

$$Q_b = \sqrt{\frac{H(Q) - z_2 Q^2 + \Delta H_b}{z_b}}, \quad (2)$$

где z_b - гидравлическое сопротивление байпас-эжектора, определяемое с учетом гидравлического сопротивления установленной на его входе задвижки.

Оба вида байпасирования сопровождаются повышением мощности, потребляемой электродвигателем из сети, что требует для их реализации использование дополнительных систем охлаждения межвитковой и фазной изоляции, применение более мощного электродвигателя или ограничения времени работы двигателя в этом режиме.

Рассмотренные методы байпасирования, по всей вероятности, не перспективно использовать как постоянно работающие. Наиболее эффективно применять эти средства регулирования в кратковременном режиме для компенсации случайных колебаний давления на входе в насос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джвариешвили А.Г. Системы трубного транспорта горно-обогатительных предприятий. - М.: Недра, 1986. - 384 с.
2. Дмитриев Г.П., Махарадзе Л.И., Гочиташвили Т.Ш. Напорные гидротранспортные системы. - М.: Недра, 1991. - 340 с.
3. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии. - М.: Металлургия, 1985. - 383 с.
4. Карелин В.Я., Новодержкин Р.А. Насосные станции гидротехнических систем. - М.: Энергия, 1980. - 288с.
5. Совместная работа шахтных вентиляторов // А.А. Дзидзигури, В.Л. Муселишвили, А.А. Кутателадзе, Ш.И. Ониани. - Л.: Госгортехиздат, 1961. - 184 с.
6. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. - Л.: Машиностроение. Ленингр. от-ние, 1988. - 256 с.
7. Семененко Е.В., Саенко В.В. Анализ возможности управления насосом гидротранспортной установки при помощи байпасирования // Межведом. сб. науч. тр. «Геотехническая механика». - Днепропетровск. - 1999. - №12. - С. 108 - 112
8. Шевчук С.П. Повышение эффективности водоотливных установок. - Киев: УМК ВО Минвуза УССР, 1990. - 102 с.

УДК 622.281

С.С. Гребенкин, С.В. Подкопаев, В.И. Мордасов ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЦЕЛИКОВ АНТРАЦИТА

Установлено, что наибольший эффект применения анкерной крепи достигается в условиях, когда процесс расслоения пород кровли близок к практическому завершению. Такой подход обуславливает необходимость оценки эффективности применения анкерной крепи с учетом фактора времени.

Разработка угольных пластов в Украине характеризуется относительно низким уровнем технико-экономических показателей. В немалой степени это связано с отсутствием надежных и эффективных способов обеспечения устойчивости подготовительных выработок. Известно [1], что в условиях Донбасса трудозатраты на содержание выработок составляют 52,3 чел.-смену на 1000 т суточной добычи, а на ремонтных работах занято до 20 % рабочих подземной группы. Протяженность выработок, находящихся в аварийном состоянии, ежегодно увеличивается на 2,5-3,0 %. Опыт ремонта горных выработок, поддерживаемых податливой крепью, независимо от их назначения, расположения и горно-

геологических условий показывает, что практически во всех случаях его выполнение сопровождается выпуском породы, заменой деформированной крепи при перекреплении.

Для повышения устойчивости сопряжений лав с подготовительными выработками и предотвращения обрушений пород кровли при проведении выработок применяется арочная крепь. Считается [2], что в условиях Донбасса до 20 % выработок характеризуются условиями, соответствующими эффективному применению анкерной крепи.

Совершенно не касаясь большого круга вопросов, в том числе и организационных, относящихся к проблеме снижения числа обрушений пород кровли, следует обратить внимание на то, что в течение многих лет по количеству несчастных случаев опасный производственный фактор «обвалы и обрушения» устойчиво занимал в СССР и занимает сейчас в Украине первое место. Из общего числа несчастных случаев от обвалов и обрушений на забой подготовительных выработок приходится 22-23 %, а на протяжении подготовительных выработок – 12-15 %. Последние происходят в основном при перекреплении. По мнению комиссий, расследовавших причины несчастных случаев, около 80 % их относится к организационным. Однако последнее положение должно уточняться, конкретизироваться и квалифицироваться иначе, чем в прежние годы, из-за недостаточной изученности природы обрушений.

