

# Техника и технология геологоразведочных работ

УДК 622.02

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОДНОГО ОБНАЖЕНИЯ В ПРОВОДИМЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

В.Г. Лукьянов\*, И.В. Третенков

\*Томский политехнический университет  
E-mail: lev@tpu.ru

ОАО «Кузбассгипрошахт», г. Кемерово  
E-mail: Tretenkov.IV@kgsh.ru

*Рассмотрены вопросы влияния геомеханических факторов на устойчивость породного обнажения в призабойном пространстве проводимых горных выработок на момент их проведения и приведены способы позволяющие повысить их устойчивость.*

Потеря устойчивости породных обнажений приводит к снижению скорости проведения горных выработках на 38...43 %, увеличению расхода крепежного материала, снижению безопасности горнопроходческих работ. Около 45 % несчастных случаев рабочих при ведении горно-подготовительных работ происходит из-за потери устойчивости и обрушения угля и пород кровли и боков выработок, при этом около 70 % потери устойчивости приходится на пластовые выработки с ложной и малоустойчивой кровлей.

По данным шахтных наблюдений, основная часть вывалов в призабойном пространстве проводимых горных выработок происходила из-за слабого учета горно-геологических, горнотехнических и технологических факторов, влияющих на устойчивость породных обнажений во времени при выборе площади их обнажения. В результате анализа форм потери устойчивости были выделены наиболее характерные формы: параболическая – встречающаяся в однородных породах с пределом прочности при сжатии  $\sigma_{сж}$  до 30 МПа, трещиноватых, с расстоянием между трещинами  $L_{тр}=0,01...0,1$  м (более 8 трещин на 1 м); сводчатая циркулярная – образующаяся вывал равный или более полупролету выработки, в однородных породах  $\sigma_{сж}=25...45$  МПа, разнослоистых, трещиноватых,  $L_{тр}=0,1...0,2$  м; сводчатая полуциркулярная образуется при вывале равном или более полупролету выработки,  $\sigma_{сж}=30...40$  МПа,  $L_{тр}=0,2...0,3$  м; трапециевидная, образующаяся в основном из-за малого сцепления между слоями  $m_{сг}$ , мощность которых 0,2...0,6 м,  $\sigma_{сж}=25...40$  МПа [1].

Однако в большинстве случаев отмечена сводчатая и близкая к ней форма, при этом нами были выделены основные факторы, влияющие на устойчивость, такие как трещиноватость, влажность и слоистость.

Анализ результатов проведенных натуральных наблюдений показал, что уголь и углистые аргиллиты сильно трещиноватые и мелкослоистые, мощностью слоя  $m_{сг}$  менее 0,1 м, склонны к самопроизвольному отслаиванию в течение 10...15 мин, остальные горные породы с пределом прочности более 60 МПа на площади обнажения 5 м<sup>2</sup> обрушаются через 35 мин и более.

В ходе проведенных нами натуральных и лабораторных исследований и анализа полученных данных установлено, что при  $\sigma_{сж}=50...60$  МПа и мощности слоя более 0,8 м породные обнажения кровли сохраняют устойчивое состояние свыше 2 ч. При  $m_{сг}=0,1...0,4$  м и прочности пород до 40 МПа время устойчивого состояния сохраняется в пределах одного часа. Если мощность слоев менее 0,1 м, что характерно для ложной кровли, время их устойчивого состояния составляет до 10...20 мин [2].

По результатам лабораторных исследований и шахтных наблюдений выявлено, что подавляющее большинство трещин в породах заполнено глинистыми, карбонатными, углистыми и другими материалами. На поверхности трещин в алевролитах встречаются тонкие налеты глинистых и известковых веществ. Ширина трещин в породах достигает 8 мм, хотя наиболее часто встречается менее 2 мм.

На основании обработки полученных данных в ходе исследования было установлено, что в сильно-трещиноватых, нарушенных породах, залегающих в основном над угольными пластами (преимущественно ложная кровля), с расстоянием между трещинами от 0,01...0,2 м, их устойчивость обычно не превышает 20 мин, породы слабые, сильнотрещиноватые от 0,3...0,5 м, с пределом прочности при сжатии 20...40 МПа, устойчивы в течение 0,5...1,5 ч, породы массивные, трещиноватые 0,6...1 м,  $\sigma_{сж}$ =40...50 МПа, устойчивы в течение 2...3,5 ч.

