© С.Б. Кулибаба, 2007

УДК 622.834

С.Б. Кулибаба

О ХАРАКТЕРЕ СДВИЖЕНИЯ ВЕРХНИХ СЛОЕВ ПОДРАБАТЫВАЕМОГО МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Семинар № 2

Исследование процесса сдвижения массива горных пород с целью создания новых более совершенных методов прогноза его влияния на состояние подземных горных выработок является одним из эффективных путей решения проблемы их безремонтной эксплуатации.

Весь подрабатываемый массив горных пород принято делить на ряд зон, в каждой из которых процесс сдвижения имеет свои особенности. Исторически сложилось так, что наиболее исследованными из них оказались зоны, расположенные в окрестностях разрабатываемого пласта, и земная поверхность, т.е. участки массива, где находится большинство охраняемых объектов (основные горные выработки, обслуживающие процесс очистной выемки, а также здания и сооружения на подрабатываемой территории). В то же время, характер сдвижения некоторых участков подрабатываемой породной толщи на сегодняшний день исследован недостаточно.

К одному из таких участков относится приповерхностная зона массива горных пород, в которой расположены устья шахтных стволов и технических скважин, линии метрополитена, различные подземные резервуары и коммуникации. Кроме того, в настоящее время все большее количество шахт в Донбассе проводит отработку ранее законсервированных запасов угля, залегающих на малых глубинах. В этих условиях геомеханические процессы имеют свои особенности. Так, на рис. 1 показаны графики оседаний массива горных пород, полученные в результате натурных инструментальных наблюдений в вертикальных шахтных стволах при различных условиях их подработки. На графиках можно выделить верхние участки породного массива, которые, в отличие от нижележащих, оседали относительно равномерно, и на которых крепь подработанных стволов не претерпела каких-либо существенных деформаций и нарушений.

Остановимся подробнее на особенностях развития сдвижений и деформаций в приповерхностной зоне подрабатываемого породного массива. Горизонтальные сдвижения массива при пологом залегании пластов и на разрезе по простиранию являются следствием совместного изгиба породных слоев, оказавшихся в зоне влияния очистной выработки. В первом приближении можно провести аналогию между таким видом деформирования пород в начальный период сдвижения (или в краевой части мульды сдвижения) и совместным изгибом системы балок, защемленных с одной стороны (известная теория балок или плит [1, 2]), принимая следующие допущения*:

– в пределах каждого слоя, изгибающегося без расслоений, функция горизонтальных сдвижений (в направле-

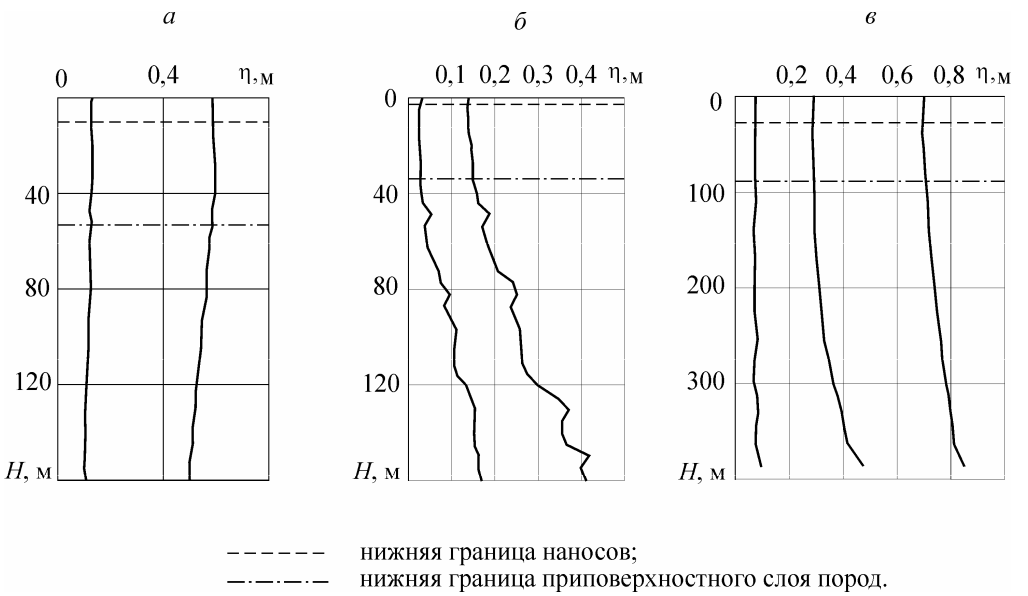

Рис. 1. Графики оседаний подрабатываемого массива горных пород в условиях шахт: *а* – "Заря" (Торезантрацит), *б* – "Центральная Белянка" (Луганскуголь); *в* – "Глубокая" (Донецкуголь)

нии напластования на рассматриваемом разрезе) непрерывна;

– при изгибе слои плотно ложатся друг на друга, функция оседаний является непрерывной;

– в каждом слое, изгибающемся без расслоений, возникает нейтраль-ная линия, первоначальная длина которой при изгибе не изменяется.

