

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ ВЫСОКИХ СКОРОСТЯХ ЕГО ОБНАЖЕНИЯ

Наведені механізм формування напружено-деформованого стану масиву і рекомендації з підтримки виробок при високих навантаженнях на очисний вибій.

FEATURES OF MECHANISM OF FORMATION OF STRESS-STRAIN STATE OF A COAL-ROCK MASS AT HIGH SPEED ITS EXPOSURE

The mechanism of formation of stress-strain state of a rock mass and recommendations for a roadway maintenance at high stopes outputs is adduced.

Низкий уровень капитальных вложений в строительство новых и реконструкцию действующих шахт, а также отсутствие в государстве и на предприятиях средств на подготовку и насыщение оборудованием новых лав предопределили, в качестве основного, интенсивный путь развития угледобывающей отрасли. Исходя из реальных технико-экономических возможностей отрасли, некоторые передовые шахты уже увеличили нагрузку до двух и более тысяч тонн угля в сутки. Однако интенсификация технологии добычи спровоцировала ряд негативных явлений в поведении геотехнической угледобывающей системы. В частности, возросло пучение почвы, ухудшились условия управления горным давлением в лаве, поддержания кровли на сопряжениях лава-штрек и охраны выемочных штреков, возросла частота газодинамических явлений и содержание метана в рудничной атмосфере. Традиционные теории не дают однозначного ответа, а часто и не объясняют причин происходящих явлений. Из чего следует необходимость расширения и углубления знаний о геомеханических процессах, протекающих в массиве при больших скоростях подвигания фронта очистных работ, особенно в условиях слабых неустойчивых пород, с последующим обоснованием параметров способов и средств эффективного крепления и охраны горных выработок.

Анализ и обобщение полученных ранее результатов экспериментальных и теоретических исследований [1, 2] позволили следующим образом описать механизм формирования напряженно-деформированного состояния массива неустойчивых пород при высоких скоростях его обнажения.

С возрастанием скорости подвигания фронта очистных работ происходит увеличение длины консоли (шага посадки) основной кровли, нависающей над выработанной частью лавы и опирающейся по ширине – на лавную крепь и область массива, расположенную вдоль линии очистного забоя, а краями по длине – на крепи и охранные конструкции выемочных штреков. Причина увеличения длины консоли (шага посадки кровли) заключается, во-первых, в запаздывании процессов релаксации напряжений и деформаций по отношению к скорости обнажения массива, во-вторых, в увеличении прочности пород и приобретении ими хрупких свойств, обусловленных возрастанием скорости нагружения крае-

вых частей породной консоли.

В свою очередь увеличение длины породной консоли приводит к росту давления на механизированную лавную крепь, особенно ее заднюю стойку, и крайнюю часть угольного пласта. Возрастание концентрации напряжений в краевой части угольного пласта провоцирует увеличение зоны рассеивания напряжений и значений растягивающих напряжений в почве в области проекции линии очистного забоя. Совместное действие растягивающих напряжений и давления на почву механизированной лавной крепи (рис. 1а) приводит к пучению и разрывам участка почвы, расположенного между крепью и линией очистного забоя.