В ходе исследования влажности были получены следующие результаты: песчаники на карбонатном цементе при увеличении влажности теряют прочностные характеристики примерно на 5 %, алевролиты на кремнистом и карбонатно-кремнистом цементе – 14 %, алевролиты с глинистым цементом – 20...30 %, аргиллиты – 40...60 % и углистые аргиллиты до 80 %.

На основании проведенных исследований и обобщения полученных результатов горно-геологических факторов нами предлагается классификация пород по устойчивости (таблица) [3].

Опираясь на полученные данные и результаты шахтных наблюдений, авторы пришли к выводу о необходимости рассмотреть влияние ряда горно-технических факторов на устойчивость породных обнажений.

В связи с этим в выработках с характерными горнотехническими условиями шахт бассейна про-

водились инструментальные и натурные наблюдения для установления зависимости влияния горно-технических факторов на устойчивость породных обнажений и их количественной оценки на шахтах бассейна в выработках с типичными условиями.

По результатам натурных наблюдений и анализа горнотехнических и технологических факторов, на наш взгляд определяющих основное влияние на устойчивость породного обнажения, были получены следующие результаты [4].

При увеличении ширины выработки от 4 до 6 м смещения в выработке увеличиваются на 23...28 %.

Увеличение глубины расположения от 150 до 600 м в пластах мощностью 1,6...2,5 м привело к росту смещения кровли в породах с  $\sigma_{сж}$ =45 МПа в 3...3,5 раза, в породах  $\sigma_{сж}$ =45...80 МПа – в 2...2,4 раза.

На основании выше представленного были разработаны способы и средства обеспечения устойчивости породных обнажений в проводимых горизонтальных выработках [5].

Потеря устойчивости пород происходит главным образом из-за того, что вес  $G$  их больше силы сцепления  $P$  на контакте с вышележащими породами

$$G \geq P. \quad (1)$$

Вес пород ложной кровли (легкообрушающихся слоев) в пределах шага подвигания забоя может быть рассчитан по формуле

$$G = K_{жк} h l b \gamma,$$

**Таблица.** Классификация пород по устойчивости

Группа	Степень устойчивости	Характеристика пород	Мощность слоя, $m_{сж}$ , м	Расстояние между трещинами, м	Прочность пород при сжатии, $\sigma_{сж}$ , МПа	Влажность горных пород, %	Площадь устойчивого обнажения пород кровли (одиночной выработки), м <sup>2</sup>	Время сохранения устойчивости обнажений пород без крепи, мин
I	Весьма устойчивые	Весьма прочные и прочные однородные песчаники и алевролиты массивной структуры	>4	>3	>100	>0,5	>200	>540
II	Устойчивые	Массивные однородные и слабослоистые песчаники и алевролиты	2...4	1,8...3	70...100	0,5...1	80...200	300...540
III	Средней устойчивости	Массивные, слоистые, трещиноватые породы (песчаники, алевролиты, аргиллиты и другие)	1...2	1...1,8	50...70	1...2	40...80	200...300
IV	Слабоустойчивые	Массивные, слоистые, трещиноватые	0,6...1	0,6...1	35...50	2...4	10...15	120...200
V	Неустойчивые	Породы слабые, тонкослоистые, сильнотрещиноватые, имеющие и другие структурно-текстурные дефекты (пропластки угля, глинистые фракции, борозды скольжения)	0,3...0,6	0,3...0,5	20...35	4...6	3...5	30...100
VI	Весьма неустойчивые	Весьма слабые, сильнотрещиноватые, тонкослоистые, нарушенные породы, залегают в основном над угольными пластами (преимущественно ложная кровля)	<0,3	<0,2	<20	6...8	<2	5...20

где  $K_{лк}$  – коэффициент, учитывающий колебания мощности ложной кровли пласта по длине выработки;  $h$  – мощность ложной кровли, м;  $b$  – ширина выработки в проходке, м;  $l$  – расчетная длина выработки ( $l=1$ ), м;  $\gamma$  – объемный вес обрушающихся пород, кН/м<sup>3</sup>.