Принимая условно равенство мощностей h соседних слоев, изгибающихся без расслоений по внутренним контактам, и предполагая, что нейтральные линии в каждом из них располагаются на одинаковых уровнях, можно придти к следующему соотношению:

$$\xi = h \cdot i, \qquad (1)$$

где ξ – величина сдвига по направлению напластования на контакте двух слоев в рассматриваемом вертикальном сечении; i – наклон изгибающегося слоя в рассматриваемой точке.

Уподобляя сдвижение подрабатываемых породных слоев механизму совместного изгиба балок, необходимо отметить следующее. В общем случае слой горных пород мощностью h, изгибающийся без расслоений, представляет собой пачку породных слоев, величина сил сцепления на контактах между которыми превышает касательные напряжения, возникающие при изгибе. Сам по себе параметр h не является постоянной величиной, а может изменяться в зависимости от радиуса кривизны изгиба. Известно, что при изгибе слоя касательные напряжения возрастают к его середине (а точнее – к его нейтральной линии) по параболическому закону [3]. Поэтому при достаточной величине кривизны эти напряжения могут превысить силы сцепления на одном или нескольких внутренних контактах, вследствие чего по ним произойдут самостоятельные сдвиги. При этом точно не определено положение нейтральной линии в изгибающемся слое. Как показывают исследования на моделях, эта линия располагается вблизи его нижнего кон-

такта [2], а, следовательно, величина сдвига ξ в формуле (1) фактически является горизонтальным сдвижением верхней границы изгибающегося слоя.

Возвращаясь к приповерхностной зоне сдвигающегося массива, подчеркнем, что основным отличием верхней пачки его породных слоев является то, что эта "балка" не защемлена – она не пригружена весом вышележащих пород ввиду отсутствия таковых. Учитывая это уникальное качество пачки породных слоев, расположенной непосредственно у земной поверхности, выделим ее в отдельный объект – приповерхностный слой горных пород, и отметим ряд особенностей, которыми, исходя из логики приведенных выше рассуждений, он должен отличаться от всех других нижележащих слоев массива.

Во-первых, этот слой наиболее удален от подрабатывающего угольного пласта, что обуславливает наименьший его изгиб по сравнению с другими слоями, а, следовательно, и наименьшие касательные напряжения в нем.

Во-вторых, отсутствие защемления изменяет геометрию изгиба такой "балки", предоставляя большую степень свободы перемещения ее верхней границе, свободной от пригрузки, что подтверждается экспериментально – горизонтальные сдвижения земной поверхности в сечении по простиранию всегда больше, чем в нижележащей толще породных слоев при прочих равных условиях [2].

В-третьих, горные породы, залегающие вблизи земной поверхности, вследствие агрессивного воздействия ряда факторов, как правило, отличаются по своим физико-механическим характеристикам от пород нижележащей толщи. Преобладание в верхних слоях слабых выветрелых пород способствует тому, что они не в состоянии передавать нагрузку на большие расстояния и обрушаются при небольших пролетах, вследствие чего породы приповерхностного слоя в процессе его дальнейшей подработки оседают консолидировано при практическом отсутствии относительных вертикальных деформаций [3, 4].

Исходя из перечисленных особенностей приповерхностного слоя, можно сформулировать его основные свойства: отсутствие в его пределах сдвиговых горизонтальных и относительных вертикальных деформаций, локализация максимальных горизонтальных сдвижений на его верхней границе – земной поверхности, и наибольшая относительно нижележащих изгибающихся слоев мощность.

Обратимся к результатам экспериментальных исследований. В процессе подработки клетевого ствола № 32-*В* лавой пласта h_6 на шахте "Заря" ПО "Торезантрацит" [5] нами измерялись фактические сдвижения реперов вертикальной профильной линии, обору-дованной в стволе. На вертикальном разрезе околоствольного массива горных пород по простиранию показаны положения очистного забоя подрабатывающей лавы относительно ствола на различные даты инструментальных наблюдений (рис. 2). Здесь же приведены графики горизонтальных сдвижений реперов по линии простирания, зафиксированные на даты соответствующих серий наблюдений, анализ которых позволил проследить увеличение горизонтального сдвижения верхнего участка ствола во времени в начальной стадии изгиба приповерхностного слоя при движении очистного забоя. Из графиков следует, что наибольшие горизонтальные сдвижения массива по оси ствола происходили на земной поверхности, постепенно уменьшаясь до нулевых значений с увеличением глубины до отметки приблизительно 50 м. Наблю-