Слоистость осадочного массива, как его основное природное свойство, очевидна и бесспорна. Основная особенность этого свойства заключается в том, что встречаются и совсем не редко, горно-геологические условия, в которых мощность песчаных, песчано-глинистых слоев изменяется от нескольких и даже десятков сантиметров до нескольких метров. Во всех случаях контакты между этими слоями представлены глинистыми разностями пород. В зонах разгрузки (призабойное пространство лав, сопряжение лав с подготовительными выработками, призабойная часть подготовительных выработок) деформации генетического возврата глинистых пород развиваясь и увеличиваясь в объеме во времени, отрывают слой песчаных пород, ближайший к выработанному пространству или проведенной подготовительной выработки. Имеет место расслоение пород, получившее название как опасный производственный фактор «обвалы и обрушения».

ДонГТУ, особенно активно в последние 5 лет, настойчиво экспериментально доказывает, что в основе природы травматизма от обрушений находится расслоение пород кровли выработок под действием деформаций генетического возврата, развивающихся при проведении выработок после деформаций упругого восстановления [3]. Склонность пород к деформациям генетического возврата максимальна в районах разработки углей марок Ж и К, имеющих выход летучих веществ 30-20 %, минимальна – в местах добычи высокометаморфизованных антрацитов, характеризующихся $lg \rho < 2-3$ [9]. При этом под расслоением понимается образование систем технологических трещин, ориентированных параллельно плоскостям напластования (наслоения). Массив становится сово-

купностью отдельных параллельных пластин, пересекающихся с природными трещинами и практически не связанных друг с другом.

Анализ форм и размеров обрушений пород кровли [1,4] указывает на то, что степень деформации выработки, а также состояние ее крепи зависит от величины смещений пород преимущественно перпендикулярно наложению в процессе эксплуатации. Установлено [5,6], что с увеличением глубины горных работ, после образования выработки, порода проходит через следующие состояния: упругость, пластическую деформацию – пластическое течение и разрушение.

Рассматриваемый геомеханический процесс развивается во времени, а конечный результат имеет динамический характер.

В результате обрушения пород кровли при перекреплении, за контуром горной выработки образуется полость, которая и является предполагаемой зоной анкерования пород. Размеры этой полости, ее устойчивость, определяются физико-механическими свойствами пород кровли и шириной выработки.

После выпуска расслоившейся породы над контуром выработки сохраняется полость. Полагаем, что эту полость, когда она заполнена расслоившейся породой, можно представить в виде шестишарнирной системы, которая подвержена действию вертикального давления $P = \gamma H$ (γ – объемный вес пород, н/м^3 , H – глубина горных работ, м) и бокового давления $P_1 = P_2 = 0,5 \gamma H$ (рис.1).

Условие равновесия рассматриваемой системы, на основании общего уравнения статики, можно записать в виде $2X_A \delta x_A + Y_C \delta y_C = 0$. Если принять во внимание, что $X_A = P_1$, $Y_C = -P$, $x_A = a \cos \alpha$, $y_C = a \sin \alpha + b \sin \beta$, то при малом приращении аргумента приращение функции можно заменить ее дифференциалом и $\delta x_A = -a \sin \alpha \delta \alpha$, $\delta y_C = a \cos \alpha \delta \alpha + b \cos \beta \delta \beta$.