Исходя из данных практики, рекомендуется принимать  $K_{лк}=1,15\dots 1,2$ .

Сила сцепления  $P$  по всей поверхности обрушения:

$$P=blnc,$$

где  $c$  – удельная (единичная поверхность) сила сцепления пород, кПа.

На сцепление пород оказывают большое влияние налеты углистых веществ, снижающих сцепление в 40...54 раза, трещиноватость – в 15...18 раз, слоистость пород – в 5...8 раз.

При выполнении условия (1) выработку целесообразно и рекомендуется проводить с присечкой и выемкой ложной кровли или легкообрушающихся нижних слоев. Если условие  $G < P$ , то выработки целесообразно проводить с сохранением кровли, т. е. без присечки. В этих условиях опасные деформации и разрушения пород кровли происходят под действием изменяющихся в них напряжений в процессе эксплуатации выработок. Потеря устойчивости пород наступает, когда длительная прочность пород меньше напряжений в породах.

Если породы ложной кровли или легкообрушающихся слоев теряют устойчивое состояние из-за малой силы сцепления и большого веса пород, выработку рекомендуется проводить с присечкой и выемкой ложной кровли, легкообрушающихся слоев. При величине давления меньше, чем сила сцепления пород, выработки целесообразно проводить с сохранением кровли, т. е. без присечки.

Для оценки экономической эффективности проведения горизонтальных и наклонных горных выработок необходимо знать и сопоставлять затраты, связанные с проходкой и эксплуатацией выработок.

Анализ по шахтам Беловского, Ленинского и Кемеровского районов (Кузбасс) показал следующее: выработки, проводимые с сохранением ложной кровли (по пластам: 4, Бреевский, Журинский, 12 и др.), крепят с шагом установки рам, в основном 0,5 м, и выработки с присечкой и выемкой этих пород – с шагом установки рам 0,8 м, т. е. в 1,6 раза больше; на каждом участке протяженностью 100...120 м в этих выработках происходит в среднем 1...1,5 вывала пород кровли высотой 0,4...0,5 м при проходке или во время их эксплуатации, на заделку которых расходуется 0,4...0,5 м<sup>3</sup> крепежного леса; дополнительно приходится ремонтировать выработки, где проявляются основные деформации и обрушения слабоустойчивых слоев кровли с установкой на участках протяженностью 3–5 новых рам. Кроме того, существенно ухудшается безопасность их эксплуатации.

На основании фактических данных горно-проходческих работ, действующих норм и расценок на проведение выработок и стоимости крепежных материалов оценены затраты на проходку 1 м выработки с присечкой и выемкой легкообрушающихся пород и без присечки пород. Расчеты выполнены для выемочных штреков шириной 5 м и высотой 2,6 м, по пластам мощностью 1,8...2 м, проводимых комбайнами без присечки легкообрушающихся пород, и для штреков этой же ширины с присечкой кровли мощностью от 0,1 до 0,6 м.

Стоимость проведения 1 м выработки без присечки кровли в среднем в 2 раза выше, чем проводимых с присечкой, что связано, главным образом, с затратами на крепление и ремонт этих выработок.

Деформации и состояние породных обнажений кровли средней устойчивости в выработках в большей мере зависят от того, проводятся ли они без присечки или с присечкой кровли угольного пласта. Прочность этих пород, на сжатие обычно более 40...45 МПа, и присечка их проходческими комбайнами или буровзрывным способом приводит к образованию существенных неровностей кровли (в отличие от присечки ложной кровли), в основном высотой от 60 до 80 мм. По этой причине под действием возрастающих напряжений в процессе эксплуатации выработок происходит раскрытие и развитие трещин в приконтурных породах кровли, иногда с опасными их деформациями и обрушениями на крепь.

Для наблюдения за смещением пород кровли (пучение почвы не отмечалось) с момента обнажения на каждом центральном участке штрека в трех сечениях по длине через 4 м были заложены контурные реперы на глубину 0,3 м.

