

УДК 622.831

**В.И. Голик, Т.Т. Исмаилов, А.В. Логачев**

## **ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СКАЛЬНЫХ МАССИВАХ**

Проведен анализ динамических явлений массивов с учетом дискретной среды, образованной несущими балками, плитами или шарнирными блоками, пригруженными гравитационными породными системами.

**Семинар № 9**

---

**Н**енарушенный горными рабочими массив горных пород характеризуется совокупностью напряжений, формирующихся в недрах под воздействием естественных факторов: силами гравитации, движениями земной коры и процессами денудации.

Горизонтальные составляющие тензоров напряжений могут значительно превышать вертикальные составляющие, определяемые из условий гравитации (рис. 1).

Техногенное вмешательство в недра характеризуется вторичными напряжениями, возникающими в окрестностях выработок, скважинах, целиках и крепи в результате действия гравитационных и тектонических сил, изменения температуры слоев земной коры, развития горного давления и т.п. факторов.

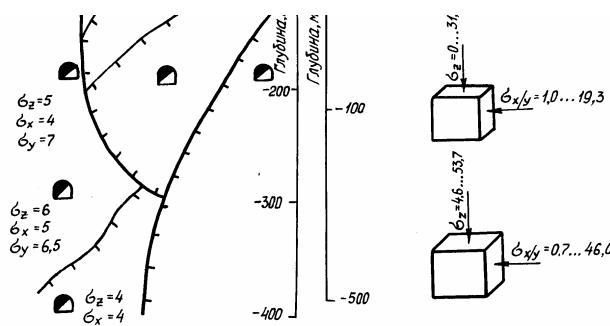
Напряжённое состояние узких междукамерных столбчатых и ленточных целиков является, соответственно, одноосным или двухосным. Междукамерные целики вблизи массивных панельных или барьерных целиков и границ залежи разгружены от горного давления. В широких целиках распределение напряжений по сечению неравномерно и зависит от механических свойств материала целика, поч-

вы и кровли. В целиках, сложенных крепкими, хрупкими породами, напряжения концентрируются у стен. В пластичных породах у стенок целика напряжения уменьшаются. В средней части широкого целика образуется ядро, находящееся в объёмном напряжённом состоянии, что повышает несущую способность целика.

Распространенной формой проявления горного давления является деформирование пород с потерей ими устойчивости и возникновением динамических явлений. Горное давление учитывается при определении прочности несущих элементов подземных сооружений и выбора способов управления массивами.

Согласно одной из наиболее распространённых гипотезе Турнера горное давление определяется весом столба пород до земной поверхности с основанием, равным пролёту выработки. Даже при небольших глубинах расчетом получали нагрузки, которые крепь не выдерживала.

В гипотезе о нагрузке крепи массивом пород в пределах объёма с основанием, равным пролёту выработки, М.М. Протодьяконова объём представляет собой параболический свод. Его высота связана с пролётом выра-



**Рис. 1. Искажение величины главных напряжений разломом**

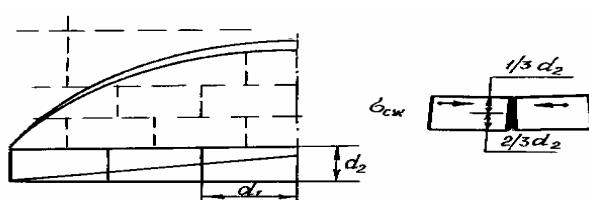
большее число факторов, влияющих на изменение величины горного давления.

При проведении горных выработок главные нормальные напряжения изменяются.

При больших концентрациях напряжения превосходят пределы прочности пород, и вблизи поверхности выработки породы или пластически деформируются или хрупко разрушаются.

Влияние очистных работ увеличивает диапазон смещений контура выработки. При прочих равных условиях смещения увеличиваются с ростом глубины разработки и уменьшением прочности и модуля деформации пород. Для уменьшения этого влияния применяют способы охраны горных выработок. Устойчивость выработок возникает только в том случае, когда в породах кровли при достаточной реакции силы распора образуется жесткая трехшарнирная арка (рис. 2).

Деформация горных пород и массивов или изменение относительного положения частиц пород, вызывающее изменение размеров, объема, формы массивов происходит в ре-



**Рис. 2. Схема образования жесткой шарнирной арки**

**Рис. 3. Механизм проявления горного удара:** а - в целике; б-в забое;  $h_1$  и  $h_2$  – смещение пород кровли и почвы в результате расширения массива; пунктирная линия – до удара, сплошная линия после удара

зультате действия естественных статических (горное давление) или динамических нагрузок (тектонические деформации), механического нагружения, взрывных работ, термического, электрического и магнитного воздействий в процессе добычи руд.

Деформации подразделяют на упругие, исчезающие после прекращения вызвавшей их нагрузки, пластические, если после снятия нагрузки они не исчезают, и предельные, или разрушающие, сопровождающиеся разрушением массива вследствие возникающих трещин. По поведению в условиях деформирования породы подразделяют на упруго-хрупкие (кварциты, граниты), упругопластические (роговики, базальты) и пластические (мраморы, гипсы и др.).