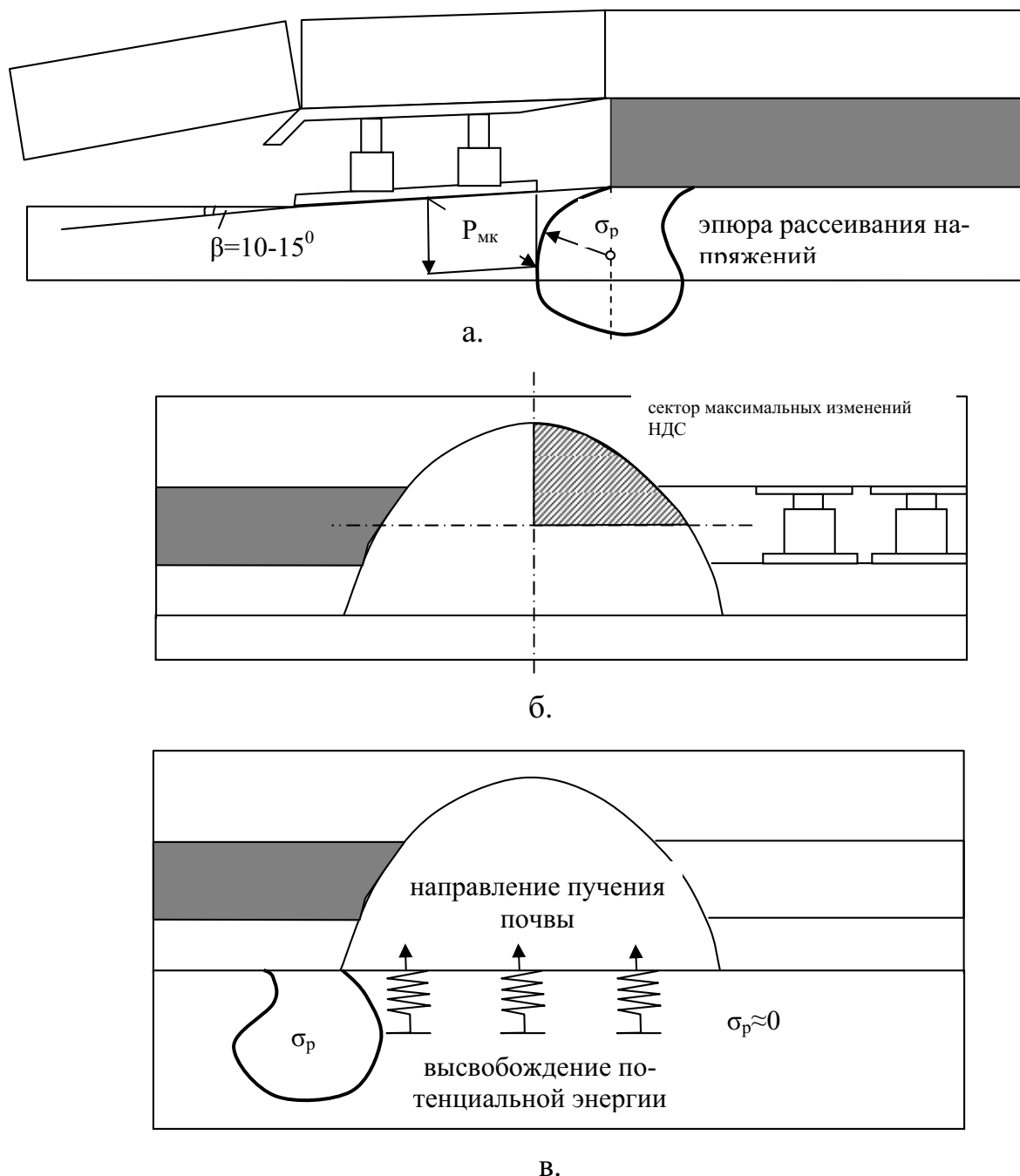


Рис. 1 – Схемы к механизму формирования напряженно-деформированного состояния в углепородном массиве

Несколько иные процессы происходят в краевой части породной консоли, опирающейся на выемочные штреки и их охранные конструкции. Приращение длины консоли на величину Δl приводит к пропорциональному росту давления на штрековую крепь (по сравнению с условиями, характерными для традиционных скоростей подвигания лавы) на участке от сопряжения лава-штрек длиной Δl в сторону отработанной части выемочного столба. Причем основные негативные изменения происходят в секторе сечения штрека, примыкающем к действующей лаве (заштрихованный сектор на рис. 1б).

Существенные изменения происходят и в почве штрека. Если представить механизм пучения почвы в штреке как результат совместных действий процесса высвобождения потенциальной энергии и тангенциальных составляющих напряжений в бермовой части штрека, то, в силу несоответствия времен обнажения массива и релаксационных процессов (запаздывания последних), а также отсутствия (до посадки кровли) давления на бермовую часть штрека и, соответственно, растягивающих напряжений со стороны лавы, пучение почвы в штреке с увеличением скорости подвигания лавы заметно уменьшается (рис. 1в).

Для условий, например, шахт Западного района Донбасса описанный выше механизм формирования напряженно-деформированного состояния, характеризуется следующими числовыми значениями:

- зона влияния сопряжения лава-штрек на призабойную часть угольного пласта носит знакопеременный характер с двумя участками повышенных напряжений: 0-20 и 30-45 м от сопряжения;

- при высоких скоростях подвигания лавы параллельно линии очистного забоя в массиве формируется дополнительная зона повышенных напряжений (с коэффициентом концентрации около 1,2), координаты которой определяются местоположением рабочего органа комбайна;

- с увеличением скорости перемещения фронта очистных работ в интервале от 0 до 10,8 м/сутки:

- а) наблюдается пропорциональное увеличение давления в гидросистеме механизированной лавной крепи в диапазоне от 200-250 до 350-400 кН/м²,

- б) шаг посадки основной кровли в лаве увеличивается с 15-17 до 25-28 м,

- в) зона влияния лавы на крепь выемочных штреков уменьшается с 100-120 до 70-90 м в штреке, заложенном в целике, и с 80-100 до 60-80 м в штреке, пройденном «вприсечку»,

- г) область максимальной конвергенции в штреке на участке сопряжения возрастает с 30 (+10 - -20 м) до 45 м (+15 - -30 м),

- д) коэффициент приращения давления на штрековую крепь в зоне сопряжения увеличивается с 1,5-2 до 2,5-3,

- е) необходимое количество подрывок почвы в штреке сокращается с 3-4-х до 2-х;

- количество вывалов в кровле лавы обратно пропорционально скорости подвигания очистного забоя, при этом увеличение скорости в два раза снижает вероятность вывалообразования на 30-40 %.

Таким образом, с точки зрения оптимизации геомеханических процессов,

при увеличении скорости подвигания фронта очистных работ технологические мероприятия должны быть направлены либо на уменьшение шага посадки основной кровли до традиционных значений, составляющих 15-20 м, либо на снижение влияния консоли на напряженно-деформированное состояние массива, либо на изменение (адаптацию) силовых параметров лавной и штрековой крепей, особенно в зоне сопряжений лава-штрек.

Приведенный выше механизм формирования напряженно-деформированного состояния в углепородном массиве при высоких скоростях его обнажения указывает на то, что улучшение геомеханической ситуации в лавах может быть достигнуто двумя путями. Первый путь направлен на снижение влияния породной консоли, нависающей над отработанной частью лавы, что одновременно улучшает и условия поддержания выемочных штреков, второй – на увеличение рабочего сопротивления механизированной лавной крепи.

Приведенные ниже рекомендации относятся к характеристикам лав, наиболее распространенным в Западном районе Донбасса: длина лавы – 155-165 м, вынимаемая мощность – 1,05-1,15 м. Кроме того, предполагается, что лавы заложены в нормальных горно-геологических условиях, в частности не нарушены тектоникой. В случае наличия последней, предполагается, что выполнена до-разведка выемочного столба, например по методике, приведенной в [3].

