

Г.А. Симанович, Д.О. Астафьев, А.С. Гусев

К ВОПРОСУ НАГРУЖЕНИЯ КРЕПИ ОЧИСТНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Приведен анализ шахтных наблюдений и измерений процесса формирования нагрузки на механизированную крепь очистного комплекса 1МКД-80 в условиях отработки пологого угольного пласта в тонкослоистом обводненном массиве слабых пород.

ДО ПИТАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ КРІПЛЕННЯ ОЧИСНИХ КОМПЛЕКСІВ В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ

Наведено аналіз шахтних спостережень і вимірів процесу формування навантаження на механізоване кріплення очистного комплексу 1МКД-80 в умовах відпрацювання пологого вугільного пласта в тонкошаруватому обводненому масиві слабких порід.

ON THE QUESTION OF FACE COMPLEX SUPPORT LOADING IN HARD MINE-GEOLOGICAL CONDITIONS

Analysis of mine researches and dimension of formation process of load on mechanical support of longwall complex 1MCD-80 in conditions of flat coal seam m in foliated water-encroached massif of soft rocks are realized.

Инженерно-техническим персоналом шахты «Самарская» установлен ряд особенностей проявлений горного давления в процессе отработки выемочного участка 539 лавой, связанных с периодичностью посадки основной кровли и аварийной ситуацией посадки на «жесткую базу» комплекса 1МКД-80. Сущность этих особенностей заключается в следующем.

Во-первых, при посадке основной кровли формируется нагрузка, приближающаяся к величине несущей способности секции механизированной крепи, о чем свидетельствует задвижка штоков гидростоек до минимально допустимого уровня остающихся «зеркал» поверхности высотой 50-70 мм по заднему ряду стоек и 10-30 мм по переднему ряду стоек. В то же время, отдельные визуальные наблюдения

указывают на развитие зоны обрушения высотой до 5-7 м, вес пород внутри которой составляет 120-190 кН/м² и в 2,6-4,2 раза меньше несущей способности крепи 1КД-80, которая по технической характеристике комплекса составляет 500 кН/м².

Во-вторых, стабильно проявляется картина преимущественного нагружения переднего ряда стоек секций как при посадке основной кровли, так и при аварийной ситуации посадки кровли на «жесткую базу» механизированного комплекса. Об этом свидетельствуют визуальные наблюдения прогиба перекрытий секций в районе его шарнирного соединения с консолью, а также повсеместное уменьшение (вплоть до нуля) высоты «зеркал» поверхности штоков в переднем ряду стоек по сравнению с задним рядом стоек. Такое поведение

ние секций механизированной крепи указывает на формирование косонаправленной на очистной забой нагрузки со стороны опускающейся кровли с концентрацией в районе переднего ряда стоек.

В-третьих, в бортовом и сборном штреках деревянные стойки органной крепи наклонены на очистной забой в местах посадки основной кровли. Это также указывает на проявление косонаправленной нагрузки в сторону груди забоя в районе сопряжения лавы со штреками как в действующей 539 лаве, так и в ранее отработанной 537 лаве.

В-четвертых, отмечается относительно легкий процесс восстановления секций механизированной крепи в рабочее состояние (съем с «жесткой базы») после аварийных посадок. Это может служить косвенным доказательством того, что высота обрушения основной кровли достаточно ограничена и после разборки породы над перекрытиями секций они относительно легко раздвигаются (хватает развиваемого усилия распора) в исходное положение.

В-пятых, наблюдается закономерность изменения водопритока в лаву:

- между посадками основной кровли (в том числе и после посадки крепи на «жесткую базу») водоприток относительно небольшой (на уровне 3-5 м³/час) в виде «капежа» воды, достаточно равномерном по всей длине лавы;

- перед посадкой основной кровли водоприток снижается до 2 м³/час и менее;

- после посадки основной кровли водоприток восстанавливается до прежнего уровня 3-5 м³/час;

- после посадки на «жесткую базу» водоприток резко возрастает до 40-50 м³/час и сосредоточен в районе сопряжения со сборным штреком.

