

Л.К.ГОРШКОВ, *д-р техн.наук, профессор,(812) 328 82 25*

С.Г.КОКОЕВ, *аспирант, soslan85@yandex.ru*

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

L.K.GORSHKOV, *Dr. in eng. sc., professor,(812) 328 82 25*

S.G.KOKOEV, *post-graduate student, soslan85@yandex.ru*

Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ЦЕЛИКАМИ РАЗЛИЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ

Исследования, проведенные на шахтах «Ростовуголь», показали, что для оценки устойчивости подготовительных горных выработок при ведении очистных работ достаточно определять допустимые значения конвергенции кровли и почвы выработок и уровня потенциальной энергии упругой деформации целиков. Эти показатели могут использоваться и на угольных шахтах других бассейнов.

Ключевые слова: угольный пласт, подготовительные горные выработки, целики, конвергенция, потенциальная энергия упругой деформации, кровля, почва, податливость целика.

SUSTAINING MINING IN WHOLE DIFFERENT RIGIDITY

Studies conducted in the mines «Rostovugol», showed that, for assessing the sustainability of preparatory excavations in the management of sewage treatment works is enough to determine the allowable values of convergence of the roof and ground-level workings and potential energy of elastic deformation of the pillars. These indicators can be used in the coal mines of other basins.

Key words: coal seam, preliminary mining, pillar, convergence, the potential energy of elastic deformation, roofing, soil, yielding pillar.

Обеспечение устойчивости подготовительных выработок является настоятельной необходимостью при выемке угля, особенно в лавах с длинными столбами, как по восстаню, так и по простиранию пластов.

Охрана подготовительных выработок в настоящее время осуществляется, в основном, следующими способами:

– с помощью жестких целиков шириной 15-20 м (при длине очистных забоев до 200 м) при разгрузке их взрывами камуфлетных зарядов из скважин диаметром 43 мм, буримых до середины целиков;

– с помощью податливых целиков умеренной ширины (6-8 м).

При использовании жестких целиков не возникает больших проблем с поддержанием

подготовительных выработок, так как широкие целики имеют большой запас прочности и несущую способность, но являются концентраторами напряжений, что крайне нежелательно на удароопасных пластах. В свою очередь, жесткие целики формируют зоны повышенного горного давления (ПГД) в ниже- и вышележащих пластах.

Для оценки удароопасности были проведены комплексные исследования (составление деформационно-прочностной характеристики, измерение выхода штыба и конвергенции пород кровли и почвы на различных расстояниях от забоя лавы) на полях пласта i_3^H шахт «Майская» и «Аютинская» (см.рисунок). Очевидно, что не опасны по горным ударам те участки пласта, где относительная деформа-

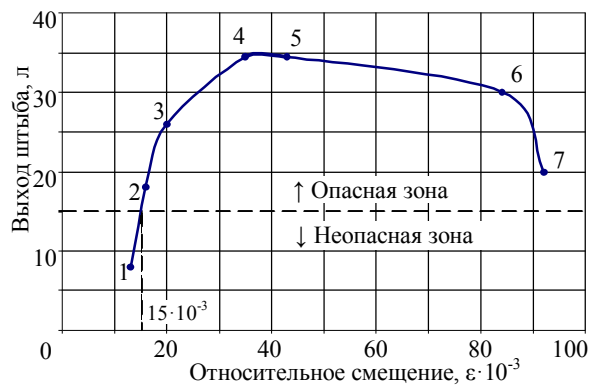
ция (смещение) пород не превышают величины $\varepsilon = 15 \cdot 10^{-3}$, или 1,5 %, на расстояниях 40-50 м от очистного забоя (забоя лавы). Значение этого смещения в дальнейшем было принято за допустимое, и по нему оценивали напряженность краевой части пласта, т.е. $[\varepsilon] = 15 \cdot 10^{-3}$, где $[\varepsilon]$ – допустимое относительное смещение (конвергенция) пород кровли и почвы пласта [3].