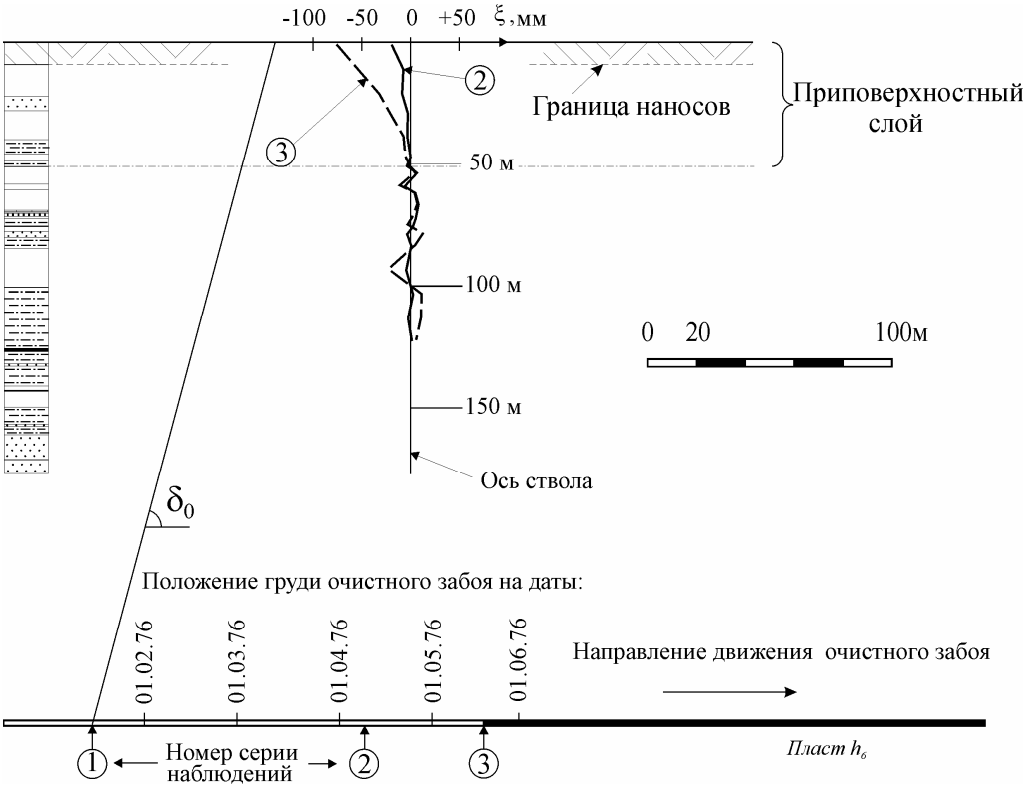

Рис. 2. Вертикальный разрез по простиранию пласта h_6

даемый характер горизонтальных сдвижений массива позволяет предположить, что в данном случае мы имеем дело с верхней пачкой породных слоев, изгибающейся без расслоений.

При сравнении графиков вертикальных и горизонтальных сдвижений верхней части рассматриваемого ствола (см. рис. 1, *а* и рис. 2) можно видеть, что в данном случае верхний участок подрабатываемого породного массива до глубины приблизительно 50 м обладает описанными выше свойствами приповерхностного слоя.

Некоторые свойства, проявляемые приповерхностным слоем в процессе сдвижения горных пород, ранее приписывались наносам и меловым отложениям [6,7]. На графиках, приведенных на рис. 1 и 2, показаны нижние границы наносов, по которым проходит их контакт с коренными породами на исследуемых участках. Очевидно, что в каждом из рассмотренных случаев мощность приповерхностного слоя значительно (в несколько раз) превышает мощность наносов.

Принимая во внимание то, что нижняя граница приповерхностного слоя, определяемая его мощностью, разделяет собой подрабатываемый массив на зоны с активным и неактивным проявлением сдвижений и деформаций, прогноз ее локализации представляет собой несомненный практический интерес. В частности, в условиях подработки, когда мощность приповерхностного слоя превышает глубины вертикальных стволов,

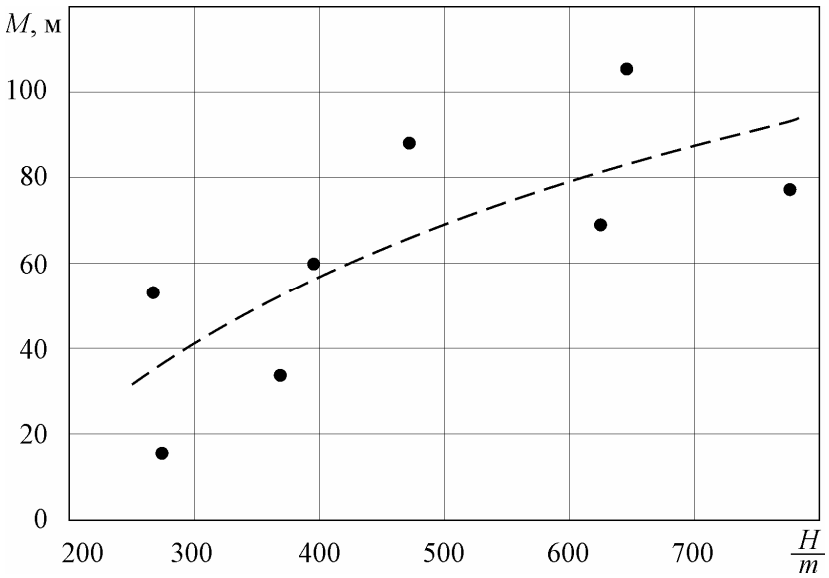

Рис. 3. Распределение фактических значений мощности приповерхностного слоя M в зависимости от кратности подработки земной поверхности H/m

охрана последних не потребует оставления предохранительных целиков ввиду отсутствия в околоствольном массиве относительных вертикальных и межслоевых сдвиговых деформаций.