Реализация первого пути может быть обеспечена следующими технологическими мероприятиями: принудительным обрушением кровли с заданным шагом посадки, выкладкой бутовых полос перпендикулярно линии очистного забоя, выкладкой «костров» параллельно линии очистного забоя, использованием специального технологического цикла отработки выемочного столба, обеспечивающего уменьшение шага посадки основной кровли в лаве.

Первое мероприятие реализуется, обычно, путем проведения отрезной щели буровзрывным методом. Для этого через каждые 15-20 м подвигания лавы в основную кровлю бурят шпур и контурным взрыванием по методике предварительного щелеобразования обеспечивают, таким образом, условия для принудительной посадки кровли с выбранным шагом. При этом применяются три типа конструкций заряда: с радиальным, осевым и радиально-осевым зазором. Расстояние между зарядами определяется отношением предела прочности пород на сжатие к пределу прочности на растяжение и величиной их коэффициента Пуассона. Величина заряда на 1 м шпура принимается 0,2 кг, длина забойки – не менее 0,2 м, глубина шпуров – 1,8 м. Исходя из этого, паспортом буровзрывных работ должны быть приняты следующие параметры: диаметр шпура 40-42 мм; глубина шпура 1,6-1,8 м; расстояние между шпурами – исходя из ширины секции механизированной крепи (~1 м); масса ВВ – 0,2 кг; тип ВВ – рекомендуемый для подземных горных работ в шахтах опасных по газу и пыли диаметром до 36 мм; конструкция заряда – с осевым или радиальным зазором.

Следует отметить, что ввиду отсутствия на большинстве шахт технологического оборудования для бурения шпуров в кровле, а также высокой газообильности пластов и возможности скопления метана в выработанном пространстве лавы, которое практически не проветривается из-за принятой схемы отработки

обратным ходом с полным погашением выемочных штреков, область применения предлагаемого мероприятия весьма ограничена.

Плавное опускание кровли и уменьшение эффективной длины породной консоли может быть достигнуто выкладкой бутовых полос ортогонально линии очистных работ вслед за подвиганием лавы. Материал для возведения полос целесообразно брать из бутовых штреков, проводимых по оси возведения полос. Необходимое сечение штрека выбирается из условия полной забутовки участка пространства, при этом коэффициент разрыхления принимается равным 1,35. Минимальное количества полос (N) рассчитывается из длины лавы (L) и допустимой длины породной консоли (l) по формуле: $N = L/2l + 1$. Например, для лавы длиной 160 м, при допустимой длине консоли, равной 20 м, количество бутовых полос должно быть не менее пяти, причем расстояние от крайних полос до выемочных штреков должно составлять 20 м, а между полосами - 40 м.

Данное мероприятие весьма эффективно, однако достаточно трудоемко, поэтому может сдерживать темпы подвигания лавы, сводя на нет поставленную цель – увеличение нагрузки на очистной забой.

Максимально удовлетворяет требованиям безопасности горных работ, оперативности выполнения и экономичности способ управления кровлей путем выкладки «костров» или пробивки органной крепи позади механизированной лавной крепи. Шаг выкладки «костров», исходя из их несущей способности 60-100 кН и расчетной величины пригрузки 50-100 кН, должен составлять не более 2 м, а расстояние между линиями возведения «костровой» крепи – 15-20 м. Оптимальное расстояние рассчитывается из технологического цикла работы добычного участка, с тем условием, чтобы возведение костровой крепи осуществлялось в ремонтную смену один раз в 2-3 суток в зависимости от скорости подвигания лавы, но при условии не превышения 20 м.

Во всех случаях необходимо руководствоваться экономической целесообразностью проведения тех или иных технологических мероприятий. При этом следует иметь в виду, что увеличение нагрузки на очистной забой на 10 % обеспечивает сокращение условно-постоянных расходов на сумму около 200 тыс. грн.

Для уменьшения шага посадки основной кровли предложен способ, направленный на стимулирование процессов трещинообразования и снижения прочностных показателей пород. Основная идея способа состоит в применении непостоянного плавающего технологического цикла отработки выемочного столба, не снижающего среднемесячную нагрузку на очистной забой, однако уменьшающего длину консоли основной кровли до приемлемых значений (≤ 20 м). Практикой работы, например шахты им. Героев Космоса, доказано, что использование обычной, но не изношенной техники, может обеспечить скорость подвигания лавы до 4-4,8 м/смену (5-6 стружек). При этом среднесуточная добыча угля из одной высоконагруженной лавы все равно составляет 50 % от максимальной. Т.е. при обеспечении требуемой нагрузки на очистной забой в пределах 2000 т/сутки, есть возможность широкого варьирования скоростями подвигания лавы. Исходя из этого, для реализации способа, предлагается вве-

сти плавающий график ремонтной смены. Как правило, на шахтах ремонтной является первая смена, а добыча осуществляется во 2-ю, 3-ю и 4-ю смены. Если предположить, что добычные смены работают от начала до конца с максимальной нагрузкой (до 6 стружек в смену), подвигание забоя составит около 14 м, что меньше минимально возможного шага обрушения основной кровли. Однако работа добычного участка в течение трех смен с максимальной нагрузкой невозможна, поскольку практически всегда есть технологические перерывы, особенно после и перед ремонтными сменами. Цель предлагаемого плавающего графика состоит в создании условий для обнажения кровли на предельно допустимую длину, а затем остановку очистных работ для протекания и завершения релаксационных процессов, следствием которых будет обрушение кровли. При этом общее соотношение добычных и ремонтных смен на протяжении месяца (90 и 30, соответственно) и подвигание лавы должны сохраняться. На рис. 2 приведена циклограмма нагрузки (скорости подвигания лавы) на очистной забой, рекомендуемая для реализации способа обрушения кровли с шагом, не превышающим оптимальное значение.

