массива.

Executed analysis of stability of mountain productions, are determined particularities of breaking stability of sorts in to the area an array under different types and energy of dynamic phenomenas, nature of sharing the dynamic voltages.

Form energy categorization of dynamic phenomenas, show nature of influence of dynamic phenomenas on mountain productions.

Analysis of dynamic manifestations of mountain pressure, surround production (ellipse of destroying) has show that under dynamic phenomenas of both types an area of breaking an array of sorts vastly exceeds sizes an area. Provide in given working a study show that around productions of deep mines are to exist areas. Shaping these areas in circle of productions in at most tense arrays results from actions of steady-state district tangential voltages sidebar of productions and influences from mountain nocks and mass blasts by the way frail and array.

Динамические формы проявлений горного давления на рудных месторождениях страны регистрируются в последние 25-30 лет достаточно часто, а на Северо-Уральских бокситовых, Талнахском медно-никелевом, Таштагольском железорудном месторождениях и некоторых других наблюдаются интенсивные его формы в виде горных ударов.

Комплексные многолетние исследования на угольных и рудных месторождениях показали, что динамические явления возникают в условиях, когда скорость возрастания напряжений в предельно напряженном участке массива, прилегающем к выработке, превышает максимальную скорость релаксации в нем напряжений.

Горные удары возникают при определенном сочетании горно-геологических и горно-технических условий. Эти сочетания крайне разнообразны и связаны с влиянием многих факторов, которые определяют не только само возникновение горных ударов, но также их силу и характер проявления.

Динамические явления предлагается классифицировать по следующим признакам:

- по природе возникновения – на два типа (I – разрушение предельно напряженных краевых частей массива и залежи, целиков; II – крупные региональные динамические явления, названные горно-тектоническими и характеризующиеся хрупким разрушением пород в глубине массива с

Санкт-Петербург. 2002

подвижкой по имеющимся в нем поверхностям ослабления);

• по энергетическому признаку и характеру проявления – на стреляния, толчки, микроудары и собственно горные удары;

• по месту проявления – на происходящие в подготовительных и очистных выработках и в целиках.

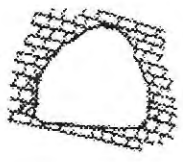
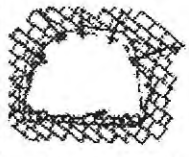
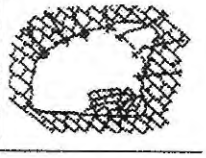
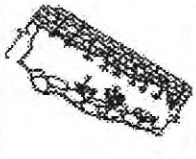
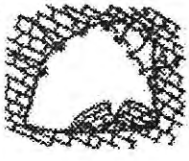
С позиции оценки устойчивости горных выработок при динамических проявлениях горного давления наиболее важно учесть тип динамического явления, т.е. особенности разрушения в очаге, энергетический диапазон, частоту и длительность колебаний сейсмических волн.

Наиболее общим подходом к классификации динамических явлений является энергетический, основанный на соотношении между притоком энергии к нагруженному элементу и ее поглощением в нем.

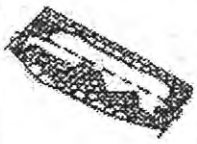
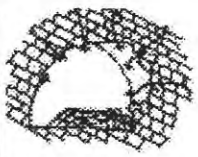
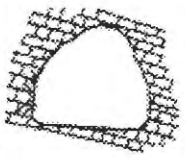
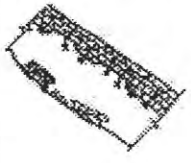
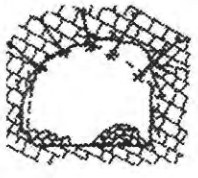
По данным ВНИМИ и Санкт-Петербургского горного института уточнена энергетическая классификация динамических явлений. Она наиболее полно раскрывает характер воздействия динамических явлений на горные выработки (табл.1). Первый тип динамических явлений характеризуется распространением сейсмических волн «растяжения» от очага по всем направлениям. В этом случае сейсмометры общешахтной сети наблюдений регистрируют первую полуволну вступления – «растяжение», а координаты очага динамического явления совпадают с центром эллипса разрушения массива пород. Зона разрушения массива распространяется от очага.