Теоретический расчет мощности слоя, изгибающегося без расслоений, является весьма сложной задачей горной геомеханики, поэтому более перспективным с нашей точки зрения является эмпирический подход к этой проблеме. Так, на рис. 3 показан график распределения фактических значений мощности приповерхностного слоя *M*, установленных экспериментально по результатам инструментальных наблюдений в подрабатываемых стволах, в зависимости от кратности подработки земной поверхности *H*/*m*. Значительный разброс точек на графике свидетельствует о том, что рассмотренный параметр *H*/*m* не является единственным фактором, влияющим на мощность приповерхностного слоя, хотя и прослеживается определенная тенденция. К другим влияющим факторам, очевидно, относятся такие, как литологический состав этого слоя, физико-механические свойства составляющих его породных слоев, размеры подрабатывающей очистной выработки и др., которые требуют дополнительных исследований.

Выводы

В подрабатываемом слоистом массиве горных пород в условиях пологого залегания, а также при наклонном залегании в сечении по простиранию пластов, образуется приповерхностный слой, представляющий собой в общем случае пачку породных слоев, изгибающихся без расслоений по внутренним контактам, и обладающий важным отличительным свойством – отсутствием межслоевых сдвиговых и относительных вертикальных деформаций. Мощность приповерхностного слоя может в несколько раз превышать мощность наносов и зависит от ряда факторов, в частности, от степени влияния очистной выработки на верхние породные слои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кузнецов Г.Н.* Взаимодействие боковых пород и крепи в очистных выработках пологопадающих пластов каменного угля // Исследования по вопросам маркшейдерского дела. Сб. тр. ВНИМИ № XXVII. – М.: Углетехиздат. – 1953. – С. 264-302.
2. *Земисев В.Н.* Расчеты деформаций горного массива. – М.: Недра, 1973. – 144 с.
3. *Кратч Г.* Сдвижение горных пород и защита подрабатываемых сооружений. – М.: Недра, 1978. – 494 с.
4. *Кулибаба С.Б.* Исследование скорости распространения процесса сдвижения в подрабатываемом массиве горных пород // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2004. – № 1. – С. 78 - 82.
5. *Кулибаба С.Б.* Об изменении концепции охраны вертикальных шахтных стволов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірничо-геологічна. – Донецьк: ДонНТУ. – 2003. – Вип. 62. – С. 121 - 135.
6. *Сдвижение* горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений / Акимов А.Г., Земисев В.Н., Кацнельсон Н.Н. и др. – М.: Недра, 1970. – 224 с.
7. *Акимов А.Г.* Некоторые данные о сдвижениях горных пород и способах их расчета // Сб. тр. ВНИМИ № XXXII. – Л.: Углетехиздат. – 1958. – С. 93-107.

Коротко об авторах

Кулибаба С.Б. – УкрНИМИ НАН Украины, Донецк, Украина.

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ			
СТАРЦЕВ Олег Иванович	Оптимизация расхода топлива двигателями геологоразведочных самоходных буровых установок	25.00.14	к.т.н.

© П.С. Шпаков, С.П. Ким, С.Г. Ожигин, В.Н. Долгоносов, С.Б. Ожигина, 2007

УДК 622.271

П.С. Шпаков, С.П. Ким, С.Г. Ожигин,
В.Н. Долгоносов, С.Б. Ожигина

АНАЛИЗ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ И ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КАРЬЕРНЫХ ОТКОСОВ НА РАЗРЕЗЕ «ШУБАРКОЛЬСКИЙ»

Семинар № 2

Современные тенденции развития горных работ на разрезах направлены на уменьшение в пределах допустимых норм объемов вскрышных работ и обеспечение минимальных затрат на транспортирование горной массы.

Выполнение данных требований приводит к концентрации и интенсификации горных работ на отдельных участках разреза, что зачастую осложняет геомеханическое состояние прибортовых и отвальных массивов. Обеспечение геомеханического контроля за состоянием их устойчивости является важнейшим условием для стабильной работы предприятия, так как своевременно не обнаруженные деформации могут существенно нарушить технологический процесс и соответственно нанести материальный урон предприятию. Для эффективной и безопасной эксплуатации месторождений в сложной горно-геологической обстановке на ведущих предприятиях созданы геомеханические службы, в которых маркшейдера и технологи совместно с научными работниками проводят работу по трем наиболее важным направлениям:

1. Инструментальные наблюдения за состоянием прибортового массива, выявление оползнеопасных участков и установление механизма деформирования прибортовых и отвальных массивов.