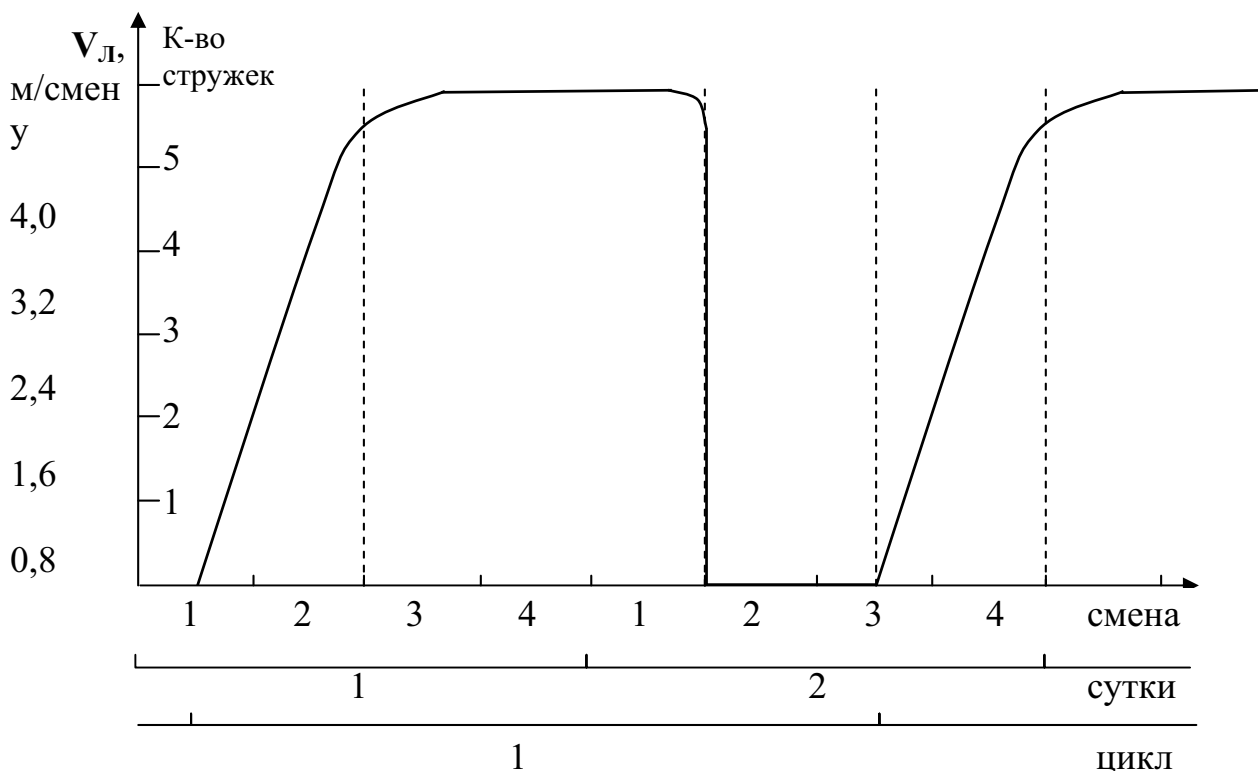


Рис. 2 – Рекомендуемая циклограмма нагрузки на очистной забой при реализации способа обрушения кровли с оптимальным шагом (плавающий график работы ремонтной смены)

Если при возрастании нагрузки на очистной забой проблема поддержания выемочных штреков в удовлетворительном состоянии решается положительно без привлечения каких-либо нетрадиционных технологий, обеспечить нормальные геомеханические условия работы лавы можно путем изменения силовых

характеристик механизированных крепей. Известно, что современные механизированные комплексы типа КД 80, КД 90, КД 99 и др. обеспечивают максимальное удельное рабочее сопротивление крепи в диапазоне от 300 до 600 кН/м^2 . Верхний предел сопротивления, если исходить из результатов исследований, изложенных в [1, 2], обеспечивает поддержание нормальных условий работы лавы при скоростях до 15 м/сутки, что соответствует нагрузкам на забой около 3500 т/сутки. Учитывая, что большинство шахт укомплектованы комплексами КД 80, имеющими максимальное удельное рабочее сопротивление 480 кН/м^2 , а фактическое рабочее – 350-380 кН/м^2 , частично проблему можно решить путем перераспределения давления в гидросистемах передней и задней стоек крепи, в частности (см. рис. 1а), увеличив давление (P) в задней стойке на величину, равную $P \sin\beta$, т.е. на 15-20 %. Такое решение обеспечит выравнивание крепи, повысит ее несущую способность и, кроме того, уменьшит составляющую давления, провоцирующую пучение пород почвы в лаве.

Весьма эффективным способом управления длиной консоли основной кровли является применение непостоянного ритма скорости подвигания лавы, направленного на создание условий, не допускающих увеличения длины консоли выше оптимального значения и, соответственно, давления в гидросистемах лавных крепей. Циклограмма непостоянного режима работы лавы приведена на рис. 3.

