УДК 622.268.13;622.612.22

Д.И.РАЕВСКИЙ
Факультет освоения подземного пространства,
аспирант кафедры строительства горных предприятий
и подземных сооружений

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНАХ ПОВЫШЕННОГО ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В СЛОИСТЫХ МАССИВАХ

На основе анализа горно-геологических условий Восточного Донбасса предложена методика определения величины ожидаемых смещений контура подготовительных выработок в зависимости от их расположения относительно очистных работ. Приведены графики смещения пород кровли, изменение смещений пород впереди и позади очистного забоя в зависимости от различного сопротивления крепи. Рассмотрены вопросы образования зон разрушенных пород в окрестности выработок и определены пути обеспечения их устойчивости.

In clause on the basis of the carried spent analysis of mountain – geological conditions of East Donbass, the technique of definition expected displacement of a contour of preparatory developments, the basic laws of displacement of a contour of developmen is given on their arrangement concerning clearing works. Diagrams of displacement of breeds of a roof, change of displacement of breeds ahead and behind of clearing are given on various resistance. Questions of formation of zones of the destroyed breeds in a vicinity of developments are considered and ways of maintenance of their stability are determined.

Развитие угольной промышленности Российской Федерации сопровождается увеличением глубины ведения горных работ, площади сечения и общей протяженности подготовительных выработок. За последние 10 лет объем добычи угля на шахтах с глубиной более 700 м возрос примерно в 2 раза. Увеличение глубины горных работ на шахтах Восточного Донбасса за этот же период привело к росту средней величины несущей способности крепи в 2,5-2,7 раза, увеличению стоимости крепления в 2,3 раза, а трудоемкости в 4 раза.

Попытки обеспечить безремонтное поддержание выработок за счет увеличения несущей способности крепи положительных результатов не дали. Ежегодно протяженность выработок, находящихся в неудовлетворительном состоянии, увеличивается примерно на 2-3 %. Опыт поддержания выработок показывает, что обеспечить их эксплуатационное состояние в течение всего срока службы можно лишь используя несущую способность породного массива, вмещающего выработку.

Выбор эффективных способов и средств поддержания горных выработок во многом определяется достоверностью и надежностью прогноза проявления горного давления в различные периоды эксплуатации выработки. На первой стадии проектирования и сооружения выработок используются методы предрасчета ожидаемых смещений пород, которые формируют нагрузки на крепь и предопределяют условия ее работы в целом. Дальнейшее изменение параметров проявления горного давления устанавливают экспериментальным путем.

Чтобы оценить состояние массива пород, в котором размещаются выработки, необходимо знать эффективную глубину заложения выработок и комплексный показа-

тель прочности слагающих пород. Согласно анализу состояния горных выработок в регионе и данных о физико-механических характеристиках пород в рассматриваемых условиях эффективная глубина расположения выработки

$$H_{эф} = k_1 k_2 H,$$

где H – фактическая глубина расположения выработки от поверхности, м; k_1 – коэффициент, учитывающий влияние горных работ на выработку, для рассматриваемых условий $k_1 = 0{,}92 \div 1{,}0$; k_2 – коэффициент, учитывающий конфигурацию поперечного сечения выработки, для рассматриваемых условий и при арочной форме поперечного сечения $k_2 = 1$, при трапециевидной $k_2 = 0{,}85$.

Расчетная прочность вышележащих пород $R_р$ зависит от геологического строения и рассматривается как среднестатистическая прочность отдельных слоев:

$$R_р = \beta \frac{\sum_{i=1}^{n} \sigma_{сж} m_i}{2a},$$

где β – коэффициент, характеризующий расслоенность пород в пределах суммарной толщины слоев $2a$; $\sigma_{сж}$ – прочность на сжатие i-го слоя, для песчаников составляет $\sigma_{сж} = 80$ МПа, алевролитов $\sigma_{сж} = 70$ МПа, аргилитов $\sigma_{сж} = 50$ МПа, угля $\sigma_{сж} = 12$ МПа; m_i – мощность i-го слоя, м; a – ширина выработки, м.

Величина β зависит от числа слоев следующим образом:

Число слоев	1	2	3	4	5
β	1,0	0,95	0,90	0,88	0,82
Число слоев	6	7	8	9	10
β	0,79	0,76	0,73	0,71	0,69

Смещения кровли и боков выработок соответственно

$$U_к = 0{,}03A\left(\frac{1{,}5H_{эф} - q_г}{1{,}46R_г} - 1\right)0{,}6(1 - 1^{-0{,}005t});$$

$$U_б = 0{,}04\frac{h(1{,}2H_{эф} - q_г)}{1{,}46R_г}0{,}6(1 - 1^{-0{,}005t}),$$

где A – ширина выработки в проходке на высоте 1,7 м от ее почвы, м; $H_{эф}$ – эффективная глубина расположения выработки от поверхности, м; $q_г$ – сопротивление крепи, кН/м^2; $R_г$ – сопротивление сжатию вмещающих пород, МПа; t – время существования выработки, дни; h – высота выработки в проходке, м.