Физический смысл критерия $[\varepsilon]$ можно понять из анализа кривой $\sigma \leftrightarrow \varepsilon$: при $\varepsilon > 15 \cdot 10^{-3}$ обнажение угольного пласта оказывается в запредельной области деформирования с малой остаточной прочностью $\sigma = 3-4$ МПа, что соответствует категории пород опасных по горным ударам; при $\varepsilon < 15 \cdot 10^{-3}$ пласт обладает более высокой прочностью (до 9-11 МПа), что соответствует категории пластов, не опасных по горным ударам.

Полученный и отработанный на пласте i_3^H критерий $[\varepsilon]$ целесообразно распространить и на другие пласты, проведя предварительные тарировочные измерения для получения числового значения $[\varepsilon]$ применительно к другим условиям, в общем случае отличным от условий залегания пласта i_3^H .

Критерий $[\varepsilon]$ может с успехом использоваться для оценки удароопасности угольных пластов Восточного Донбасса, Кузбасса, Дальнего Востока, АО «Арктикуголь». Это позволит сократить объемы буровых работ по проходке прогнозных шпуров, особенно в зонах повышенного горного давления (ПГД), где бурение прогнозных шпуров является единственным средством локального прогноза.

При этом сокращение объемов бурения будет достаточно большим: например, в лаве длиной 1200-1400 м и шириной 200 м, что характерно для пласта i_3^H , необходимо пробурить 400-500 четырехметровых шпуров, если исследования проводить без использования критерия $[\varepsilon]$ для обнаружения зон ПГД; в случае же использования этого критерия потребуется только выборочное бурение для контрольного подтверждения наличия зон ПГД, и тогда количество прогнозных шпуров составит всего лишь 70-80, то есть в 6 раз меньше.



Связь между относительным смещением пород кровли и почвы пласта i_3^H и выходом штыва из прогнозных шпуров

1-7 – номера замерных станций: 1 – на расстоянии 50; 2 – 40; 3 – 30; 4 – 20; 5 – 18; 6 – 10; 7 – 6 м от забоя лавы

Кроме того, использование критерия $[\varepsilon]$ значительно повысит оперативность контроля участков ПГД в угольном пласте. При одновременной обработке трех-четырех лав в шахте это даст существенный экономический эффект.

При использовании *податливых* целиков возникает вопрос о поддержании подготовительных выработок. Межштрековый целик начинает разрушаться и переходить на остаточную несущую способность до подхода лавы. На практике известны случаи, когда ввиду больших смещений кровли и почвы приходится ставить стойки усиления для того, чтобы выработка сохраняла проектную площадь сечения.

Благоприятными считаются условия, когда в краевой зоне пласта накопленная потенциальная энергия не превышает удельного допускаемого, с точки зрения безопасности, значения энергии $[W_y]$, величину которого можно определить из соотношения:

$$[W_y] = \frac{W_y}{V_y}, \quad (1)$$

где W_y – уровень накопленной потенциальной энергии в краевой зоне пласта, МДж; V_y – объем угля в целике, м³.

Значение удельного допускаемого уровня потенциальной энергии, при котором не наблюдается динамических явлений

(выбросов угля и породной мелочи, ударов и т.п.), определяется по опытным данным для конкретного месторождения: например, для условий АО «Ростовуголь» установлено, что $[W_y] = 60$ МПа.

Уровень потенциальной энергии для целиков краевой части пласта определяется из выражения [4]:

$$W_y = W_{y1} + W_{y2}, \quad (2)$$

где W_{y1}, W_{y2} – доли энергии, запасенной от действия первого (вертикального) и второго (бокового) главных напряжений, МПа.