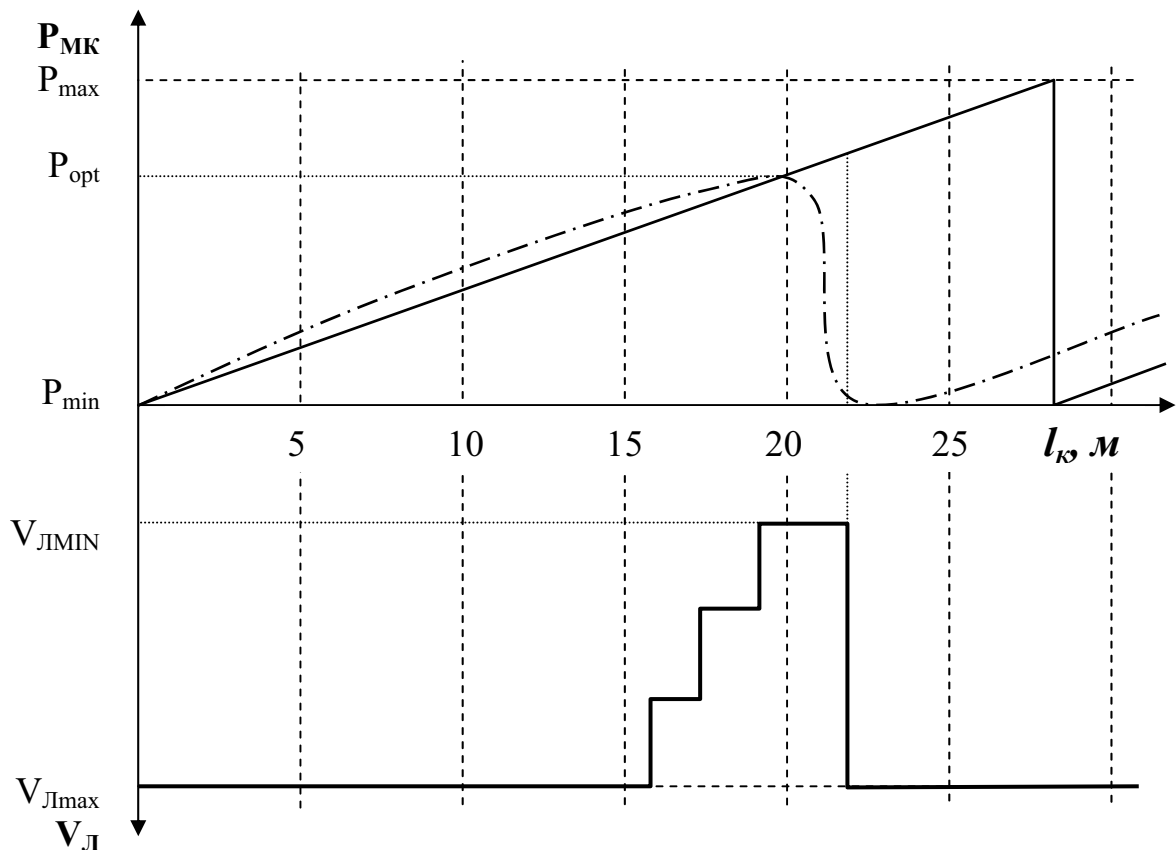


Рис. 3 – Циклограмма непостоянного режима подвигания фронта очистных работ

Практически это выглядит следующим образом. В процессе работы регулярно ведется контроль давления в гидросистеме лавной крепи. Если его значение приближается к критическому (P_{max}), следует постепенно или ступенчато (как показано на рисунке) снизить скорость подвигания лавы, давая возможность развиться процессам трещинообразования и обрушения кровли. После этого резко увеличить скорость подвигания лавы, чтобы выйти из области обрушения для сохранения устойчивости крепи. Рекомендуемый участок цикла с максимальной нагрузкой на очистной забой соответствует длине породной консоли от 0 до 15-17 м, а минимальная скорость подвигания лавы должна составлять не более 2,4 м/сутки.

Несмотря на очевидную экономическую выгоду, выемочные штреки на шахтах, например, Западного района Донбасса используются повторно только в 10-15-ти процентах случаев. На наш взгляд причина такого «феномена» заключается не столько в технической стороне проблемы, сколько в традиционности технологий, укоренившихся в отрасли. Хотя имеется геомеханическое обоснование [4] и некоторый опыт охраны выемочных штреков путем выкладки в лавной части сопряжения охранных конструкций с параметрами: ширина – 2,0-2,5 м; $E \geq 10^3$ МПа; $\sigma_{сжс} = 8-10$ МПа, обеспечивающих более чем 90%-е сохранение выемочного штрека и возможность его повторного использования. Однако, с увеличением скорости подвигания фронта очистных работ существенно возрастает давление на штрек и его охранные конструкции, что требует изменения параметров последних. Расчеты показали, что обеспечение условий сохранения выемочных штреков для их повторного использования при скоростях подвигания лавы более 8 м/сутки, требует возведения охранной полосы с $E \geq 10^4$ МПа и $\sigma_{сжс} = 15-20$ МПа, т.е. на основе бетонитовых смесей, стоимость которых, время возведения и твердения не отвечают требованиям скорости обнажения массива. Из этих соображений на добычных участках шахт Западного района Донбасса, использующих интенсивные технологии, выемочные штреки погашаются вслед за проходом лавы. Таким образом, задача эффективного поддержания выемочных штреков сводится к усилению штрековой крепи по традиционной схеме в зоне, определяемой: со стороны отработанной части лавы – условиями технологии (~ 5 м), со стороны вынимаемой части столба – зоной влияния лавы (около 15 м), кроме того, требуется дополнительное усиление крепи на участке от сопряжения с лавой в сторону обрабатываемой части протяженностью, равной величине приращения длины породной консоли (Δl), т.е. порядка 8-10 м.