Крепь подготовительных выработок подбирают в зависимости от функций выработки. Выбранная крепь должна обеспечить достаточную несущую способность и податливость. Для рассматриваемых условий податливость крепи без учета пучения почвы по результатам замеров на реперных станциях в среднем составляет 0,2 мощности пласта при выемке с полным обрушением и 0,1 мощности пласта при выемке с закладкой [2].

Из анализа работ, выполненных на шахтах ОАО «Гуковуголь» и ОАО «Ростовуголь» по определению нагрузок на крепь и смещений пород на контуре выработок и в глубине массива, было установлено, что усиление основной крепи уменьшает конвергенцию в 1,7 раза и пучение пород в 1,8 раза. На рис.1 приведены смещения пород на участках выработок, закрепленных крепью с различным сопротивлением, в зависимости от расстояния лавы L.

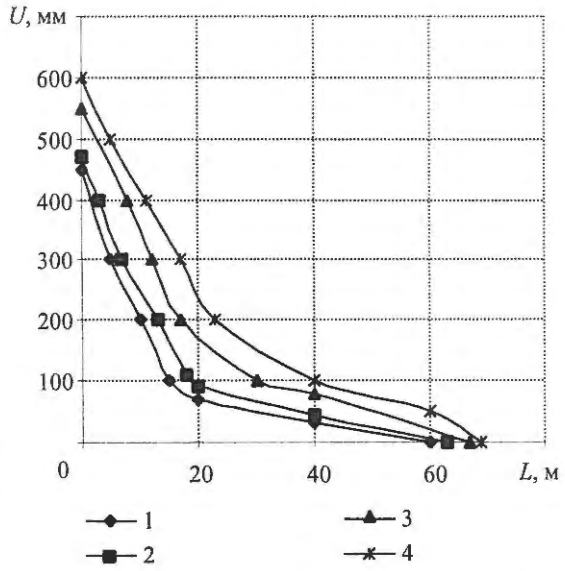


Рис.1. Смещение пород на контуре выработок, закрепленных крепью
1, 2, 3 и 4 – при сопротивлении крепи 420, 318, 230 и 120 кН/м соответственно

Одновременно с этим существенно снижается и расслоение пород кровли, особенно на расстоянии 2-3 м от контура выработки. Смещения пород в выработках, закрепленных крепью с различным сопротивлением впереди и позади очистных забоев, существенно различны (рис.2 и 3): для одних и тех же условий смещения пород впереди очистного забоя на расстоянии 20 м от него составляет 40-50 мм, а позади 100-300 мм, причем чем выше сопротивление крепи, тем меньше смещения. Вместе с тем следует отметить, что даже при сопротивлении крепи более 600 кН/м^2 смещения позади очистного забоя достигают при $L = 100$ м на расстоянии 400 мм, что недопустимо с точки зрения устойчивости выработки.

Из сказанного следует, что одним из эффективных способов обеспечения устойчивости рассматриваемых выработок является активное управление состоянием окружающего массива. Стремление к максимальному использованию собственной несущей способности породного массива вокруг выработки накладывают дополнительные требования к изучению и прогнозированию характера деформирования и разрушения массива в зоне влияния выработки.

Известно, что напряженное состояние массива пород вблизи выработки есть результат действия гравитационных сил и тектонических воздействий. Оно изменяется в результате проведения выработки в зависимости от физико-механических свойств и структурных особенностей массива пород с образованием вокруг выработки зон повышенных и пониженных напряжений. Важным параметром массива является также степень его трещиноватости, играющая важную роль при формировании зон разрушенных пород вокруг выработки. В этих условиях устойчивость выработки обусловливается, в частности, размерами, ориентацией и взаимодействием структурных элементов породного массива в нарушенной зоне. По данным исследований с помощью глубинных реперов, проведенных на глубоких шахтах Восточного Донбасса, вокруг выработок в области 1,5-2 м от ее контура породный массив разбит на отдельные блоки с раскрытием трещин от долей миллиметров до 2 см. При прочных однородных породах трещины в зоне разрушения раскрываются под углом 30-40° к контуру выработки, что соответствует направлению наибольших касательных напряжений. Размеры