Конвейерный штрек лавы № 18–21 по пласту Толмачевскому (шахта «Полысаевская») проводился площадью сечения в проходке 11,8 м<sup>2</sup>. Мощность пласта 2,2 м, угол падения 5...6°. Непосредственная кровля пласта сложена слоистым алевролитом, мощностью слоев 0,4...0,5 м, предел прочности пород при сжатии 46...50 МПа, породы почвы – однородные алевролиты,  $\sigma_{сж}=50\dots 57$  МПа.

Часть штрека сооружалась без присечки пород кровли, часть – с присечкой на 0,5 м. Для крепления выработки применялся сталеполемерный анкер длиной 2 м. Плотность установки анкеров в кровли 1,25 шт./м<sup>2</sup>.

Выработка проводилась комбайном ГПКС, обнажаемая площадь кровли за цикл – 5,5...6 м<sup>2</sup>. По кровле анкеры соединены между собой подхватками из швеллеров № 10, кровля затянута металлической решетчатой затяжкой. Анкеры устанавливались с натяжением 36...40 кН.

Из результатов наблюдений следует, что смещение пород на участке, пройденном с присечкой кровли, в среднем 1,4 раза больше, чем на участке, который проводится без присечки кровли. На первом участке смещение пород происходило, в ос-

новном, в течение 3 мес. после их обнажения, на втором – в течение 2 мес.

На деформации и смещение пород на первом участке отрицательное влияние оказывают нарушения целостности кровли, связей между слоями. Неровности кровли резко ухудшают работу крепи, в особенности анкерной, из-за неплотного прилегания подхватов под анкера. Отсутствие плотного контакта этих элементов крепи с кровлей приводит зачастую к неравному развитию деформаций и вывалам пород на крепь. Наиболее часто это происходит между анкерами при слоистых породах кровли с пределом прочности на сжатие 40...45 МПа. Неровности кровли и неровное прилегание к ней подхватов затрудняют затягивание анкеров при установке и приводит к разгрузке части анкеров из-за вывалов пород.

Таким образом, проведение выемочных штреков с присечкой средней прочности пород кровли пласта осложняет поддержание сопряжений лавы со штреками из-за разной высоты этих выработок и в ряде случаев приводит к обрушению пород на сопряжениях.

В зависимости от схемы подготовки горизонта шахтного поля и взаимного расположения на нем полевых и пластовых штреков квершлага могут проводиться в двух направлениях – в направлении угла залегания пересекаемых пород и угольных пластов и в противоположном направлении.

Для оценки влияния направления проведения квершлага относительно залегания пород на устойчивость кровли проводились специальные наблюдения в промежуточных квершлагах на гор. – 20 м шахты им. Ф.Э. Дзержинского и на гор. – 40 м шахты 5–6 Прокопьевского района.

Промежуточный квершлаг, восточное крыло на гор. – 20 м (шахта им. Ф.Э. Дзержинского), проводился буровзрывным способом, площадью сечения 14 м<sup>2</sup> на глубине 280...300 м. Крепь металлическая арочная из спецпрофиля СВП-22, шаг крепи 0,8 м. Породы, пересеченные квершлагом, сложены переслаиванием алевролитов, песчаников и частично аргиллитами мощностью от 0,3 до 5 м с пределом прочности на сжатие от 35 до 70 МПа, угол залегания пород 45...48°. Выработка проводилась по направлению падения пород.

Наблюдения за устойчивостью обнажаемых пород при проходке квершлага показали, что песчаники и алевролиты с  $\sigma_{сж}$ =40...45 МПа на площади обнажения до 10...12 м<sup>2</sup> находились в устойчивом состоянии в течение 1...1,5 ч, с  $\sigma_{сж}$ =60...70 МПа – более 7...8 ч. Лишь местами происходило обрушение очень слабых трещиноватых аргиллитов в кровле спустя 20...30 мин после их обнажения.

Также наблюдения проводились в промежуточном квершлагах на этом же гор. – 20, который проводился навстречу углу залегания пересекаемых пород. Условия проходки квершлага практически такие же, как и квершлага в восточном крыле.