В-шестых, посадка на «жесткую базу» регулярно начинается с верхних секций, расположенных у бортового штрека, что указывает на влияние выработанного пространства отработанной 537-й лавы.

Традиционная схема процесса сдвижения надугольной толщи не в состоянии

объяснить причины посадки крепи на «жесткую базу», так как вес отслоившихся пород в несколько раз меньше ее несущей способности. На наш взгляд, изучение нового явления многократного увеличения горного давления с изменением его вектора в сторону очистного забоя следует искать в особенностях строения и свойств углевмещающей толщи:

- во-первых, отсутствует сколь-нибудь существенное зависание консолей породных слоев основной кровли по причине их низких прочностных характеристик, особенно, в водонасыщенном состоянии;

- во-вторых, в кровле пласта C_5 размещается целый ряд водоносных мало-мощных угольных пластов;

- в-третьих, непосредственную и основную кровлю слагают глинистые породы, склонные к размоканию и увеличению в объеме («набуханию»), а обширному распространению этого процесса способствует весьма интенсивная трещиноватость – от 5-8 до 10-17 трещин на 1 п.м по данным горно-геологического прогноза.

Таким образом, на геостатическое горное давление $\sigma_y(\mathcal{H})$ накладывается дополнительная составляющая $\sigma_y(\Delta)$ от «набухания» (относительное увеличение объема обозначим Δ , что тождественно объемной деформации пород) водонасыщенных аргиллитов и алевролитов непосредственной и основной кровли, отражающая следующие особенности:

- впереди лавы прогнозируется дополнительно стабильно равномерное вертикальное давление $\sigma_y(\Delta)$, обусловленное условиями «стесненного» деформирования породы с ограничением перемещений ее увеличивающегося объема в каком-либо направлении пространства; при этом возникают также дополнительные горизонтальные напряжения $\sigma_x(\Delta)$, которые способствуют частичному закрытию трещин (смыкание их берегов), что ограничивает водоприток и степень «набухания» пород кровли;

- над рабочим пространством лавы

происходит изгиб слоев кровли и некоторое раскрытие трещин, что увеличивает водоприток, объем «набухающих» пород и давление расширяющейся во все стороны породы; этому сопутствуют: по горизонтали – нетронутый массив впереди лавы, а со стороны выработанного пространства обрушенные породы и силы трения τ по плоскостям напластований (возникают от действий вертикального горного давления); по вертикали – вышележащие породы кровли и только в направлении рабочего пространства лавы перемещению пород препятствует только крепь; сопротивление крепи в среднем на порядок меньше сил горного давления и процесс сдвижения по законам природы направляется в сторону самого слабого элемента геомеханической системы;

– позади очистного забоя дополнительные составляющие вертикального $\sigma_y(\Delta)$ и горизонтального $\sigma_x(\Delta)$ горного давления снижаются, так как появляется возможность многостороннего расширения «набухшей» породы: вверх – в раскрывшиеся полости расслоения породных слоев, вниз – в уплотняющиеся обрушенные породы, по горизонтали – более интенсивная вертикальная трещиноватость с частичным раскрытием трещин.

Легко видеть, что суммарное воздействие геостатического горного давления $\sigma_y(\mathcal{H})$ и составляющей $\sigma_y(\Delta)$ «набухания» водонасыщенных пород кровли значительно выше несущей способности крепи комплекса 1КД-80.

При этом расчеты показывают, что в «стесненных» условиях деформирования, то есть, невозможности расширения элементарного объема породы, размещенного в массиве, дополнительные напряжения $\sigma_{y,x}(\Delta)$ являются величинами одного порядка с геостатическим давлением, а, если учесть, что при размокании аргиллитов и алевролитов увеличиваются их пластические свойства (коэффициент μ возраста-

ет) и объемное расширение может составить несколько процентов, то формируется новый, достаточно высокий, уровень горного давления, многократно превышающий геостатическое \mathcal{H} .