Таблица 1

Энергетическая классификация динамических явлений

Вид явления	W, Дж	f	L, м	Микросейсмические последствия в выработках	Формы потери устойчивости в выработках	
					очистных	подготовительных
I. Разрушение приконтурной зоны выработок						
Шелушение	10^2	≤ 2000	≤ 2	Разрушение породы по контуру выработки на отдельные пластины и их постоянное осыпание		
Заколообразование	10^2	300-2000	≤ 5	Разрушение пород по контуру выработки, отделение от обнажения плит, звуковой эффект		
Стреляние	10^3	80-300	≤ 10	Отрыв на контуре выработки пластин породы с резким звуковым эффектом		
Микроудар	10^4	1-80	≤ 20	Хрупкое разрушение породы с выбросом ее в выработку		
Удар средней силы	10^5	0,5-1,5	≤ 35	Хрупкое разрушение породы в глубине массива (пыль, звук, сотрясение массива)		

Окончание табл.1

Вид явления	W, Дж	f	L, м	Микросейсмические последствия в выработках	Формы потери устойчивости в выработках	
					очистных	подготовительных
Сильный горный удар	10^6	0,2-0,5	≤ 50	Хрупкое разрушение породы с выбросом ее в выработку, сопровождающееся нарушением крепи и технологического процесса, смещением машин и механизмов, сильным сотрясением массива		
				II. Разрушение в глубине массива		
Толчок	10^6	0,2-0,5	≤ 50	Хрупкое разрушение породы в глубине массива без разрушения ее вблизи горных выработок. Толчок сопровождается сотрясением массива и резким звуком. Возможно появление пыли, образование трещин в бетонной крепи и обрушение пород на недостаточно надежно закрепленных участках		
Региональный горный удар	10^8	0,05-0,2	≤ 350	Деформирование одновременно одного или нескольких шахтных полей на протяжении сотен и более метров. Завал одновременно очистных и подготовительных выработок по всему шахтному полю (полям). Сильный звуковой эффект, пыль, сотрясение массива и земной поверхности		

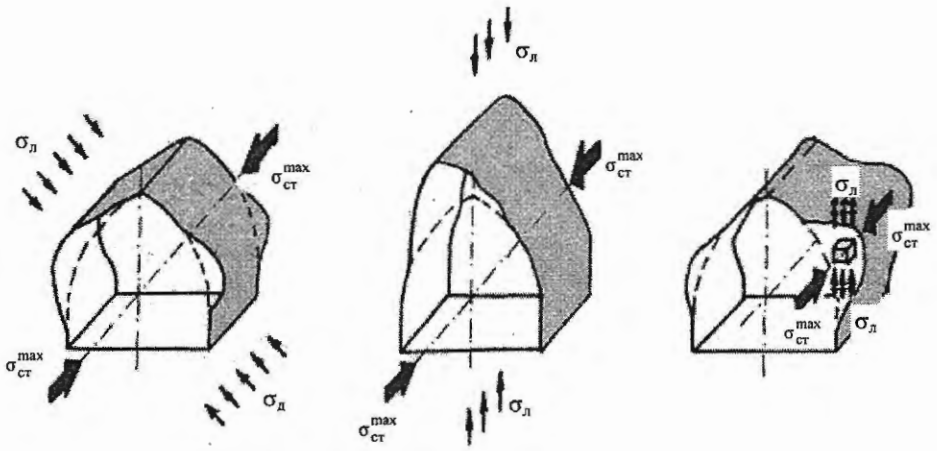
Примечание. W – энергия динамического явления; f – повторяемость (число явлений в месяц); L – размер зоны хрупкого разрушения.