После соответствующих преобразований имеем $P (\text{ctg } \beta - \text{ctg } \alpha) = 2 P_1 = 2 P_2$. Окончательно, с учетом величин вертикального и бокового давления

$$\text{ctg } \beta - \text{ctg } \alpha = 1. \quad (1)$$

Считаем, что процесс расслоения в породах кровли завершился. В этом случае, предполагаемая нагрузка на крепь (масса обрушившихся пород M) определяется по выражению

$$M = (B^2 + B) \gamma \quad (2)$$

и при ширине выработки $B=5$ м составляет ≈ 78 т/м.

Выражение (1) имеет решение только при определенных значениях углов α и β , использование которых указывает на изменение фиксированных значений параметров системы a и b и разрыв связей в узлах (шарнирах). Устойчивость и форма породного обнажения в определенных горно-геологических условиях будет определяться размерами выработки, а давление на крепь при этом, в общем случае, не будет зависеть от мощности вышележащей породы.

Фундаментальные исследования последних лет показывают, что альтернативой поддерживающему и подпорному креплению и принципиально новой идеологией может быть технология опорного крепления, суть которой сводится

к созданию в приконтурном массиве системы высокопрочных опор, блокирующих смещение пород в выработку [7].

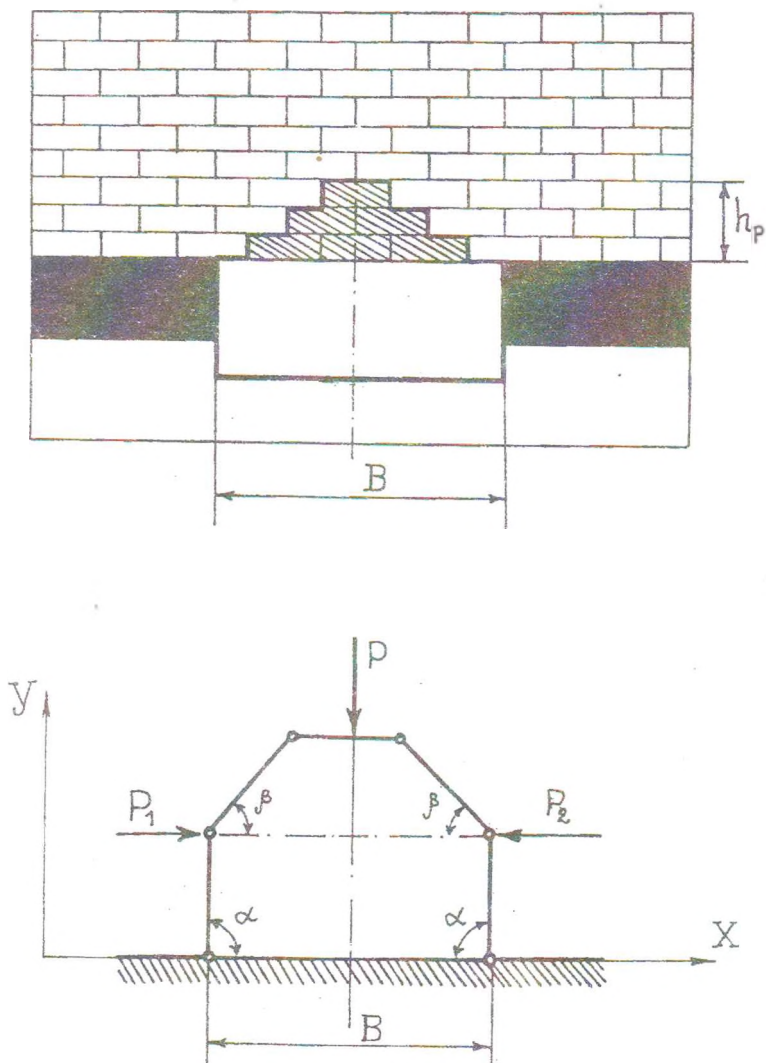
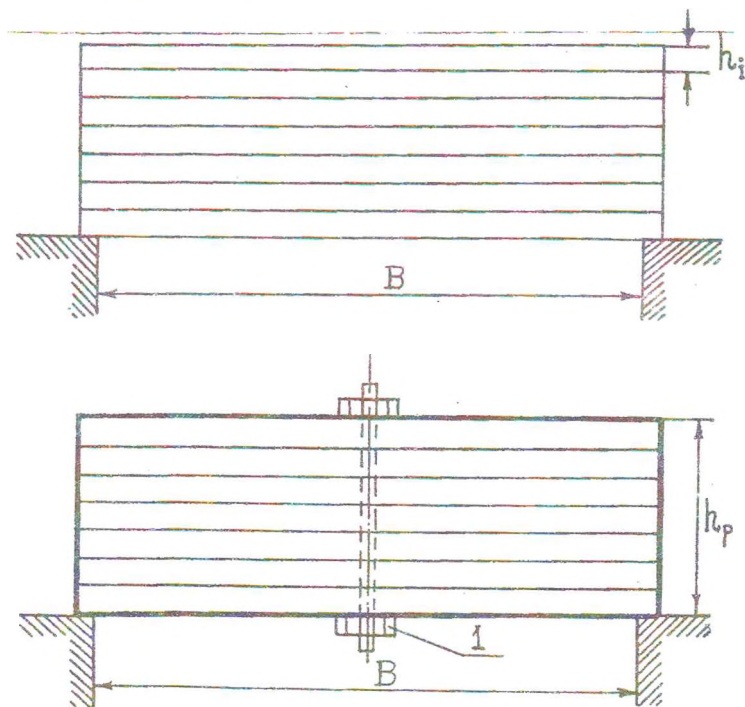