2. Изучение и обоснование расчетных показателей физико-механи-ческих свойств горных пород прибортовых и отвальных массивов.

3. Оценка состояния прибортовых и отвальных массивов и обоснование параметров устойчивых откосов.

Анализ геомеханической обстановки на разрезе «Шубаркольский» показывает, что наиболее сложные условия сложились при ведении горных работ на западном участке северного борта разреза в районе ПК 6^3-ПК 12^3. Важнейшую роль здесь играют не только геологические факторы, но и горнотехнические.

Из геологических факторов в данном районе следует отметить следующие:

- выходы угольных пластов перекрыты толщей глинистых отложений;
- контакты глин с окисленным углем имеют пликативную форму (складчатость на различных уровнях) и местами пологое падение в южном направлении (р.л. 9^2,9^3),что обуславливает возникновение неблагоприятно ориентированных поверхностей ослабления;
- породы зоны интенсивного выветривания и окисленные угли имеют невысокие прочностные свойства. При увеличении влажности прочность глин резко снижается. Не высока также и контактная прочность пород.

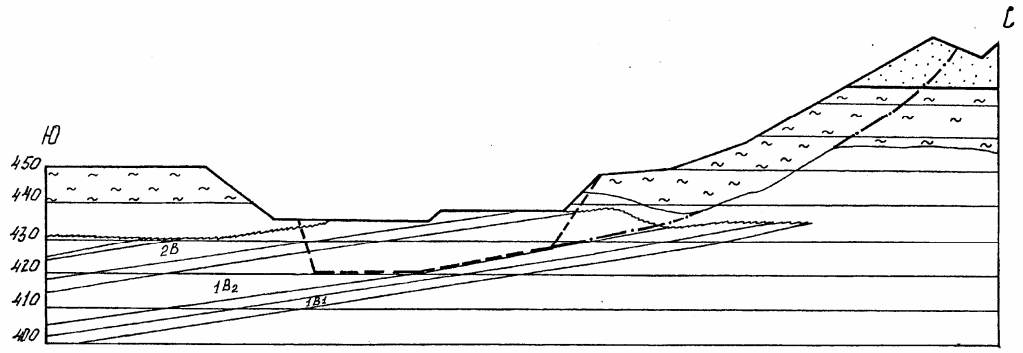

Рис. 1. Северный борт Шубаркольского разреза в районе р.л. 9^2

К горнотехническим факторам, оказывающим негативное воздействие на геомеханическую обстановку относится прежде всего влияние внешней нагрузки на приконтурный породный массив.

Пригрузка борта внешними отвалами бестранспортной вскрыши и динамическая нагрузка от работы экскаватора ЭШ-10/70 не только изменили его геометрию, но создали дополнительную внешнюю нагрузку. В силу чего, изменилось напряженно-дефо-рмированное состояние прибортового массива.

Несоответствие геометрических параметров отработки параметрам прочности пород и изменчивости неоднородного массива явилось также причиной оползня в районе р.л. 9^4 (рис. 1, 2).

В последствии борт разреза в этом районе был присыпан глинистым отвалом, что несколько увеличило его устойчивость. Экскаватором ЭШ-10/70 глинистый отвал и оползневая масса были переэкскавированы непосредственно на борт разреза, в результате чего борт оказался нагруженным породным отвалом.

Для оценки фактического состояния северного борта разреза в районе ПК 6^3-ПК 12^3 был произведен визуальный осмотр состояния борта и проанализирована горно-геологичес-кая документация. Установлено, что наиболее характерными участками борта в данном районе являются геологические профили по разведочным линиям 9^2 и 9^4 (рис. 1, 2). На геологическом профиле по разведочной линии 9^2 четко прослеживается поверхность ослабления по контакту с глинами, а разведочная линия 9^4 проходит через участок оползня. Здесь возможно развитие деформационных явлений в горном массиве. На данном участке заложена наблюдательная станция из двух профильных линий и производится регулярный инструментальный контроль за состоянием устойчивости прибортового массива при отработке угольного пласта $1В_2$.

Геометрические параметры карьерных откосов снимались с предоставленных планов и разрезов, а для обоснования прочностных свойств горных пород использовались данные ПГО "Центрказгеология", института "УкрНИИпроект", результаты исследований кафедры маркшейдерского дела и геодезии КарГТУ, а также данные нормативной, справочной литературы.