При проведении квершлага происходили частые опасные деформации и вывалы из кровли аргиллитов  $\sigma_{сж}$ =40...45 МПа через 30...40 мин после их обнажения. По этой причине пришлось шаг заходки уменьшить с 2,4 (по сравнению с квершлагом, проведенном в направлении падения пород) до 1,6 м. Породы расслаивались и обрушались в направлении напластования пород. Наиболее интенсивно проявлялись опасные деформации пород кровли в местах подхода и пересечения угольных пластов и пропластков угля.

Из результатов натуральных наблюдений следует, что в рассматриваемых условиях проведение квершлага в направлении угла залегания пересекаемых породных толщ обеспечивает при прочих равных условиях увеличение смещения пород кровли в 2...3 раза по сравнению с проведением их против направления залегания породных толщ.

На шахте 5–6 наблюдения проводились в промежуточных квершлагах № 108, № 110 и № 111 на гор. – 40 м. Часть из них сооружалась со стороны падения, часть – со стороны восстания пород. Площадь сечения выработок 12,5...13 м<sup>2</sup>, крепь металлическая из СВП-22, шаг установки рам 0,8 м. Пересеченные породы представлены отдельными толщами алевролитов, песчаников и переслаиванием этих пород, угол залегания 70...72°, преобладающая прочность пород 50...60 МПа.

Наблюдения показали, что при угле залегания  $\alpha \geq 70^\circ$  направление проведения выработок относительно залегания пород практически не влияет на устойчивость породных обнажений в них.

Аналогичные результаты показало рассмотрение фактических материалов по опасным деформациям и вывалам пород кровли в квершлагах, пройденных в различных направлениях относительно пересеченных толщ массива, на отдельных шахтах Беловского и Анжерского районов.

Весьма различны характер и степень деформаций слоистых, трещиноватых и других макродефектных пород кровли в квершлагах обусловлены довольно большой разницей составляющих сил  $F_{ом}$  и  $F_{сд}$  силы  $P_\theta$  (рис. 2), где  $P_\theta$  – вертикальная сила горного давления;  $F_{ом}$  – сила сцепления (отрыва), действующая по нормали к напластованию пород;  $F_{сд}$  – сила сдвига, действующая вдоль поверхностей напластования слоев:

$$F_{ом} = P_\theta \cos \alpha; F_{сд} = P_\theta \sin \alpha; F_{тр} = F_{ом} f_{тр}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол залегания пород;  $F_n$  – нормальная сила, действующая на этой поверхности, кН;  $f_{тр}$  – коэффициент трения.

При проведении квершлага со стороны висячего бока, т. е. по схеме, рис. 1, сдвиг пород не произойдет при соотношении действующих сил

$$F_{сд} < F_{ом} f_{тр} + cS,$$

где  $S$  – площадь поверхности сползания пород.

При очень низкой силе сцепления, т. е. при  $c=0$  сползание пород в приконтурной части выработки не происходит при  $F_{сд} < F_{ом} f_{тр}$ .

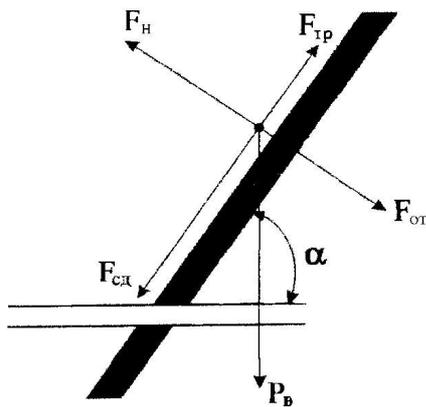


Рис. 1. Схема сил, действующих в приконтурной части пород кровли квершлага

Из выражения (2) следует, что соотношение сил  $F_{от}$  и  $F_{сд}$  зависит от угла  $\alpha$  залегания пород, с увеличением  $\alpha$ , при прочих равных условиях, сила  $F_{от}$  уменьшается, а сила  $F_{сд}$  увеличивается.

При сооружении квершлагов со стороны лежащего бока наиболее часто происходят отрыв и обрушение пород по ослабленным контактам залегания по нормали, т. е. при условии  $F_H \sin \alpha > c$ .