Рис. 1 - Схема к определению устойчивости породного обнажения после обрушения (выпуска) породы.

При этом определяющими факторами являются устойчивость породного обнажения и характер развития деформационных процессов приконтурного массива, вызванных проведением выработки. Опоры, имея большую жесткость, воспринимают на себя основную часть этого воздействия, а незакрепленный массив деформируется внутрь выработки и переходит в равновесное состояние [8].

Действительно, в отличие от других видов крепи анкерная крепь упрочняет массив в зоне предполагаемого обрушения пород кровли, создавая тем самым дополнительную систему недостающих утерянных массивом связей. В подтверждение этому рассмотрим два состояния пород кровли над выработкой: первое, когда расслоившийся массив пород над горной выработкой представлен в виде n пластин различной высоты h и шириной l м каждая (рис. 2, а), второе – расслоившиеся пластины соединены между собой анкером и вяжущим раствором (рис. 2, б). Для рассматриваемых случаев, с использованием основных положений теории сопротивления материалов можно определить осевой момент сопротивления пластинок (W_x), их максимальный изгибающий момент (M_x) и разрушающую силу (P).



а) в случае, когда плита расслоилась на пластины;

б) в случае, когда расслоившаяся плита скреплена вяжущим раствором и анкером (1)

Рис. 2 - Схема к определению момента сопротивления породной плиты над горной выработкой:

В результате аналитических расчетов может быть установлено что осевой момент сопротивления увеличивается по мере увеличения количества расслоившихся пластин, лежащих друг на друге. При пролете выработки равном 5 м, увеличение значения разрушающей силы происходит следующим образом. Если количество расслоившихся пластин, лежащих друг на друге, равно $n = 6$, а толщина каждой соответствует 5 м, то значение разрушающей силы соответствует $P_{n=6} = 127,8 \cdot 10^6 \text{Н}$.

При соединении этих пластин анкером и вяжущим раствором, значение P увеличивается в 6 раз, т.е. $P_{n=6} = 768 \cdot 10^6 \text{Н}$ (рис. 3). Следовательно, образование дополнительной системы недостающих массиву образуется за счет скрепления балки.

