УДК 622.234.5

С.А.СИДОРЕНКО, *канд. техн. наук, ассистент, sergeyspmi@mail.ru*
А.А.СИДОРЕНКО, *канд. техн. наук, доцент, sidorenkoaa@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

S.A.SIDORENKO, *PhD in eng. sc., assistant lecturer, sergeyspmi@mail.ru*
A.A.SIDORENKO, *PhD in eng. sc., associate professor, sidorenkoaa@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

КОМПЛЕКСНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ УЧАСТКОВЫХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Предложен комплексный метод обоснования способов обеспечения устойчивого состояния выработок нижних слоев. Выполнена оценка ожидаемых смещений пород на контуре сечения участковых подготовительных выработок надработанных слоев. Даны рекомендации по реализации слоевой системы разработки в условиях шахты «Распадская-Коксовая». Обоснована необходимость проведения выработок 2-го слоя с отставанием от очистного забоя 1-го слоя. Выполнена оценка влияния параметров применяемого способа обеспечения устойчивости выработок на уровень издержек производства.

***Ключевые слова*:** подземная разработка, уголь, экономическая эффективность, слоевая разработка.

COMPLEX SUBSTANTIATION OF WAYS TO MAINTENAN STABILITY OF LOCAL DEVELOPMENT EXCAVATIONS

The complex method of a substantiation of ways maintenan to stability of local development excavations in overworked layers is offered. The mark of expected displacement of breeds contour of section local preparatory developments overworked layers is executed. Recommendations about realization overworked systems of working out in the conditions of mine «Raspadsky-koksovaja» are made. Necessity carrying out of developments of 2nd layer with backlog from a clearing face of 1st layer is proved. The mark of influence of parameters of an applied way maintenan to stability of developments on level of production costs is executed.

***Key words*:** underground mining, coal, economic efficiency, slicing system.

При подземной отработке пологих угольных пластов мощностью 6 м и более наибольшее распространение получила слоевая система разработки, сущность которой заключается в делении мощного угольного пласта на наклонные слои, между которыми оставляется межслоевая защитная пачка и которые отрабатываются независимо друг от друга. В России большой опыт слоевой отработки пластов накоплен в Карагандинском и Кузнецком угольных бассейнах, где мощность пологих угольных пластов достигает 12 м. Необходимо отметить, что только в Кузбассе в пластах мощностью более 10 м, т.е. рекомендуемых к отработке исключительно слоевыми системами разработки, балансовые запасы угля составляют более 12 млрд т.

Важным нерешенным практическим вопросом при слоевой системе разработки остается обеспечение устойчивости участковых подготовительных выработок 2-го

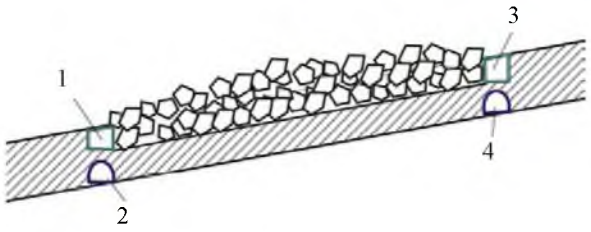


Рис.1. Расположение слоевых подготовительных выработок
1 и 3 – конвейерный и вентиляционный штреки верхнего слоя; 2 и 4 – конвейерный и вентиляционный штреки нижнего (надработанного) слоя

(нижнего) слоя, затраты на проведение и поддержание которых существенно выше чем выработок 1-го (верхнего) слоя (рис.1). Актуальность обеспечения устойчивости участковых выработок в современных условиях нарастает в связи с увеличением глубины ведения горных работ, существенным повышением нагрузок на очистные забои и соответственно ущербом от простоев лав. Кроме того, при отработке запасов углей, склонных к самовозгоранию, длительные простои способствуют возникновению эндогенных пожаров, которые приводят не только к значительному ущербу, связанному с их ликвидацией, сопровождающейся, в свою очередь, простоями оборудования, но и к потере подготовленных запасов в пределах участка и на смежных пластах.

Известно множество способов обеспечения устойчивости выработок, основанных на управлении состоянием вмещающего массива или выборе рационального места расположения выработок. Однако необходимо подчеркнуть, что реализация того или иного способа обеспечения устойчивости выработок сопряжена с дополнительными издержками (в случае создания разгружающих полостей) или значительными потерями подготовленных запасов (при смещении выработок в зоны разгрузки).

Для выбора и обоснования способов обеспечения устойчивости участковых выработок надработанных слоев на стадиях проектирования шахт и их эксплуатации, нами предлагается метод, включающий следующие элементы:

1. Выбор и обоснование вариантов пространственно-планировочных решений с учетом применяемых технологий и техники (технологическое обоснование).

2. Оценка уровня смещений на контуре поперечного сечения выработок, техническая возможность и эффективность реализации различных способов и их вариантов (геомеханическое обоснование устойчивости).