В ходе исследования было установлено, что наибольшую устойчивость обнажения породы кровли сохраняют при залегании их под углом  $45...50^\circ$ , при залегании  $50...70^\circ$  устойчивость пород резко снижается, а при угле залегания свыше  $70^\circ$  направление проходки при равных условиях практически не влияет на их устойчивость и обрушаемость в призабойной зоне квершлага. При залегании пород под углом  $45...50^\circ$  и проведении выработки со стороны висячего бока значительную часть давления обнажаемых пород в пределах шага заходки воспринимает призабойная часть массива, вследствие чего в них меньше проявляются силы  $F_H$  и  $F_{сд}$ . При проведении выработок в противоположном направлении они в основном лишены этой опоры, здесь их опорой является возводимая крепь. Выполненные исследования показывают, что проведение квершлагов в направлении со стороны висячего бока пластов, главным образом залегающих под углом до  $50^\circ$ , обеспечивает значительное повышение устойчивости породных обнажений квершлагов. По пластам с углом залегания до  $30...40^\circ$  добывается около 90 % угля.

С различной степенью сложности связано проведение горных выработок в зонах геологических нарушений. На шахтах Кузбасса небольшую долю из них составляют нарушения пород кровли угольных пластов в пересекаемых квершлагами толщах массива. Протяженность нарушенных участков составляет от 5...10 до 150 м и больше. Мелкие нарушения небольшой протяженности слабо или совсем не фиксируются геологоразведочными работами, они выявляются обычно непосредственно в процессе ведения горнопроходческих и очистных работ в пределах выемочного поля и столба.

Накопленный опыт и технико-экономический анализ показывают, что с увеличением длины проводимой выработки по нарушенным породам эффективность упрочнения пород растворами через опережающие скважины довольно существенно возрастает.

В качестве опережающей крепи на шахтах Кузбасса применяют арматурные стержни. Пока мало обоснована методика определения нагрузки на крепь в зависимости от состояния нарушенных пород и основных параметров крепи.

Исходя из анализа практического опыта для условий шахт бассейна рекомендуется в качестве опережающей крепи стержневая гладкая арматурная сталь и следующая технология ее возведения. Шпур для размещения стержней бурят из последней рамы, непосредственно у забоя равномерно по закрепленному контуру кровли, боков, на расстоянии, определяемом исходя из структурно-текстурного состояния закрепляемых пород, нагрузки на крепь и ее расчетной несущей способности, под углом из такого расчета, чтобы опорой наружного конца стержней явилась призабойная рама, а опорой внутреннего конца стержня – непосредственно массив пород. Расстояние между стержнями опережающей крепи по закрепленному контуру выработки принимают из условия предотвращения высыпания и обрушения пород в пролете между ними.

Длину стержней  $l_{см}$  определяют из условия (рис. 2):

$$l_{см} = l_{н.к} l_{вз} l_{в.к} = l_{н.к} \frac{l_3}{\cos \alpha} l_{в.к},$$

где  $l_{н.к}$  – длина конца стержня  $l_{см}$ , выступающего в выработку, м;  $l_{вз}$  – длина части стержня непосредственно над заходкой в пределах длины заходки, м;  $l_{в.к}$  – длина конца стержня, опирающегося на массив, м;  $\alpha_c$  – угол наклона стержня к продольной оси выработки, град;  $l_3$  – длина заходки, м.

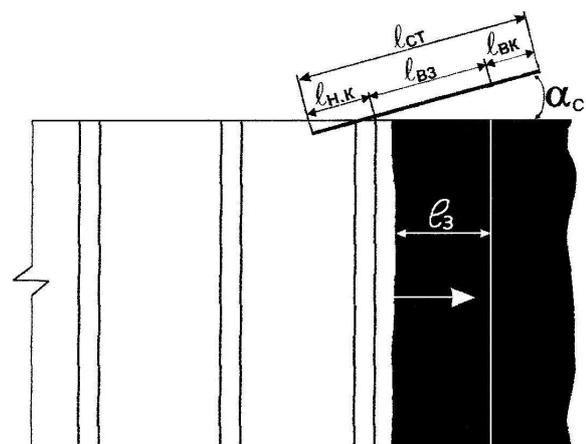


Рис. 2. Определение длины крепежных стержней

Стержни опережающей крепи работают преимущественно на изгиб, для инженерно-технических расчетов их можно рассматривать как балки, свободно лежащие на концевых опорах – раме и

массиве. Следовательно, изгибающий момент в стержне (на участке длиной  $\ell_{из}$ ) от действия горного давления (веса нарушенных пород):

$$M_{из} = \frac{P_g \ell_{из}^2}{8},$$

где  $P_g$  – вертикальная равномерная сила горного давления на стержень.