В районе разведочной линии 9^4, где горный массив подвергся оползневым деформациям, прочностные свойства пород определены с учетом разрыхления и для расчета устойчивости приняты

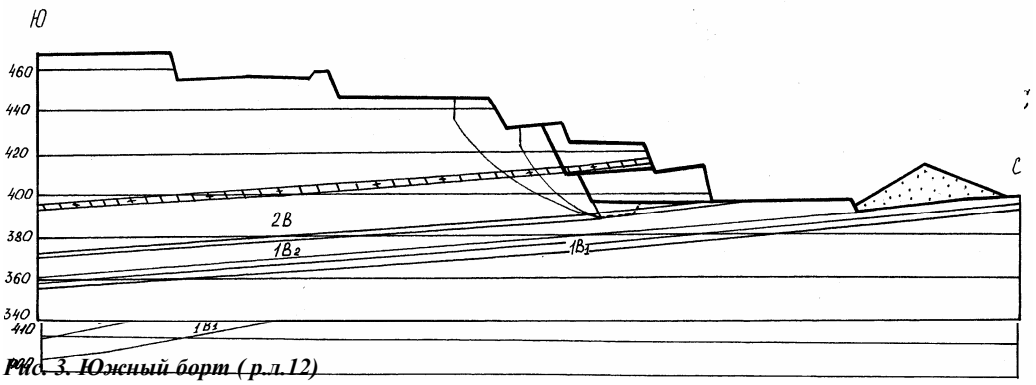

Рис. 3. Южный борт (р.л.12)

Рис. 2. Северный борт Шубаркольского разреза в районе р.л. 9^4

следующие характеристики: сцепление k = 2,0 т/м^2, угол внутреннего трения ρ = 15°, плотность γ = 1,9 т/м^3.

По разведочной линии 9^2 горный массив несколько прочнее. Здесь с учетом наличия контакта ослабления приняты следующие характеристики: сцепление k = 4,0 т/м^2, угол внутреннего трения ρ = 17°, плотность γ = =2,1 т/м^3.

После анализа геологического строения массива и его физико-механических характеристик, а также профиля борта в плане и по высоте, выбиралась расчетная схема для оценки состояния откоса и соответствующая геомеханическая модель разрушения прибортового массива.

Результаты расчета устойчивости прибортового массива горных пород в районе разведочной линии 9^4 показали, что борт разреза находится практически в предельном состоянии, т.к. коэффициент устойчивости составляет n = 1,013.

При оценке устойчивости борта разреза по разведочной линии 9^2 с учетом отработки угольного пласта $1В_2$ по схеме с поверхностью ослабления получен коэффициент устойчивости n = 1,103.

Таким образом, северный борт разреза между ПК 6^3 и ПК 12^3 находится в предельном состоянии и требуется использовать специальную технологию отработки угольного пласта в этом районе. Основным условием при ведении добычных работ на данном участке является обязательное формирование породного упора в нижней части борта разреза, а также проведение отработки участка узкими заходками не создавая большого фронта обнажения, что может вызвать повторные оползневые явления.

Анализ результатов наблюдений за сдвижением прибортового массива подтверждает результаты расчетов и показывает, что борт разреза в районе р.л. 9^4 находится в области упругопластических деформаций.

В связи с переходом на бестранспортную технологию формирования внутреннего отвала, на рабочем (южном) борту произведено сдваивание четвертого и пятого уступов и уменьшение параметров бермы безопасности до минимальных размеров. Южный борт имеет выпуклый профиль. (рис. 3) Наиболее напряженная область находится ниже гор.+446 м. Угол наклона борта на этом участке - 43° (Н = 48 м), ниже гор.+434 м борт имеет угол наклона 55° (Н = 36 м).

Погружение горных работ до гор.+390 м приводит к достижению рабочим бортом, высотой 80 м, генерального угла наклона 19°. На наиболее на-

пряженном участке, ниже гор.+446 м, при высоте борта 56 м угол наклона борта составит 46º, ниже гор.+434 м при высоте борта 44м угол наклона борта - 58º.

Южный борт разреза является рабочим. Требуется уделять особое внимание обеспечению его устойчивости, так как любые деформации могут оказать серьёзное влияние на технологические процессы по добыче и транспортированию угля. Методическими указаниями [1] рекомендуется при расчетах устойчивости уступов принимать нормативный коэффициент запаса n = 2, тогда как для всего борта в целом он может достигать n = =1,3. Для групп уступов этот коэффициент может быть от 1,5 до 2 в зависимости от степени ответственности данного участка горных работ.

Анализ геологического строения прибортового массива показывает, что борт состоит из угольных пачек Верхнего горизонта и надугольных отложений, полого падающих в сторону массива. Геометрические параметры уступов отражены на рис. 3. В связи с тем, что борт имеет выпуклый профиль, то для определения наиболее опасной поверхности скольжения требуется произвести ряд расчетов для различных групп уступов.

Геомеханический анализ прибортового массива позволяет сделать вывод о механизме формирования поверхности скольжения на южном борту. Падение пород, слагающих борт, в сторону массива обусловливает формирование круглоцилиндрической поверхности скольжения. Так как горный массив представлен неоднородной слоистой толщей, принимается геомеханическая модель деформирования неоднородного массива без учета поверхностей ослабления.