3. Оценка экономической целесообразности применения способа и определение его рациональных параметров с учетом дополнительных издержек и получаемого эффекта (экономическое обоснование).

В качестве примера приведем методику выбора и обоснования способа обеспечения устойчивости выработок в условиях шахты «Распадская-Коксовая».

Технологическое обоснование. Обеспечения высокопроизводительной работы лав на шахтном поле неправильной формы при наличии нескольких крупных дизъюнктивных нарушений обусловливает выбор следующих пространственно-планировочных решений: выемочные столбы нарезаются в пределах мало нарушенных участков и ориентируются вдоль крупных нарушений. С учетом горно-геологических условий и опыта реализации различных вариантов слоевой системы разработки может быть рекомендован для рассмотрения вариант одновременного проведения подготовительных выработок верхнего и нижнего слоев, одна под другой (рис.1).

Геомеханическое обоснование устойчивости. Уровень смещений пород на контуре сечения участковых подготовительных выработок определяется многими факторами, главными из которых являются прочность вмещающих пород, глубина расположения выработки (величина действующих напряжений), тип и параметры крепи, способ проходки и геометрические параметры выработки.

В качестве основных расчетных данных для определения устойчивости пород и величин их смещений приняты расчетная глубина размещения выработки $H_р$; расчетные значения физико-механических свойств горных пород (предел прочности на сжатие $R_с$); нормативные и расчетные характеристики материалов крепи и заполнения за-

крепного пространства [4]. Смещения пород кровли и почвы в выработках нижних слоев при их одновременной отработке [4]:

$$U_{\text{общ}} = [k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_0 t_0 + k_{\text{пр}} (U_{\text{н}} + U_1)] k_s ,$$

где $U_{\text{н}}$ – смещение пород под влиянием выемки вышележащего слоя, мм; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий способ проведения выработки; $U_{\text{пр}}$ – смещения пород под влиянием проведения выработки, мм; v_0 – средняя скорость смещения пород в выработках вне зоны влияния очистных работ, мм/месяц; t_0 – время поддержания выработки вне зоны влияния очистного забоя, месяцы; U_1 – смещения пород в зоне временного опорного давления очистного забоя, мм; k_s – коэффициент, учитывающий влияние площади сечения выработки в свету.

Расчеты смещения пород на контуре участковых подготовительных выработок 2-го слоя, проводимых одновременно и в створе с участковыми подготовительными выработками 1-го слоя (рис.1) и испытывающих отрицательное влияние надработки при отработке лав 1-го слоя, показывают, что к моменту погашения этих выработок лавой 2-го слоя крепь выработок будет разрушена. На контуре сечения выработок, закрепленных без использования крепи усиления, еще до подхода лавы 2-го слоя смещения пород превышают конструктивную податливость крепи (рис.2). Приведенные данные свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных мероприятий по обеспечению эксплуатационного состояния выработок 2-го слоя.

Расчет ожидаемых смещений на контуре участковых подготовительных выработок при различных сочетаниях геологических и технических факторов для условий шахты «Распадская-Коксовая» дал следующие результаты (S = 19,3 м^2, рамная крепь):

Выработки 2-го слоя в условиях:	Смещения пород на контуре выработки, мм
После надработки лавой 1-го слоя	460-1116
Вне зоны влияния очистных работ при последовательной отработке слоев	386-441
Погашаемые после прохода лавы при одновременной отработке слоев	529-694
Ранее надработанные, погашаемые после прохода лавы при одновременной отработке слоев	1023-1995

Полученные результаты позволяют прогнозировать уровень смещений на контуре выработок при различных схемах отработки 2-го слоя и дать рекомендации по снижению уровня смещений с целью обеспечения устойчивости выработок. Так, из расчетов следует, что в случае надработки выработок 2-го слоя потребуются дополнительные затраты для обеспечения их эксплуатационного состояния при ведении очистных работ во 2-м слое, связанные с перекреплением и усилением крепи участковых выработок 2-го слоя вследствие развития смещений, значительно превышающих предельно допустимые для данного вида крепи. Указанные затраты можно сократить при исключении надработки выработок 2-го слоя путем их проведения с отставанием от очистного забоя 1-го слоя, равным не менее ширины зоны опорного давления. При реализации данной рекомендации создаются условия для снижения смещений на контуре выработок более чем в 2 раза и безремонтного поддержания выработок в течение срока их эксплуатации.

