

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ С ОЧИСТНЫМИ РАБОТАМИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ТОНКИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Рассмотрены различные формы образования техногенных зон вокруг горных выработок, находящихся в выемочных полях впереди подвигания очистных забоев и распределение напряжений при приближении зон опорного давления

Розглянуто різні форми утворення техногенних зон навколо гірничих виробок, що знаходяться у виїмковому полі на шляху посування очисних вибоїв та розподіл напружень при наближенні зон опорного тиску

Different forms of formation of anthropogenic zone in mine workings are considered situated in front of fields in front work stope and then effort close to pressure supporting.

Введение. В настоящее время на угольных шахтах Донбасса использование имеющегося ресурса очистных механизированных комплексов сдерживается природными и техногенными образованиями структур вмещающих пород. Большинство лав, оборудованных очистными механизированными комплексами нового технического уровня, работают на тонких пластах в сложных условиях. Эти комплексы имеют большой машинный ресурс, и эффективность их применения зависит от размеров выемочного столба и технологичности в подготовке запасов к очистной выемке. Обладая высоким энергоресурсом, современное высокоэффективное горное оборудование требует принятие новых планировочных решений.

В сложившихся планировочных решениях действующих шахт, когда длина выемочного участка планировалась до 1000–1200 м, а длина лавы до 200–250 м, найти участки запасов угля больших размеров невозможно. Как правило, эти запасы пересекают уклоны, ходки или бремсберги. Наличие горных выработок на пути движения очистного забоя является одним из техногенных образований, в которых находятся материалы крепления, обрушенные породы и рудничная атмосфера. Возникает дилемма перед выбором или принимать решение о демонтаже и монтаже комплекса, или искать пути технического решения о переходе горных выработок механизированным комплексом.

Эти выработки проводят заранее при формировании выемочного столба. К моменту приближения очистных работ они деформируются. Переход горных работ на большие глубины, интенсификация отработки запасов при бесцеликовой выемке угольных пластов и применение столбовой разработки в значительной степени ухудшили состояние горных выработок.

Потери площади подготовительных выработок достигают 60–70 % в зависимости от структурного строения и глубины разработки. Более 40 % выработок ремонтируется до сдачи их в эксплуатацию, 52 % выработок деформировано и 20 % находятся в аварийном состоянии. Особенно следует отметить неудовлетворительное состояние сопряжений, где 80 % не соответствуют технологическим требованиям. При этом 82,5 % протяженности выработок закрепле-

но металлической податливой крепью. Анкерные системы в общем решении вопросов крепления составляют всего 0,1 %.

В зависимости от интенсивности проявлений горного давления используются различные виды крепи с различным шагом установки рам. Плотность установки металлической податливой крепи следующая: 1,0 рама/м – 25,5 %; 1,25 рамы/м – 43,5 %; 1,5 рамы/м – 5,6 %; 2,0 рамы/м – 25,4 %

Безусловно доминирующими факторами на устойчивость выработок являются физико-механические характеристики вмещающих пород и угольного пласта. Такие как неоднородность состава массива горных пород и различие в их структурных связях, трещиноватость, наличие поверхностей ослабления, а также напряженно-деформированное состояние, которое сформировалось под действием внутренних и внешних источников энергии. Вокруг выработки сформировалась своеобразная техногенная среда.

Переход горных выработок очистными работами требует дополнительных затрат и создает трудности, но при этом не теряется работа по пласту и механизированный комплекс не подвергается демонтажно-монтажным работам. Это важно для сохранения работоспособности горного оборудования, которое имеет высокую производительность.

Цель и задачи исследований является рассмотрение механизма формирования техногенных сред и зоны ее распространения в длинных выемочных столбах впереди подвигания очистного забоя с учетом протекания геомеханических процессов во вмещающих породах.