Выполненные расчеты подтверждают упрочнение породной гиты над выработкой после применения анкерной крепи и вяжущего раствора. Такая схема применения анкеров обеспечивает скрепление слоистых пород в единую балку, благодаря чему увеличивается сопротивление слоев изгибу. Разумеется, применение такого вида укрепления пород целесообразно в определенных горно-геологических условиях и может быть обусловлено физико-механическими свойствами пород, образующих кровлю выработки.

Известно, что при этом способе крепления пользуются анкерами различной длины, на обоих концах которых делается винтовая нарезка. Анкер забивается замком и вводится в пробуренные в породе скважины и заклинивается в них.

Для оценки эффективности применения анкерной крепи используем следующий расчет. Определим величину растягивающей силы, которая действует на анкер. Считаем, что это будет масса обрушившейся породы, величина которой может быть определена по выражению (2). Длину анкера, способного удержать породную плиту, принимаем исходя из высоты зоны расщепления пород. Для обеспечения связности пород, устанавливаем запас для анкера равный 0,5-0,7 м, что позволит закрепить штангу в ненарушенной части массива. С учетом этого, предположим, что длина анкера будет соответствовать $l_0 = 2,5 \text{ м}$.

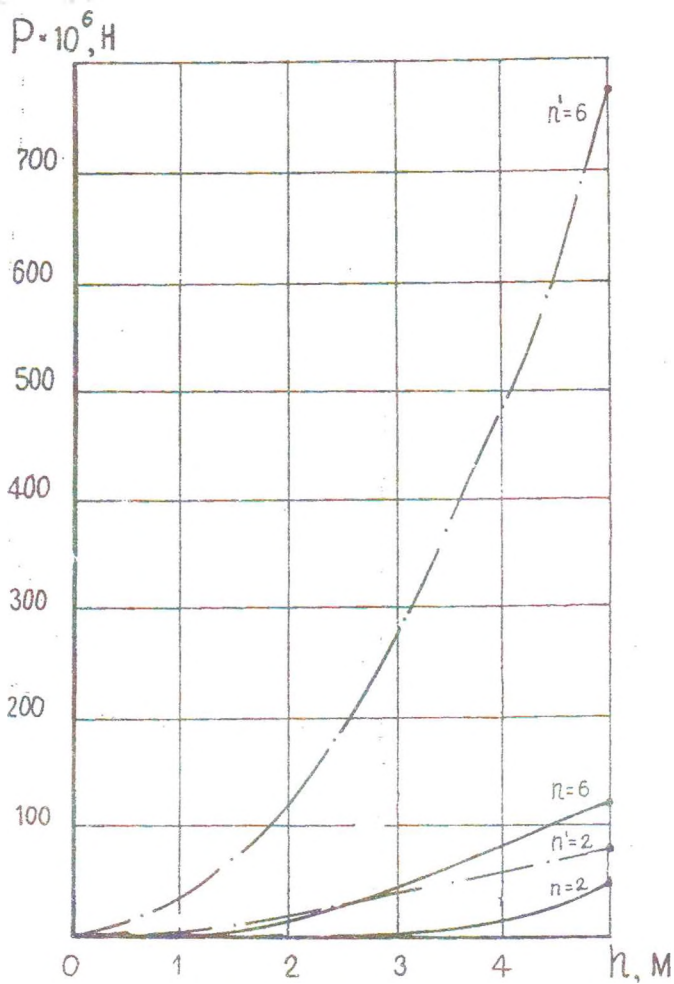
Тогда площадь поперечного сечения такого анкера должна быть

$$F = \frac{P_p}{\sigma_{ан}} = \frac{780 \cdot 10^3}{300 \cdot 10^6} = 26 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 26 \text{ см}^2$$

а его диаметр $d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 26}{3,14}} = 33 \text{ мм}$; где P_p – растягивающаяся сила; $\sigma_{ан}$ – допустимое напряжение в анкере, (МПа)

Общеизвестно, что большинство осадочных пород имеет явно выраженную слоистость, вследствие чего механические свойства пород неодинаковы по различным направлениям. Развитие, с течением времени, деформаций генетического возврата способствует более четкому выражению изменения механического состояния горных пород, которое проявляется в их расслоении и, как следствие, увеличении объема. В таких условиях происходит разрыв анкеров.