Наиболее характерным участком южного борта является его профиль по разведочной линии 12. На поперечном разрезе по разведочной линии 12, на основании данным детальной и эксплуатационной разведки, отражено геологическое строение массива, фактический и планируемый профиль борта.

Геометрический анализ позволяет сделать вывод о том, что верхние уступы до гор. +446 м в связи с наличием широких рабочих площадок безусловно будут находиться в устойчивом состоянии. Расчету следует повергнуть участки борта ниже гор.+446 м: гор.+390 м-гор.+434 м с углом наклона 58º и гор.+390 м-гор.+446 м с углом наклона 46º.

Расчеты устойчивости откосов уступов и бортов разреза производились численно-аналитическим способом [1, 3]. Результаты расчета устойчивости участков прибортового массива горных пород в районе разведочной линии 12, ниже гор.+446 м, показали, что борт разреза на участках: гор.+390 м-гор.+434 м с углом наклона 58º и гор.+390 м-гор.+446 м с углом наклона 46º имеет коэффи-циенты запаса устойчивости 2,06 и 1,99 соответственно, что удовлетво-ряет требованиям нормативных до-кументов [1, 2].

В целом, в соответствии с принятыми на основе исследований институтом "УкрНИИпроект" и ПГО"ЦКГ" характеристиками прочности (уголь-сцепление k =20,7 т/м^2, угол внутреннего трения ρ = 27º, плотность γ = 1,34 т/м^3; породы надугольной толщи - сцепление k = 32,3 т/м^2, угол внутреннего трения ρ = 26,1º, плотность γ = 2,48 т/м^3), прибортовой массив южного борта между гор.+390 м-гор.+446 м с углом наклона 46º устойчив. Возможны локальные деформации, связанные с вывалами пород на ослабленных участках.

На период постановки южного борта ниже гор.+446 м под крутыми углами наклона проведение инструментального контроля за устойчивостью уступов обязательно с целью обнаружения возможных деформаций и своевременного их предотвращения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Временные* методические указания по управлений устойчивостью бортов карьеров цветной металлургии. - М.. МЦМ СССР, 1989. – 128 с.

2. *Методические* указания по определений углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. ВНИМИ. - Л., 1972. - 165 с.

3. *Шпаков П.С.* Маркшейдерское обоснование геомеханических моделей и разработка численно-аналитических способов расчета устойчивости карьерных откосов: Автореф. дис. д.т.н. - Л., 1988. – 40 с.

Коротко об авторах

Шпаков П.С. - профессор, доктор технических наук, Муромский институт Владивостокского государственного университета,
Ким С.П. - вице-президент АО "Шубарколь комир",
Ожигин С.Г. – доцент, кандидат технических наук,
Долгоносов В.Н. – кандидат технических наук,
Ожигина С.Б. – старший преподаватель,

Карагандинский государственный технический университет.

© А.А. Трубицын, Д.Н. Козлов, А.Ю. Ермаков, А.С. Ярош, Д.А. Трубицына, 2007

УДК 622.411.5.002.56

А.А. Трубицын, Д.Н. Козлов, А.Ю. Ермаков, А.С. Ярош, Д.А. Трубицына

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА КОНТРОЛЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА ПКА-01 ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Семинар № 2

Мировой опыт разработки приборов пылевого контроля основывается на трех основных принципах: оптический, радиоизотопный и гравиметрический, все достоинства и недостатки которых достаточно хорошо

известны. Это позволяет утверждать, что в настоящее время разработка новых способов и средств измерения концентрации пылевого аэрозоля в угольных шахтах является весьма актуальной задачей.

В результате проведенного комплекса исследований к реализации был выбран способ определения запыленности воздуха по изменению аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента, изготовленного из специальной фильтрующей бумаги. И после детальной конструктивной проработки данный способ был реализован в приборе контроля запыленности ПКА-01. Коротко приведем техническую характеристику прибора.

Прибор контроля запыленности воздуха ПКА-01 предназначен для измерения массовой концентрации пыли при контроле превышения предельно-допустимых концентраций в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе, при технологическом контроле чистоты воздуха. Он применяются в угольной промышленности для контроля угольной пыли и угольно-породной пыли в воздухе рабочей зоны в соответствии с требованиями ПБ 05-618-03 «Правила безопасности в угольных шахтах», СанПиН 2.2.3.570-96.

Принцип действия прибора основан на определении аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента за счет падения объемного расхода прокачиваемой пробы. Время отбора обусловлено значением массовой концентрации аэрозоля и ограничивается предельным значением аэродинамического сопротивления при высоких концентрациях. С помощью встроенного процессора объемный расход пересчитывается в массовую концентрацию аэрозольных частиц, которая визуализируется на цифровом табло прибора.