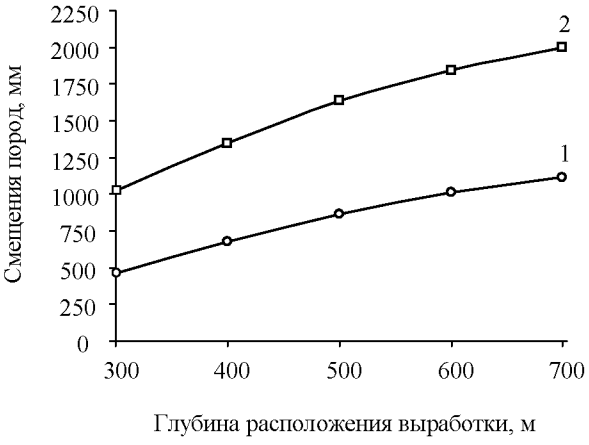


Рис.2. Расчетные смещения пород на контуре участковых выработок 2-го слоя

1 – до начала очистных работ по 2-му слою; 2 – к моменту погашения выработок

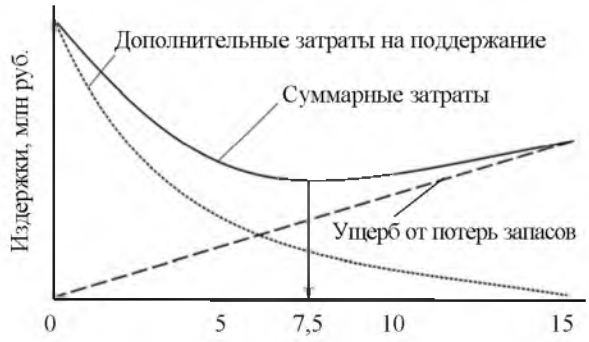


Рис.3. Влияние параметров способа обеспечения устойчивости выработок на уровень издержек производства

Необходимо отметить, что для обеспечения эксплуатационного состояния участковых подготовительных выработок надработанных слоев могут быть рекомендованы способы, основанные на управлении состоянием вмещающего массива и рациональном расположении выработок, сущность которых изложена в работах [1-3], реализация которых может обеспечить безремонтное поддержание выработок нижнего слоя, проводимых одновременно и в створе с выработками 1-го слоя.

Экономическое обоснование. Выше уже говорилось о целесообразности проведения оценки различных способов и определения их рациональных параметров с учетом дополнительных издержек и получаемого эффекта. Однако необходимо подчеркнуть, что значительное влияние на экономическую эффективность способов обеспечения устойчивости выработок при прочих равных условиях оказывает стоимость полезного ископаемого, дополнительно извлекаемого или теряемого вследствие применения различных вариантов. Так, при отработке запасов ценных коксующихся углей применение способов, основанных на расположении выработок в зонах разгрузки со смещением под выработанное пространство 1-го слоя на 10-15 м, приводит к уменьшению длины лавы и снижению нагрузки на очистной забой, а также значительным (до 150-200 тыс.т на выемочный столб) потерям подготовленных запасов. В этой связи необходимо проведение оценки эффекта от снижения затрат на поддержание выработок и ущерба от потерь подготовленных запасов.

В качестве примера на рис.3 приведены зависимости, отражающие влияние параметров способа обеспечения устойчивости выработки на уровень затрат. Минимальный уровень суммарных затрат достигается при заложении выработок 2-го слоя на расстоянии 7,5 м от краевой части массива (целика) по 1-му слою. В то же время следует отметить, что изменение отпускной цены на уголь окажет влияние на уровень ущерба от потерь подготовленных запасов и, как следствие, потребует изменения места расположения выработок 2-го слоя.

Реализация принципа комплексного обоснования при выборе способов обеспечения устойчивости участковых подготовительных выработок позволяет прогнозировать и оценивать последствия технологических решений, создавая объективные предпосылки для высокоэффективной отработки запасов ценных коксующихся углей.

Исследования выполнены в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сидоренко С.А.* Обоснование рациональных параметров перспективных технологических схем слоевой отработки мощных пологих угольных пластов / С.А.Сидоренко, А.А.Сидоренко, Д.Ю.Никишин // Записки Горного института. СПб, 2007. Т.173. С.51-53.

2. *Сидоренко С.А.* Определение рационального места расположения участковых подготовительных выработок при слоевых системах разработки / С.А.Сидоренко, А.А.Сидоренко // Записки Горного института. СПб, 2006. Т.167. С.103-105.

3. *Сидоренко С.А.* Обоснование рационального места расположения слоевых подготовительных выработок в условиях шахты «Распадская-Коксовая» / С.А.Сидоренко, А.А.Сидоренко // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 2. С.332-335.

4. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л., 1986. 212 с.

REFERENCES

1. *Sidorenko S.A., Sidorenko A.A., Nikishin D.Y.* Substantiation of rational parameters of perspective technological schemes layers working of powerful flat coal layers // Proceedings of the Mining Institute. Saint Petersburg, 2007. Vol.173. P.51-53.

2. *Sidorenko S.A., Sidorenko A.A.* Determination of rational location of the site preparation workings in slicing mining systems // Proceedings of the Mining Institute. Saint Petersburg, 2006. Vol.167. P.103-105.

3. *Sidorenko S.A., Sidorenko A.A.* Substantiation of the rational location layers preparatory developments in the conditions of mine «Raspadsky-koksovaja» // The mountain information-analytical bulletin. 2010. № 2. P.332-335.

4. Instructions on a rational arrangement, protection and maintenance of mountain developments on collieries of the USSR. Leningrad, 1986. 212 p.