Известно, что давление на штрековую крепь определяется, в основном, тремя факторами: глубиной заложения выработки (геостатическим давлением), размерами области неупругих деформаций (погонной массы расслоившихся пород кровли) и величиной пригрузки, обусловленной влиянием породной консоли, нависающей над отработанной частью лавы. Технология отработки выемочных столбов в Западном Донбассе предусматривает вынос приводов конвейера в штрек и, соответственно, снятие стоек 2-3-х секций арочной крепи в процессе подвигания комплекса. Поэтому крепь усиления должна не только противодействовать пригрузке со стороны породной консоли, но и поддержи-

вать работоспособность арочной крепи на период снятия стойки.

Усиление штрековой крепи может быть достигнуто путем:

- улучшения способов соединения элементов крепи и заполнения закрепного пространства;

- совершенствования элементов межрамных связей и ограждений (затяжек);

- возведения анкерной крепи длиной 1,8-2,5 м.

А на сопряжениях штрек-лава путем:

- совершенствования элементов для подхвата верхняков рам крепи;

- разработки крепи сопряжения, обеспечивающей подхват штрековой крепи независимо от передвижки привода лавного конвейера;

- использования анкеров для упрочнения кровли пласта в зоне сопряжения и крепления верхняков штрековой крепи.

Оптимально таким условиям может удовлетворить схема усиления подхватом верхняка арки анкером в сторону обрабатываемой лавы под углом около 60° . Это позволяет:

- «включить в работу» массив горных пород;

- обеспечить устойчивость сопряжения при снятии ножек крепи;

- обеспечить безремонтное поддержание штреков в течение всего срока службы.

По результатам комплексных исследований геомеханических процессов, происходящих в углепородном массиве при высоких нагрузках на очистной забой, выделено четыре основных параметра, величина которых обусловлена скоростью обнажения массива и оказывающих наиболее существенное влияние на технологические процессы (по степени важности): изменение давления на лавную механизированную крепь (ΔP_{mk}), штрековую крепь ($\Delta P_{ш}$) и крепь сопряжения (ΔP_{kc}), изменения величин пучения пород почвы в штреке и лаве на участке от линии забоя до механизированной крепи, характеризующиеся необходимым для обеспечения технологических процессов количеством подрывок ($N_{ш}, N_{л}$).

Для расчета предельных скоростей подвигания фронта очистных работ предложена номограмма (рис. 4), охватывающая более 50% горно-геологических условий, характерных для шахт Западного района Донбасса. Порядок пользования номограммой следующий. Исходной точкой является сопротивление механизированной лавной крепи (левая ось абсцисс). От этого значения восстанавливают перпендикуляр на одну из линий (1, 2, 3 или дополнительную), соответствующих мощности основной кровли (8 м, 6 м, 4 м либо другому значению). От точки пересечения проводят горизонталь до пересечения с одной из линий (4, 5, 6), соответствующих пределу прочности пород кровли на растяжение: > 2 МПа, 1-2 МПа, < 1 МПа. От последней точки пересечения опускают перпендикуляр на правую ось абсцисс, определяя, таким образом, предельную скорость подвигания лавы по фактору – сопротивление механизированной лавной крепи. Эта процедура может быть выполнена и в обратном порядке, если есть необходимость по заданной скорости подвигания лавы определить требуемое значение сопротивления крепи.

Определив предельную скорость подвигания лавы и зная среднюю плотность добываемой горной массы (ρ , кг/м³), вынимаемую мощность пласта (h , м) и длину лавы (L , м), можно вычислить нагрузку на очистной забой (W) по формуле:

$$W = \rho h L V_l$$

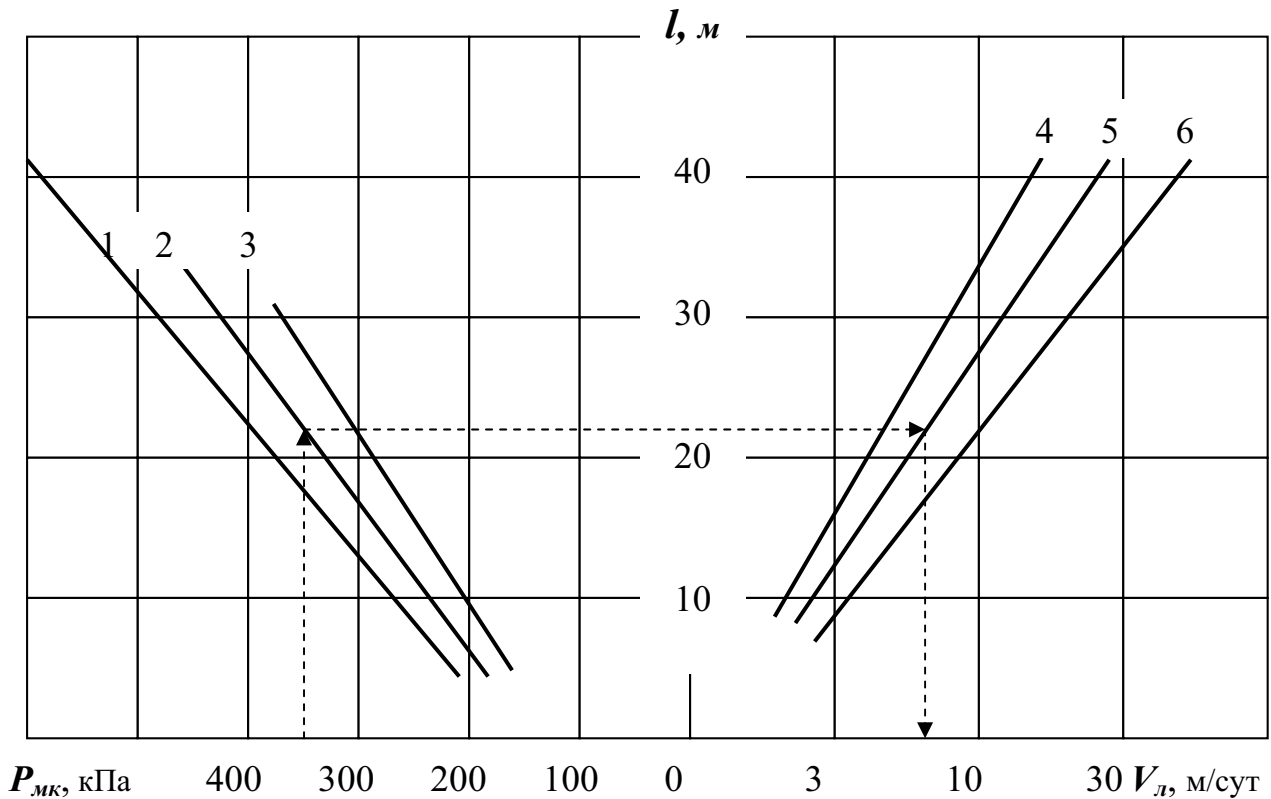


Рис. 4 – Номограмма для определения предельной скорости подвигания лавы (без применения специальных мероприятий) по критерию «давление на механизированную крепь» при: мощности основной кровли (m) 1 – 8 м; 2 – 6 м; 3 – 4 м и пределе прочности пород кровли на растяжение (σ_p) 4 - > 2 МПа; 5 – 1-2 МПа; 6 - < 1 МПа

Если окажется, что расчетная предельная нагрузка на очистной забой ниже требуемой $W_{тр}$, то применяют одно из двух мероприятий:

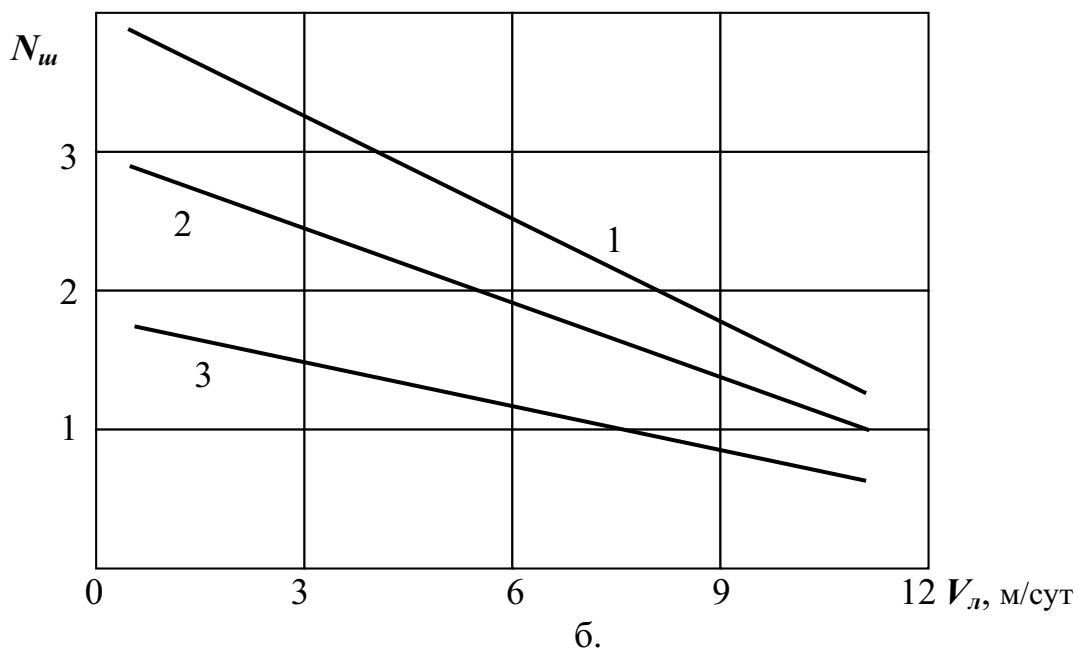
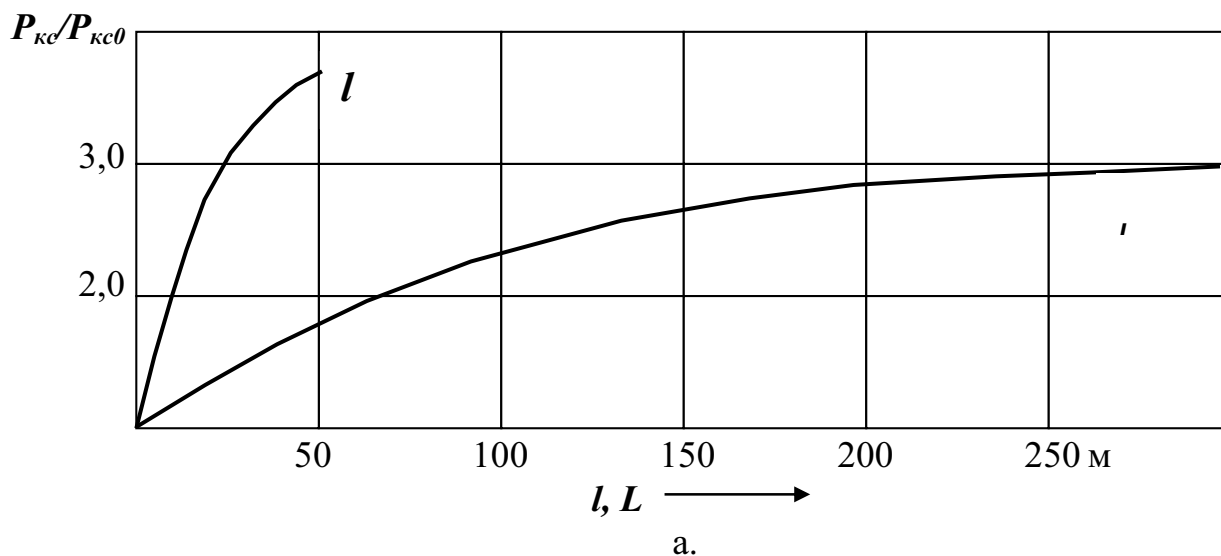
- увеличивают рабочее сопротивление механизированной крепи ($P_{мк}$),
- увеличивают проектную длину лавы ($L_{пр}$), исходя из условия:

$$L_{пр} = W_{тр} : (\rho h V_l \text{ допустимая}).$$

При обосновании параметров крепей сопряжения следует руководствоваться результатами исследований, опубликованными в работе [4], которые констатируют, что в условиях слабых неустойчивых пород шахт Западного Донбасса крепь сопряжения несущественно влияет на величину их конвергенции, которая определяется, в основном, глубиной заложения выработки и свойствами породного массива. Основное предназначение крепи сопряжения состоит в предот-

вращении образования в кровле зон растягивающих напряжений, которые в условиях неустойчивых пород приводят к их локальному расслоению и обрушению в штрек.

Характер приращения давления на штрековую крепь в зоне сопряжения с лавой (P_{kc}), в зависимости от увеличения длины лавы (L) и длины консоли пород кровли в отработанной части лавы (l), приведен на рис. 5а. Графики характеризуются заметным выполаживанием зависимостей, что позволяет принять значение приращения, равное 3-3,5, в качестве максимального для любых скоростей продвижения фронта очистных работ и любых длин лав.



1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – песчаники

Рис. 5 – Зависимости приращения давления на штрековую крепь в зоне сопряжения от длин породной консоли и лавы (а) и количества подрывок почвы в выемочных штреках от скорости продвижения лавы (б)

С учетом приведенных зависимостей, для надежного поддержания кровли в зонах сопряжений лава-штрек рекомендуются следующие мероприятия:

- применение механизированных крепей сопряжения, обеспечивающих суммарное сопротивление не менее 1200 кН;

- использование опережающей, а в случае отработки лавы прямым ходом – и отстающей крепей усиления на участке 15-20 м от сопряжения (из расчета – одна стойка на верхняк). Длина участка отстающей крепи усиления определяется, исходя из того погашается ли штрек или поддерживается. В первом случае длина участка равна расстоянию от сопряжения до зоны погашения, а во втором – 15-20 м с указанной выше плотностью установки;

- дополнительное крепление в ходе проходки выемочных штреков (либо за 100-120 м от фронта очистных работ) верхняков арки крепи КШПУ со стороны выемочного столба анкерной, анкерной стяжной (натяжной) крепями, что позволяет «включить в работу» массив горных пород, обеспечивает устойчивость сопряжения при снятии стоек крепи, а также безремонтное поддержание штреков в течение всего срока службы.

Установлено, что с увеличением скорости подвигания фронта очистных работ интенсивность пучения пород почвы в выемочных штреках существенно уменьшается. На рис. 5 б приведена, полученная путем статистической обработки результатов многолетних наблюдений на шахтах Западного Донбасса, зависимость количества подрывок почвы в штреках ($N_{ш}$) от скорости подвигания лавы для различных типов пород. Следует отметить, что линии 1, 2, 3 охватывают, соответственно, 76, 15 и 9 процентов всех случаев подрывок.

Наблюдаемая при увеличении скорости подвигания линии очистного забоя интенсификация процессов пучения пород почвы в лаве может быть уменьшена посредством двух решений:

- уменьшением длины породной консоли за счет увеличения длины лавы;
- изменением конструктивных характеристик механизированных крепей путем увеличения размеров их основания с возможностью перекрытия поверхности обнажения почвы на участке пучения (данная рекомендация выходит за рамки компетенции шахт).

Предложенные разработки нашли отражение в документе «Рекомендации по выбору оптимальных режимов подвигания лав по геомеханическому фактору в условиях шахт Западного района Донбасса при интенсивной технологии добычи угля»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скипочка С.И., Мухин А.В., Куклин В.Ю. Особенности геомеханики углепородного массива при высоких нагрузках на очистной забой // Геотехническая механика: Сб. науч. тр. ИГТМ НАНУ. - Днепропетровск. - 2003. - №41. - С.16-22.

2. Скипочка С.И., Мухин А.В., Куклин В.Ю. Геомеханические аспекты поведения массива вблизи пластовых штреков при высоких скоростях подвигания лав // Проблемы гірського тиску: Зб. наук. пр. ДНТУ. - Донецьк. - 2003. - №9. - С.108-119.

3. Скипочка С.И., Гончаренко В.А., Куклин В.Ю. Методика геолого-геофизической оценки малоамплитудной тектоники на стадии подготовки выемочного столба // Материалы Международной научно-практической конференции «Уголь-Mining Technologies 2003». - Алчевск: ДГМИ, 2003. - С.420-427.

4. Скипочка С.И., Мухин А.В., Черватюк В.Г. Геомеханика охраны выемочных штреков в неустойчивых породах. - Днепропетровск: НГАУ, 2002. - 125 с.