Установка начального значения аэродинамического сопротивления фильтрующего элемента осуществляется автоматически. Прибор ПКА-01 может работать в двух режимах: в режиме автоматического выбора времени измерения и в режиме выбора времени измерения пользователем. В качестве фильтрующего элемента используются специальная фильтровальная бумага, которая обеспечивает

Основные технические характеристики

1. Диапазон показаний массовой концентрации пыли, мг/м^3		0 - 5000;
2. Диапазон измерений массовой концентрации пыли, мг/м^3		2 - 1000;
3. Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения массовой концентрации пыли, %		± 20;
4. Диапазон времени отбора пробы, мин		0,3-30;
5. Номинальные значения объема пробы, дм^3		4-390;
6. Пределы допускаемой относительной погрешности времени отбора, %		±2;
7. Пределы допускаемой относительной погрешности по объему пробы, %		±5;
8. Электрическое питание от аккумуляторной батареи, В		12;
9. Потребляемая мощность, ВА		50;
10. Габаритные размеры, ДхШхВ, мм:		150x100x250;
11. Масса, кг		0,95;
12. Условия эксплуатации:		
диапазон температуры окружающей среды		от +5 до + 35°С;
диапазон относительной влажности		от 20 до 98 % при + 25 С;
диапазон атмосферного давления		от 84 до 106,7 кПа.
13. Время непрерывной работы, ч		6;
14. Средняя наработка на отказ, ч		2000;
15. Средний срок службы, лет		5.

значительное падение аэродинамического сопротивления при ее загрязнении. С утилитарной точки зрения возможно повторное использование фильтра после механического удале-ния с него пыли. При этом, при про-ведении производственного контроля необходимость во взвешивании филь-тров отсутствует: прибор автоматически по падению аэродинамического сопротивления и специальному численному алгоритму, введенному в процессор прибора, показывает значение концентрации пыли по общей массе в воздухе. Процедура измерений концентрации пыли для гигиенических целей с использованием прибора ПКА-01 ничем не отличается от процедуры при использовании аспиратора АЭРА: фильтр взвешивается до и после отбора пробы, с цифрового табло считывается количество прокачанного воздуха и рассчитывается концентрация пыли по известным формулам.

Маркировка взрывозащиты POExial. Прибор может быть подключен к персональному компьютеру через USB - порт. По способу установки на месте эксплуатации приборы являются переносными; по видам источников питания - с электрическим питанием; по степени автоматизации - автоматизированные; по режиму работы - циклического действия. Основные технические характеристики прибора ПКА-01 приведены ниже.

Испытания прибора проводились в режиме выбора времени измерения пользователем. Время измерения составляло 30 минут. В фильтродержатель устанавливался чистый фильтр, предварительно взвешенный на аналитических весах 1-го класса точности. Прибор включался в режим измерения и по-

мещался в пылевую камеру. В камере с помощью вентилятора создавался пылевой аэрозоль определенного типа (угли разной марки и разной дисперсности, породная и углепородная пыль). По окончании измерения прибор ПКА-01 извлекался из пылевой камеры, регистрировалось показание прибора, фильтр взвешивался и рассчитывалась концентрация пыли и приведенная погрешность прибора.

При сравнении запыленности расчетной и полученной с помощью прибора ПКА-01 было установлено, что погрешность лежит в пределах допустимой нормы для угольной, породной и углепородной пыли различного фракционного состава. Кроме того, в результате проведенных исследований установлено, что вещественный и дисперсный состав пыли не влияет на величину погрешности измерений.

Приведенная погрешность находится в диапазоне 2-100 мг/м^3, ±20 %; а относительная погрешность – в диапазоне 100-1000 мг/м^3, ±20 %.

В ходе опытной проверки прибора, было высказано предположение о том, что в процессе работы прибора установленный в нем фильтр набирает влагу и тем самым повышается сопротивление воздуха, проходящего через фильтр, что могло бы дать дополнительную погрешность и отрицательно сказаться на результатах измерений. Для этой цели был проведен ряд дополнительных исследований в специальной пылевой герметичной камере. Создавалась определенная влажность H при заданной температуре воздуха T, и регистрировалось количество воздуха Q, которое прокачивалось через фильтр за время измерений **t**. По данным, полученным в результате исследований, было установлено, что влажность не влияет на сопротивление фильтра.

В заключении отметим, что прибор контроля запыленности ПКА-01 прошел испытания в августе-сентябре 2005 г. во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева по утверждению типа средства измерения и в январе 2006 г. планируется освоение его серийного производства.

Коротко об авторах

Трубицын А.А. – доктор технических наук, профессор, НЦ ВостНИИ, г. Кемерово,
Козлов Д.Н. – кандидат технических наук, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, г. Санкт-Петербург,
Ермаков А.Ю. – инженер, шахта ОАО «Разрез Ольжерасский», г. Междуреченск,
Ярош А.С. – аспирант, ННЦ ГП ИГД им. А.А. Скочинского,
Трубицына Д.А. – инженер, ООО «Горный-ЦОТ», г. Кемерово.