Изложение основного материала исследований. Техническую задачу по переходу очистными работами 2-й северной лавы флангового конвейерного ходка уклона № 1 необходимо было решать на шахте ООО «Краснолиманская» при столбовой системе разработки по простиранию угольного пласта. Длина выемочного столба составляла 2700 м, длина лавы – 250 м. Лава оборудована очистным механизированным комплексом типа ДМ, в состав которого входил очистной комбайн УКД-200 и забойный конвейер СП-301М/90УЗ.

Конвейерный ходок предназначался для ведения аварийно-спасательных работ (АСР) и делил уклонную часть шахтного поля на части. Форма арочная, сечение $21,0 \text{ м}^2$. После осадки выработки сечение в свету сократилось до $17,8 \text{ м}^2$ при ширине ходка 5,25 м и высоте 3,67 м. В выемочном поле конвейерный ходок расположен диагонально к выработкам. На состояние выработки значительно воздействует опорное давление, возникающее в результате концентрации напряжений в приконтурном пространстве. Этому давлению противодействует не только крепь, но и степень сопротивляемости окружающих выработку пород, их несущая способность, определяемая прочностными свойствами.

Исходными данными для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) вмещающих пород принят стратиграфический разрез и физико-механические свойства угольных пластов m_4^2 и литологических разностей по данным разведочной скважины.

На глубине ведения горных работ 520 м пласт m_4^2 имеет мощность 0,99-1,26 м, залегает под углом падения до 10° . Вмещающие породы представлены толщей чередующихся слоев песчаника, алевролита и аргиллита, угольные

пласты, прослои и известняки. Преобладающими породами в свите являются песчаники, которые составляют 51 %.

Для решения поставленных задач использован метод математического моделирования, в основу которого положены теоретические разработки, изложенные в работах [1–3]. Геомеханическая модель учитывает особенности сдвижения горного массива с его послойным делением и участие каждого слоя в формировании нагрузок на крепь горных выработок. Учитывается послойный изгиб пород с расслоением и образованием полостей, подвижки отдельных фрагментов слоев относительно друг друга.

При сокращении расстояния между очистным забоем и конвейерным ходком их опорные зоны накладываются друг на друга. Характер распределения нормальных нагрузок меняется на сопряжении выработок. Происходит наложение нормальных нагрузок от конвейерного ходка и очистного забоя. На рис. 1 приведена схема формирования горного давления в породном массиве по мере сокращения ширины угольного целика при приближении очистного забоя на переходимую выработку.