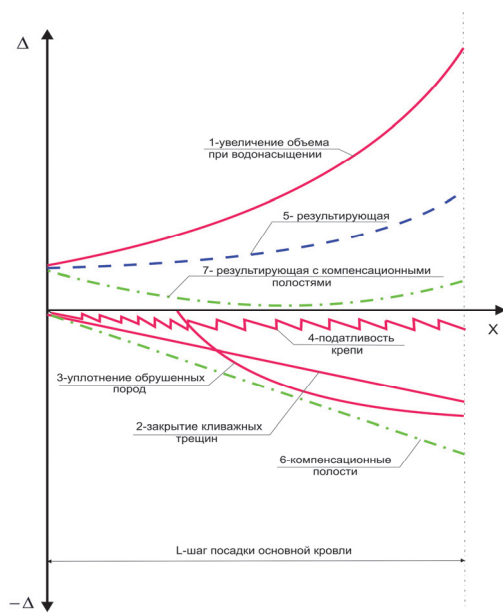


Рис. 1. Качественные закономерности изменения по мере отхода X лавы составляющих увеличения и компенсации объемов пород кровли при их водонасыщении

Для раскрытия других фактов процесса сдвижения надугольной толщи рассмотрено явление «набухания» пород при подвигании очистного забоя (по координате X восстания пласта), которое схематически показано на рис. 1. Линия I характеризует развитие процесса «набухания» породного слоя кровли по мере подвигания очистного забоя. Термин «развитие» понимается в том смысле, что увеличение относительного объема Δ происходит, во-первых, во времени, а, во-вторых, – с увеличением водонасыщенности слоя, которая растет в промежутке времени между посадками основной кровли. Так, впереди лавы в зоне опорного давления повышенные вертикальные

σ_y и горизонтальные σ_x напряжения в значительной степени закрывают берега трещин, уменьшая водоприток, а, следовательно, и величину «набухания» глинистых пород; над очистным забоем и позади него трещины раскрываются вследствие прогиба и оседания породных слоев – водоприток и «набухание» породы увеличивается и все это происходит во времени воздействия воды в процессе подвигания забоя на шаг L обрушения основной кровли; так что по координате X интенсификация «набухания» возрастает нелинейно. Но, присутствуют факторы, частично компенсирующие увеличение объема водонасыщенных пород кровли, к числу которых относятся:

– закрытие криважных и техногенных (в процессе изгиба) трещин в породном слое (линия 2 на рис. 1);

– присутствует фактор податливости секций крепи (линия 4 на рис. 1).

Результат развития «набухания» породных слоев кровли и действия компенсирующих факторов выражен в результирующей линии 5 (см. рис. 1), особенность которой заключается в том, что по мере отхода забоя лавы от предыдущей посадки основной кровли рост излишнего объема водонасыщенных пород происходит медленно, а при приближении забоя к следующей посадке основной кровли действие компенсирующих факторов ослабевает и происходит интенсивный рост объема водонасыщенной породы. Это способствует активному росту составляющих $\sigma_y(\Delta)$ и $\sigma_x(\Delta)$ горного давления, обусловленных обводнением кровли. В то же время, геостатическая составляющая $\sigma_y(\mathcal{H})$, напротив, выполаживается с увеличением отхода лавы, так как основная часть пролета слоев ложится на обрушенные породы. Поэтому, если в начале отхода лавы от предыдущей посадки основной кровли нагрузку на крепь формирует преимущественно геостатическое давление $\sigma_y(\mathcal{H})$, то при подходе лавы к следующей посадке главной являет-

ся составляющая $\sigma_y(\Delta)$ «набухания» водонасыщенных пород. В сумме составляющие $\sigma_y(\mathcal{H})$ и $\sigma_y(\Delta)$ могут превысить несущую способность крепи ИКД-80, что объясняет причину ее посадки на «жесткую базу». В этой же плоскости лежит объяснение и остальных факторов и явлений, наблюдаемых в 539 лаве (рис. 2).