Второй тип динамического явления характеризуется квадрантным распространением сейсмических волн от очага; сейсмометры общешахтной сети регистрируют по одному направлению полуволну вступления – «растяжение», а по другому – «сжатие».

Как показал анализ актов расследования более 250 горных ударов, произошедших на шахтах Северо-Уральского бокситового бассейна, и протоколов расследования динамических проявлений горного давления, начиная с 1970 г., в большинстве случаев зона нарушения массива пород, окружающих выработку (эллипс разрушения) при динамических явлениях обоих типов значительно превышает размеры очаговой зоны.

Результаты натурных исследований устойчивости горных выработок, выполненных на действующих горизонтах пяти шахт ОАО «Севуралбокситруда», позволяют утверждать, что характер разрушения пород в приконтурной зоне зависит от параметров сейсмических волн, которые, в свою очередь, определяются энергией динамического явления. Так, при $W \le 10^2 \div 10^3$ Дж в приконтурной зоне массива появляются трещины отрыва и заколы, которые распространяются на небольшую глубину.

В подготовительных выработках зоны нарушений возникают в боках или сводовой части в зависимости от ориентировки максимальной составляющей поля статических напряжений относительно оси выработки (см. рисунок).



Схемы потери устойчивости подготовительных выработок при воздействии волн динамических напряжений $\sigma_д$ и направления максимальных главных статических напряжений $\sigma_{ст}^{max}$ по оси выработки

С увеличением энергии динамических явлений до 10^4-10^6 Дж суммарные значения статических и динамических напряжений значительно превышают предел прочности пород в массиве. При этом наблюдается полная потеря устойчивости выработок, разрушение окружающего ее массива пород и выбросы. Протяженность нарушенных горных выработок достигает нескольких десятков, а иногда и сотен метров, а объемы разрушенных пород – 300-500 м^3.

Выполненный анализ позволил создать геомеханическую модель воздействия динамических явлений на горные выработки и выполнить математическое моделирование процесса взаимодействия нестационарных волн с выработкой. Среда моделировалась сплошным, изотропным и упругим телом. Рассматривалась выработка сводчатого очертания при углах падения волны относительно вертикальной оси сечения 0 и 45°. Амплитуда цилиндрической продольной волны σ_0 = 11,5 МПа.

Расчет компонентов напряжений производился для точек, удаленных от контура на $0{,}4R_0$ (здесь R_0 – радиус приведенного сечения горной выработки) при угле падения волны 45° (табл.2). Согласно расчету, со стороны падения прямой волны в массиве образуется обширная (глубиной до $1{,}8R_0$) зона растягивающих радиальных напряжений с максимумом до $0{,}6\sigma_0$ на расстоянии от контура $(0{,}8\div1{,}2)R_0$.

Таблица 2

Расчет компонентов напряжений в долях σ_0

Угловая координата θ	Время с момента выхода волны на контур, с				
	0	1	2	3	4
45°	0,22 0,52	0,23 0,31	0 –0,52	0,21 0	0,17 0,05
75	0,17 0,23	0,48 0,57	0 –0,43	0,21 0	0,16 0,07
105	0 0	0,61 0,52	0,45 –0,09	0,31 –0,17	0,16 0
135	0 0	0 0	1,04 0,35	0,74 0,3	0,26 0,17

Примечание. В числителе и знаменателе – σ_θ и σ_τ соответственно.

Теоретические и натурные исследования показывают, что вокруг выработок глубоких рудников могут иметь место зоны дезинтеграции. Формирование этих зон вокруг выработок в предельно напряженных массивах происходит в результате хрупкого разрушения и расслоения приконтурного массива под действием статических окружных тангенциальных напряжений вблизи контура выработок, вызванных горными ударами и массовыми взрывами.

Научный руководитель д.т.н. проф. *А.Г.Протосеня*