Для подтверждения этого, определим допустимую величину удлинения анкера, находящегося в работе под действием растягивающей силы



а) когда плита расслоилась на пластины;

б) когда расслоившаяся плита скреплена вяжущим раствором и анкером.

n – количество пластин

Рис. 3 - Значение силы P , приводящей к разрушению породной плиты:

$$\Delta l = \frac{P_p \cdot l}{E \cdot F} = \frac{780 \cdot 10^3 \cdot 2.6}{2 \cdot 10^{11} \cdot 26 \cdot 10^{-4}} = 3.3 \text{ мм},$$

где E – модуль упругости стального стержня, (н/м^2).

Это удлинение соответствует 0,1 % длины анкера. Такой расчет справедлив для условий, когда осуществляется отработка оставленных ранее целиков угля и для районов, где склонность пород к деформациям генетического возврата минимальна.

В условиях, где разрабатываются угли марок Ж и К даже применение высокоподатливых анкеров (податливостью до 20 %) не может предотвратить деформации генетического возврата, т.е. расслоения пород массива. Поэтому, для оценки эффективности применения анкерной крепи в этих условиях необходимо учитывать не только физико-механические свойства массива горных пород, но и фактор времени. Последний определяет период протекания деформаций генетического возврата, т.е. степень расслоения пород.

Таким образом, исходя из приведенного выше, особенности применения анкерной крепи при поддержании горных выработок заключаются в следующем. Нагрузка на крепь горных выработок формируется в результате расслоения пород кровли. Величина нагрузки определяется высотой зоны расслоившихся пород и шириной выработки и, зависит от физико-механических свойств массива пород, его склонности к деформациям генетического возврата. Для повышения устойчивости выработок целесообразно применение анкерной крепи. Однако ее установка во время проведения горных выработок не предотвращает расслоение пород и не способствует упрочнению массива вяжущим раствором. Наибольший эффект применения анкерной крепи достигается в условиях, когда крепь устанавливается не ранее чем через 180-200 суток после проведения выработок, т.е. когда процесс расслоения пород близок к практическому завершению, в частности, при столбовых системах разработки и при отработке запасов, оставленных ранее в целиках. Наряду с этим не исключается двухэтапное (во времени) возведение анкеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вывалообразования в горных выработках шахт Донбасса / К.В.Кошелев. И.И. Бурма, Д.А. Герасимчук, О.К. Кошелев.-К.: Техника. 1994.-135с.
2. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. М.Недра.-1990.-218с.
3. Практическая необходимость изучения закономерностей развития деформаций обратной ползучести горных пород. Материалы научно-методического семинара// Известия Донецкого горного института. - № 1. - 2000. - с.114-120
4. Бульчев Н.С. Механика подземных сооружений.- М.: Недра. – 1994. – 382 с.
5. Айзаксон Э. Давление горных пород в шахтах. –М.: Госгортехиздат. 1961. – 115с.
6. Талобр Ж. Механика горных пород. – М.: Госгортехиздат. 1960. – 430с.
7. Булат А.Ф. О внедрении новой технологии опорного крепления выработок анкерами (Программа «Анкер»)/Уголь Украины. - № - 2000.- с. 4-7.
8. Виноградов В.В. Геомеханика, мониторинг и основы технологии опорного крепления выработок// Уголь Украины. - № 9 - 2000.-с.7-12
9. Николин В.И., Подкопаев С.В., Деми И.К., Мордасов В.И. Природная закономерность развития деформаций обратной ползучести осадочных пород, обусловленная категенезом органического вещества// Уголь Украины.-№10.-с.20-23.