Момент сопротивления стержня диаметром  $d$  определяется по формуле

$$W_c = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3 \quad \text{или} \quad W_c = \frac{M_{из}}{\sigma_{из}}.$$

По известным значениям  $M_{из}$  и  $W_c$  определяют фактические напряжения на изгиб  $\sigma_{из}$  в стержне, которые должны быть  $\sigma_{из} \leq [\sigma_{из}]$ , где  $[\sigma_{из}]$  – предельно допустимое напряжение (расчетное сопротивление на изгиб стали, из которой изготовлены стержни).

В результате обработки данных обследований выработок и фактических материалов по выработкам, пройденным в зонах геологических нарушений на шахтах Кузбасса, установлено, что вертикальная нагрузка  $P_g$  со стороны кровли на опережающую предохранительную крепь может быть определена по методике проф. П.М. Цимбаревича с учетом зависимости ее от степени нарушенности и ослабленности пород:

$$P_g = h_g \cdot \gamma, \text{ кПа,}$$

где  $h_g$  – высота возможного обрушения пород кровли, м;  $\gamma$  – объемный вес пород в пределах возможного вывала, кН/м<sup>3</sup>;

$$h_g = \frac{a_1}{fK_n},$$

$a_1$  – полупролет обрушения (возможного) пород кровли, м;  $f$  – коэффициент крепости пород по М.М. Протодяконову;  $K_n$  – коэффициент, учитывающий влияние нарушенности, текстурной ослабленности пород на высоту вывала  $h_g$ , количественно оценивается размерами основных блоков, расстоянием между основными поверхностями ослабления пород;

$$a_1 = a + htg\varphi_k,$$

где  $a$  – полупролет выработки в проходке, м;  $h$  – высота выработки в проходке, м;  $\varphi_k$  – кажущийся угол внутреннего трения пород ( $\varphi_k = \arctg f$ ), град.

В результате обработки данных натуральных исследований для условий шахт Кузбасса получены значения коэффициента  $K_n$  в зависимости от расстояния между основными поверхностями ослабления пород (размеров блоков) и коэффициента их крепости:  $K_n = 0,2 \dots 0,3$  – для пород с расстоянием между поверхностями ослабления  $\leq 0,15$  м, коэффициентом крепости  $f = 0,8 \dots 2$ ;  $K_n = 0,3 \dots 0,35$  – для пород с расстоянием между поверхностями ослабления  $0,16 \dots 0,4$  м,  $f = 2 \dots 3$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Третенков И.В. Результаты исследования устойчивости породных обнажений в призабойном пространстве проводимых горных выработок // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Матер. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения д-ра техн. наук, проф., Заслуж. шахтера РФ, действит. члена РАЕН В.В. Егошина, 19 июля 2001 г. – Кемерово, 2001. – С. 76–79.
- Третенков И.В. Исследования влияния слоистости на устойчивость горных пород в призабойном пространстве проводимых горизонтальных и наклонных горных выработок // Вестник КузГТУ. – 2002. – № 2. – С. 49–51.
- Третенков И.В. Обоснование эффективности присечки горных пород в проводимых горных выработках // Совершенствование методов поиска и разведки, технологии добычи и переработки полезных ископаемых: Сб. матер. Всеросс. научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Красноярск, 2003. – С. 77–79.
- Третенков И.В. Влияние горнотехнических факторов на устойчивость породных обнажений выработок и безопасность горно-проходческих работ // Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах: Матер. V Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2002. – С. 96–97.
- Шаламанов В.А., Третенков И.В. Обоснование эффективности мероприятий повышения устойчивости породных обнажений в проводимых горных выработках // Дело всей жизни: Сб. матер., посвящ. 60-летию со дня рождения д.т.н., проф. В.В. Курехина. – Кемерово, 2004. – С. 92–101.

Поступила 19.12.2006 г.