Выделяют линейные и сдвиговые деформации. Линейные деформации

оцениваются по отношению приращения линейного размера образца к исходному размеру. Сдвиговые деформации определяются величиной угла сдвига грани образца. Объемные деформации (сжатие, изгиб, кручение и т.д.) представляют собой комбинацию простейших видов деформации. Деформационные характеристики используют при расчёте параметров разрушения пород, оценке напряжённого состояния массивов, параметров устойчивости выработок, контроля за сдвижением пород и др.

Динамические явления представляют собой внезапно возникающее и протекающее с высокой скоростью движение пород, газов или жидкостей, сопровождающееся динамическим эффектом. К таким явлениям

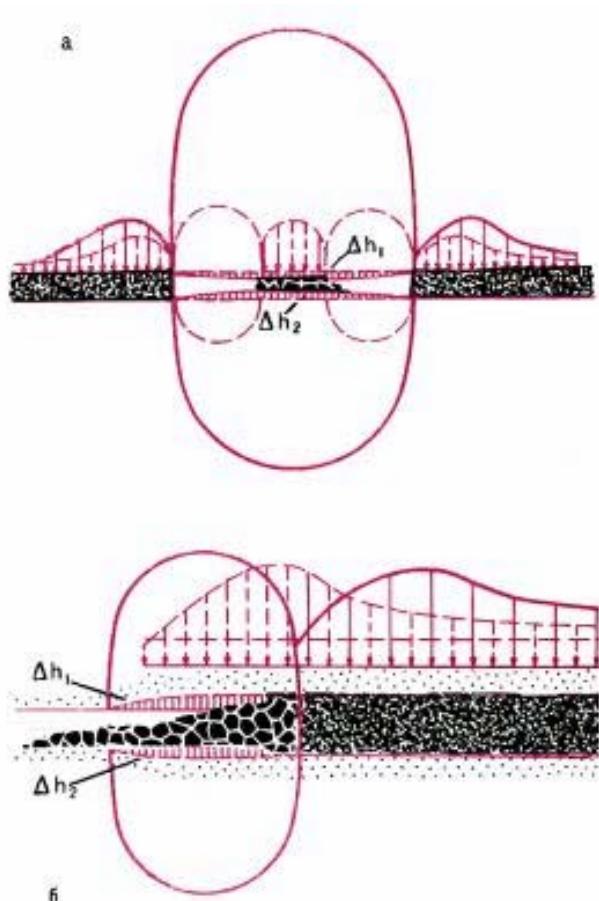
относятся горные удары, внезапные выбросы угля, пород и газа, внезапные прорывы газа, воды, пылевунов, внезапные обрушения, высыпания и отжим, а также стреляние горных пород (рис. 3).

Управление геомеханикой массивов осуществляется путем регулирования напряжений и соответствующих им деформаций с использованием свойств пород и массивов.

Роль крепи сводится к предотвращению чрезмерного развития неупругих деформаций и обрушения пород. При достаточно большой жёсткости она работает в режиме заданной деформации. При малой жёсткости крепи её смещения велики, поэтому породы зоны неупругих деформаций отслаиваются от окружающих пород, нагружая крепь в режиме заданной нагрузки. В режиме заданной деформации горное давление тем меньше, чем меньше жёсткость крепи.

Давление на крепь очистной выработки определяется с учётом условий её работы в режиме заданной нагрузки или заданной деформации. Слои кровли рассматривают как балки, плиты или шарнирно-блочные системы. Размеры зоны расслоения, в пределах которой образуется система взаимодействующих балок, определяются методами механики деформируемой среды. Балки считаются загруженными собственным весом, а также пригрузкой со стороны вышележащих отслаивающихся слоев. Величина пригрузки определяется экспериментально или аналитических расчетов, базирующихся на условии совместности смещений.

Шарнирно-блочная система состоит из блоков пород кровли, которые взаимодействуют между собой. Блоки не деформируются, а поворачиваются друг относительно друга или взаимно проскальзывают с трением на по-



верхностях. Поведение шарнирно-блочных систем и их взаимодействие с крепью рассчитываются методами строительной механики. Расчёт давления беспорядочно обрушенных пород и закладочных материалов на крепи осуществляется методами механики сыпучей среды. Целью управления является использование остаточной прочности технологически разрушенных пород.

При прогнозировании динамических явлений массив рассматривается как дискретная среда, образованная несущими балками, плитами или шарнирными блоками, пригруженными

гравитационными породными системами.

Устойчивость природных массивов в результате техногенного воздействия на них определяется уровнем возникающих в них природных гравитационных и тектонических процес-

сов и технологически наведенных напряжений. Эти процессы имеют волновую природу и могут быть оптимизированы на основании результатов исследований их природы и параметров. **ГИАБ**

### *Коротко об авторах*

*Голик В.И.* – доктор технических наук, профессор, СКГМИ,

*Исмаилов Т.Т.* – кандидат технических наук, доцент, Московский государственный горный университет.

*Логачев А.В.* – кандидат технических наук, доцент, ЮрГТУ.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 9 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. И.М. Петухов.