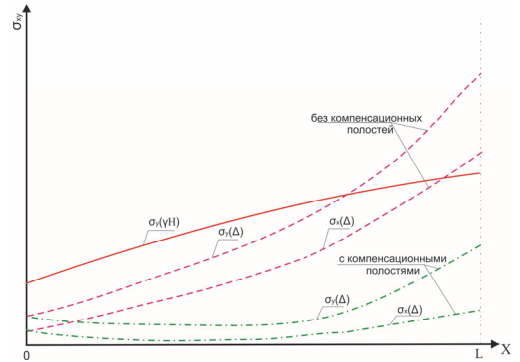


Рис. 2. Качественные закономерности изменения составляющих горного давления σ_{xy} по мере отхода лавы

Периодичность изменения водопритока при посадке основной кровли, особенно, когда она сопровождается посадкой крепи на «жесткую базу», объясняется так. Стабилизация водопритока на уровне 3-5 м³/час после отхода лавы от предыдущей посадки обусловлена некоторым раскрытием трещин при изгибе и оседании слоев кровли позади лавы; в этот период «набухание» водонасыщенных пород в значительной степени компенсируется указанными ранее факторами и горизонтальные напряжения $\sigma_x(\Delta)$ недостаточны для закрытия трещин. Перед посадкой основной кровли резко возрастает напряженность пород над лавой, в том числе и горизонтальных напряжений $\sigma_x(\Delta)$, которые частично закрывают трещины в основной кровле над лавой и по этой причине водоприток снижается до 2 м³/час и менее. При обрушении основной кровли, сопровождающемся посадкой на

«жесткую базу», скопившаяся вода проникает по обширным трещинам и разломам с резким увеличением водопритока до 40-50 м³/час.

Косо направленный на очистной забой вектор горного давления в период посадки основной кровли, особенно, при посадке комплекса на «жесткую базу», обусловлен совместным действием концентраций вертикальных $\sigma_y(\Delta)$ и горизонтальных $\sigma_x(\Delta)$ напряжений в кровле пласта над лавой. Каждый породный слой основной кровли находится под действием высоких сжимающих горизонтальных напряжений $\sigma_x(\Delta)$ и может потерять устойчивость в классическом понимании продольной устойчивости плиты; ее из равновесного состояния выводит концентрация вертикальной нагрузки $\sigma_y(\Delta)$ и прогиб плиты направлен по результирующей горного давления, примерно, совпадающей с расположением переднего ряда стоек крепи.

Относительно облегченный процесс восстановления рабочего состояния секций крепи обусловлен следующим. Посадка на «жесткую базу» сопровождается определенной разгрузкой кровли от напряжений

$\sigma_y(\Delta)$ и $\sigma_x(\Delta)$; при некотором разбурировании обрушенных пород над секцией появляются дополнительные полости, компенсирующие «набухание» породы и составляющие $\sigma_y(\Delta)$ и $\sigma_x(\Delta)$ практически исчезают. Остается только геостатическая составляющая горного давления $\sigma_y(\mathcal{H})$, которая (как указывалось ранее) гораздо меньше не только несущей способности крепи, но и усилий распора секции и она может без существенных затруднений принять исходное рабочее положение поддержания кровли с необходимыми зазорами для прохода комбайна и передвижки секций.

В целом, приведенный анализ нового явления в геомеханике сдвижений надугольной толщи является отправной точкой для проведения комплекса шахтных наблюдений и компьютерного моделирования процесса с целью выработки рекомендаций по безаварийной отработке пологих угольных пластов в сложных горно-геологических условиях.



ОБ АВТОРАХ

Симанович Геннадий Анатольевич – д.т.н., профессор кафедры подземной разработки месторождений Национального горного университета.

Астафьев Денис Олегович – аспирант кафедры подземной разработки месторождений Национального горного университета.

Гусев Александр Станиславович – заместитель директора по производству ПСП «Шахтоуправление «Терновское» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