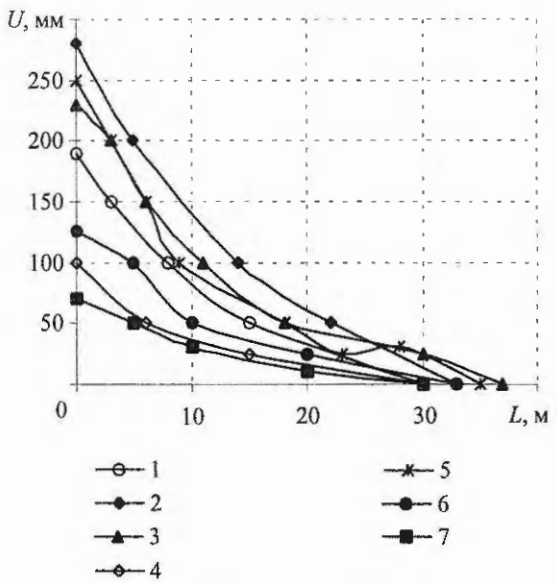


Рис. 2. Изменение смещений пород впереди очистного забоя
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – при сопротивлении крепи 198, 200, 220, 260, 280 и 560 кН/м соответственно

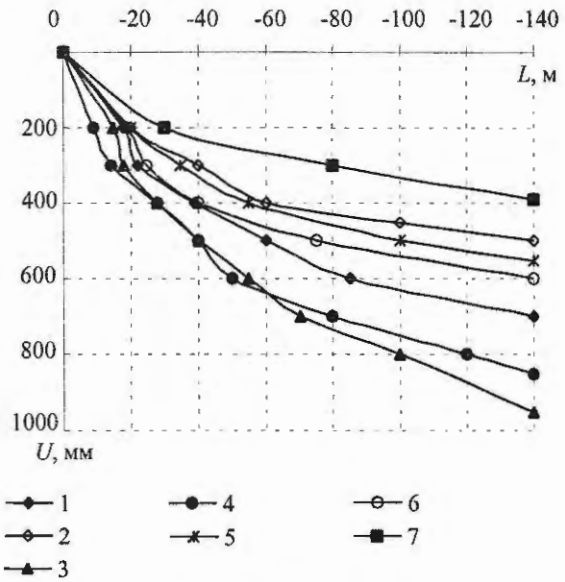


Рис.3. Изменение смещений пород позади очистного забоя
1, 2, 3, 4, 5, 6, и 7 – при сопротивлении крепи 250, 270, 280, 320, 430, 490 и 630 кН/м соответственно

породных блоков при этом 0,1-0,5 м. Степень трещиноватости массива в зоне разрушенных пород максимальна на контуре выработки и снижается в глубь массива [1, 3].

Исследования, проведенные на участках перекрепления выработок на шахтах ОАО «Гуковуголь» показали, что в пределах зоны разрушенных пород вокруг выработок с течением времени обнаруживаются трещины сдвига и трещины отрыва. Зона максимально раскрытых трещин наблюдалась на расстоянии 1,2-1,7 м от контура выработки (шахта «Гуковская»). Следовательно, образующаяся вокруг выработок зона разрушенных пород представляет собой раздельно-блочную среду, характеризующуюся неравномерностью распределения структурных блоков, сил сцепления между ними и трения по их контактам.

Наряду с указанным механизмом формирования зон разрушенных пород, вокруг выработки возможны внезапные массовые обрушения пород преимущественно в кровле выработок, закономерность образования которых не поддается строгому описанию. Полученные данные о величинах смещений контура выработок в зависимости от несущей способности поддерживающей крепи и их расположении относительно очистных работ, о распределении напряжений в массиве и его разрушении в приконтурных зонах выработки позволяют обоснованно выбирать способы и средства воздействия на него с целью обеспечения устойчивости горных выработок. К таким способам и средствам, в частности, можно отнести анкерование кровли, почвы и стенок выработок, упрочнение пород химическими составами, создание в окрестности выработок зон дезинтеграции, разгрузку массива от повышенных напряжений за счет разгрузочных щелей, скважин и комбинированные способы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Заславский Ю.З.* Инъекционное упрочнение горных пород / Ю.З.Заславский, Е.А.Лопухин, Е.Б.Друшко и др. М.: Недра, 1984. 176 с.

2. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи. М.: Стройиздат, 1983. 272 с.

3. *Черняк И.Л.* Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт / И.Л.Черняк, Ю.И.Бурчанов. М.: Недра, 1984. 304 с.

Научный руководитель д.т.н. проф. *И.Е.Долгий*