Величины главных напряжений рассчитываются по общеизвестным зависимостям:

$$\sigma_1 = \varepsilon EK_H; \quad \sigma_2 = \frac{\mu}{1-\mu} \sigma_1, \quad (3)$$

где $\sigma_{1,2}$ – главные напряжения, МПа; ε – относительная конвергенция пород «кровля-почва»; E – модуль упругости угля (антрацита) при сжатии, $E = 4,2 \cdot 10^3$ МПа; $K_H = 1,5$ – коэффициент, учитывающий неравномерность нагружения целика; μ – коэффициент Пуассона для угля (для условий АО «Ростовуголь» $\mu = 0,4$).

Учитывая, что потенциальная энергия, согласно положениям сопротивления материалов, пропорциональна отношению главного напряжения к удвоенному значению модуля упругости и объему тела, в котором накапливается эта энергия, и, введя обозначение $\lambda = \mu/(1-\mu)$, где λ – боковой отпор, можно получить с использованием системы (3) окончательное значение для W_y :

$$W_y = \frac{V_y}{2E} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) = \frac{V_y}{2} \varepsilon^2 EK_H^2 (1 - \lambda^2). \quad (4)$$

В формуле (4) для условий АО «Ростовуголь» значение относительной конвергенции пласта угля (сближения пород кровли и почвы) $\varepsilon \approx 0,03$.

Таким образом, динамическая устойчивость относительно узких податливых целиков с прослоями угля может быть обеспечена при соблюдении следующего условия [2]:

$$W_y \leq [W_y]$$

В процессе отработки лавы целики, удаленные от забоя, могут испытывать частичное деформирование и даже частичное разрушение (вывалы из боковых поверхностей, образование трещин и разломов, хрупкое нарушение отдельных частей целика, пластическое выпучивание). Поэтому следует применять превентивные меры для поддержания их целостности [1]:

- анкерное укрепление поверхностей целика, в том числе и податливыми анкерами (пластиковыми, деревянными и т.п.);
- применение синтетических сеток;
- химическое укрепление;
- цементные инъекции и др.

В заключение следует отметить и экономическую целесообразность нешироких податливых целиков, так как при их использовании резко сокращаются безвозвратные потери угля, которые имеют место в широких (более 18-20 м) целиках: например, в условиях АО «Ростовуголь» наблюдается двукратное сокращение потерь угля при переходе от широких жестких целиков к суженным податливым целикам для охраны подготовительных выработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Артемьев В.Б.* Охрана подготовительных выработок целиками на угольных шахтах / В.Б.Артемьев, Г.И.Коршунов, А.К.Логинов и др. СПб.: Наука, 2009.
2. *Горшков Л.К.* Опыт охраны подготовительных выработок на угольных шахтах / Л.К.Горшков, В.Н.Монахов, С.Г.Кокоев // Народное хозяйство Республики Коми. Воркута-Сыктывкар-Ухта, 2010. Т.19. № 1.
3. *Горшков Л.К.* Прогноз и оценка удароопасности угольных пластов / Л.К.Горшков, В.Н.Монахов, Е.В.Шишкин, С.Г.Кокоев // Экология и развитие общества. МАНЭБ. СПб, 2010.
4. *Петухов И.М.* Горные удары на угольных шахтах. М.: Недра, 1972.

REFERENCES

1. *Artemyev V.B.* Protecting development workings entirely in coal mines / V.B.Artemyev, G.I.Korshunov, A.K.Loginov, etc. Saint Petersburg: Nauka, 2009.
2. *Gorshkov L.K.* Experience of development workings in coal mines / L.K.Gorshkov, V.N.Monks, S.G.Coco / The economy of the Komi Republic.Vorkuta-Syktvykar-Ukhta. 2010. V.19. N.1
3. *Gorshkov L.K.* Bump hazard prediction and assessment of coalbed / L.K.Gorshkov, V.N.Monakhov,

E.V.Shishkin, S.G.Coco // Sat: Ecology and society. IAELS.
Saint Petersburg, 2010.

4. *Petukhov I.M.* Alpine strikes at coal mines.
Moscow: Nedra, 1972.