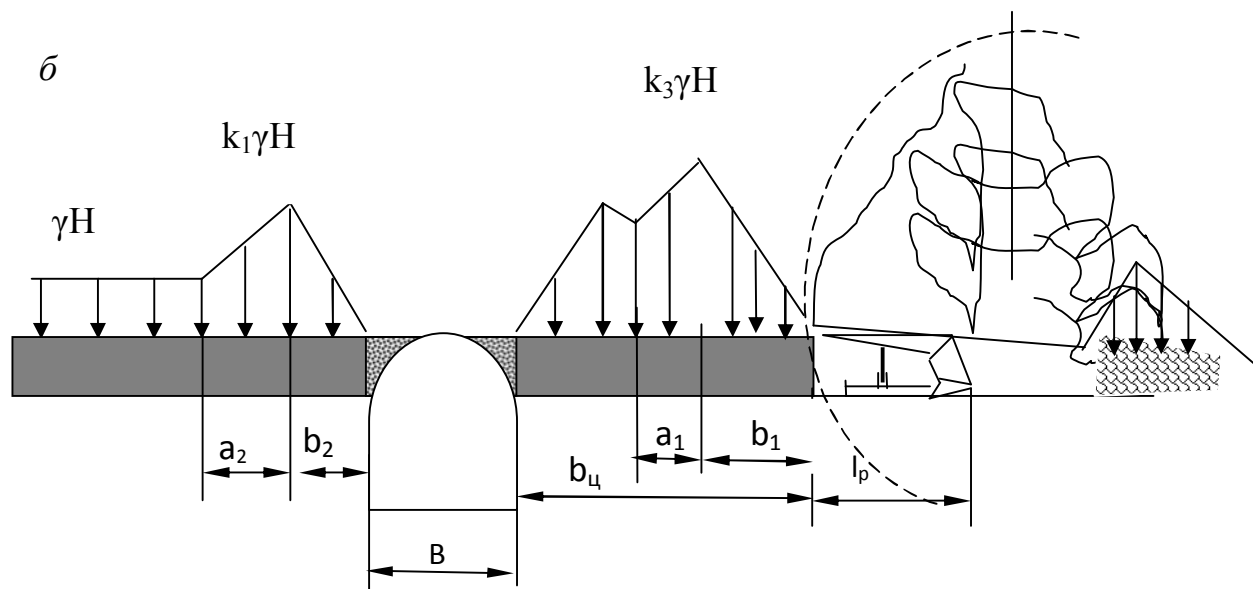


Рис. 1. Схема формирования горного давления в массиве при накатывании очистных работ на переходимую выработку

Известно, что зона опорного давления состоит из двух ветвей – возрастания величины напряжения (a) до пикового значения и ее спада (b) в глубину массива до геостатической величины напряжения (γH).

Деформация горной выработки может усиливаться еще на удалении от лавы за счет наложения зоны влияния очистного забоя на стационарную опорную зону. Контакт зоны опорного давления, которая формируется впереди очистного забоя, и опорной зоны вокруг переходимой выработки происходит их нисходящими ветвями. С этого момента начинается формирование ширины угольного целика ($b_{ц}$), его нагрузки и влияние на состояние горной выработки впереди забоя. Нисходящие ветви эпюры напряжений зон опорного давления

накладываются, и угольный целик подвергается динамическим знакопеременным нагрузкам со стороны движущейся лавы и зависающих пород над выработанным пространством. Изменяется геомеханический характер взаимодействия крепи выработки с окружающими породами. Под действием суммарной нагрузки угольный целик деформируется, раскрываются природные трещины, изменяется газовый режим в массиве горных пород.

При подходе очистного забоя к ходку в массиве происходит изменение наряду деформированного состояния, и размеры техногенной зоны расширяются.

В результате математического моделирования установлены параметры опорного давления впереди движущегося забоя лавы с учетом всех наиболее жестких слоев надугольной толщи и сделан детальный расчет напряжений в породах основной и непосредственной кровли. Результаты расчета изменения нормальных напряжений в зависимости от расстояния приведены на рис. 2.

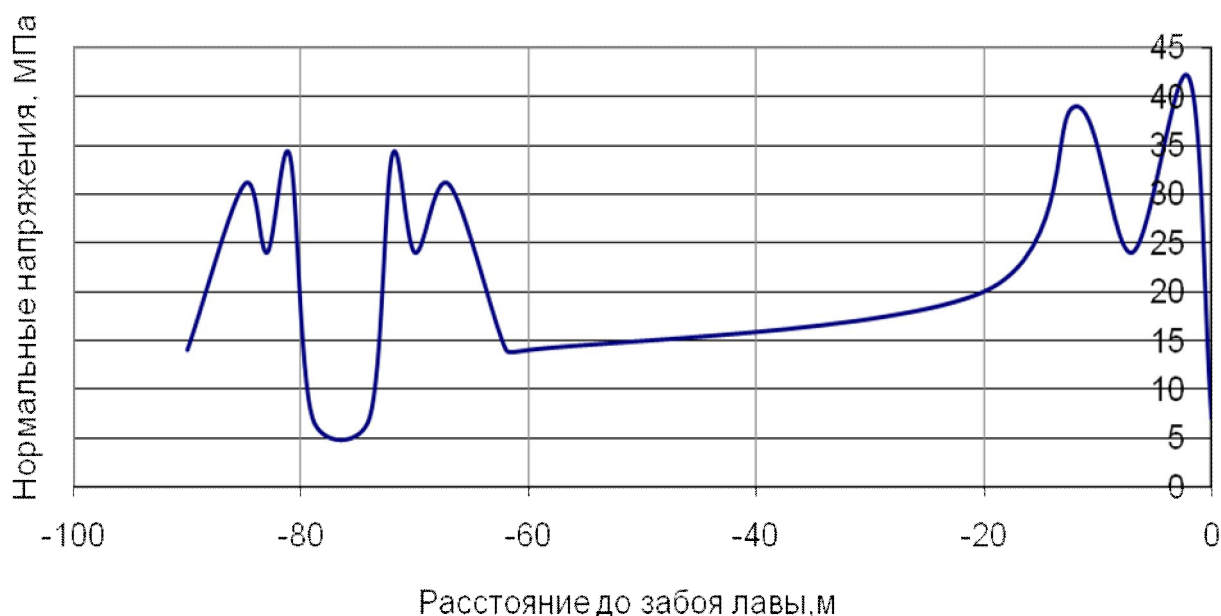


Рис. 2. Распределение нормальных напряжений в опорных зонах ходка и очистного забоя вне зоны влияния их друг на друга

В зоне влияния опорного давления на сопряжении сбойки с откаточным штреком максимальные опускания кровли сбойки увеличились в 2 раза. Заметно увеличились поднятия почвы. На сопряжении выработок поднятия почвы достигают 410 мм, а глубина разрушения пород над серединой конвейерного ходка достигает практически 3 м (вертикальная трещина). Вне сопряжения поднятия почвы составляют 390 мм.

Как показывают результаты моделирования при уменьшении ширины целика, разделяющего ходок и очистной забой, нормальная нагрузка на этот целик будет увеличиваться до 60 МПа. При прочности пород на вдавливание

12 МПа глубина погружения целика составит примерно 75 мм. Это вызовет смещение стенок ходка и увеличение поднятия почвы до 500 мм.

Если вблизи места передвижки секций крепи комплекса со стороны падения пласта будет находиться целик шириной 1,5-2,0 м, то опускание непосредственной кровли в указанных выше сечениях выработанного пространства, уменьшится с 400 мм до 320 мм, а у границы выработанного пространства уменьшится с 530 мм до 470 мм. При переходе очистным забоем техногенной зоны опускание кровли в ходке зависит от ширины целика, которая по мере приближения очистного забоя уменьшается (Рис. 3). Величина опускания пород кровли на контакте забоя лавы со стенкой конвейерного ходка выражается полиномиальной зависимостью вида $U = -0,17b^2 + 5,93b - 40,43$ при $R^2 = 0,99$.

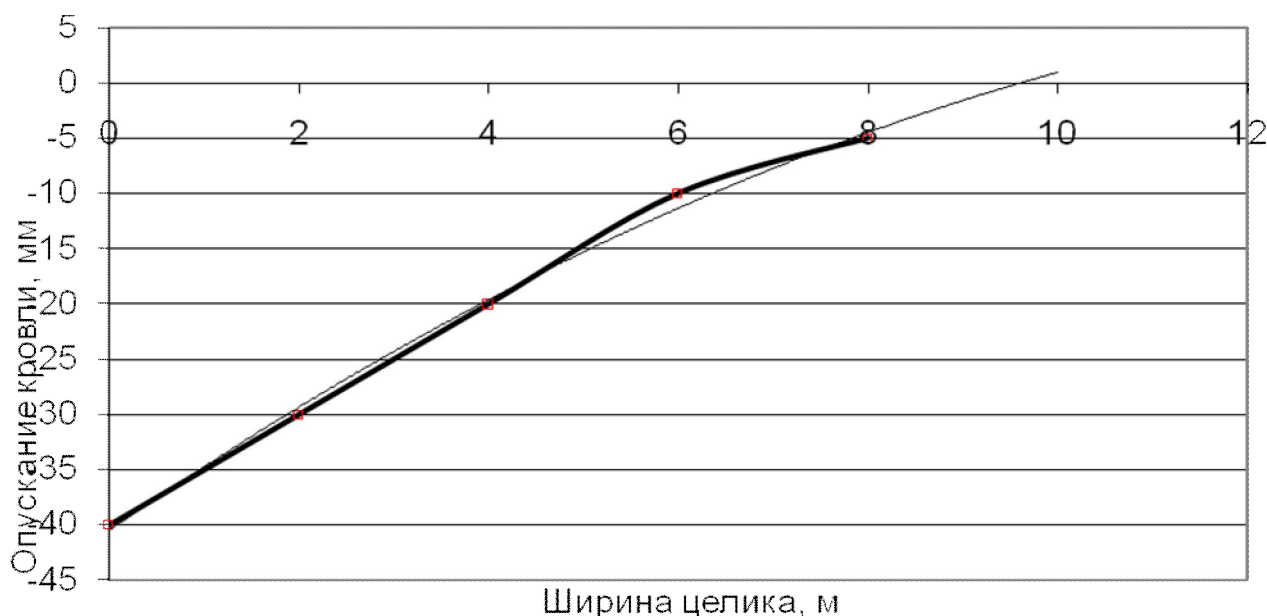


Рис. 3. Зависимость опусканий кровли в плоскости стенки конвейерного ходка

В какой-то момент времени площади двух сопряжений соприкасаются. Происходит перераспределение горного давления, возрастает нагрузка от зависающих пород на крепь подготовительной выработки. При соприкосновении забоя лавы с боком пересекаемой выработки величина предельного пролета пород на их сопряжении увеличивается практически мгновенно до величины l_{ml} , что приводит к возрастанию площади зоны разгрузки обнаженных пород. Чтобы противостоять данному геомеханическому процессу, необходимо увеличить плотность крепи на сопряжении и обеспечить необходимую податливость во времени.

Следует отметить формирование особой техногенной зоны, которая образуется при постепенном наложении зон сопряжения подготовительной выра-

ботки с секущей выработкой и сопряжения очистного забоя с подготовительными выработками. Угольный целик отсутствует, и нагрузка на крепи сопряжения формируется при иной геомеханической ситуации. Она может быть различной в зависимости от способа охраны подготовительной выработки, способа управления горным давлением в выработанном пространстве очистного забоя и положения нахождения выемочного столба в шахтном поле.

Выводы. Таким образом, параметры ослабленной зоны горных пород, которые требуют технологического вмешательства, находятся в прямой зависимости от ширины и высоты выработки. Прежде всего, форму выработки необходимо приспособить к параметрам рабочего пространства лавы.

При переходе очистными работами горной выработки напряженно-деформированное состояние вмещающих пород техногенной зоны имеет прямую зависимость от расстояния до забоя лавы, параметров опорного давления и времени их наложения, а также от структурного строения массива. Это позволит прогнозировать плотность установки крепи и ее характеристики работы в режиме деформации нарушенного массива техногенной зоны, учитывая структурные изменения во вмещающих породах.

Максимальные эквивалентные напряжения в основной кровле не превышают прочности породы на одноосное сжатие. В непосредственной кровле эквивалентные напряжения имеют максимальное значение вблизи плоскости забоя лавы, и есть высокая вероятность образования трещины. Из этого следует, что при переходе очистными работами техногенных зон, которые не подсекают основную кровлю, крепь усиления должна обеспечить поддержание веса непосредственной кровли и не допускать просыпание в рабочее пространство кусков породы.

Список литературы

1. Савостьянов А.В., Клочков В.Г. Управление состоянием массива горных пород. - К.: УМК ВО, 1992. - 276 с.
2. Савостьянов А.В., Кузьменко А.М. К вопросу о теории сдвижения слоистого горного массива при подземной разработке угольных месторождений. //Материалы международной конференции «Форум горняков – 2006». – Д.: Национальный горный университет, 2006. – С. 112-117.
3. Кузьменко О.М., Савостьянов О.В., Рябічев В.Д. Вплив технологічних параметрів виймання вугілля на структурні зміни гірського масиву/ Сб. наук. праць II Міжнародної наук.-практ. конф. 05-12 жовтня 2008 р. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. – С.113-116.

*Рекомендовано до публікації д.т.н.Бондаренком В.І.
Надійшла до редакції 30.03.2012*