УДК 622.286

А.В. Чернышов

СПОСОБ ОХРАНЫ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ВЫРАБОТОК ЖЕСТКИМИ МНОГОРАЗОВЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Рассматриваются воздействие жесткого многоразового охранного сооружения на зависающие консоли пород кровли и на воспринимающие нагрузку породы почвы. Работа охранного устройства определяется величиной проникновения в кровлю режущего вертикального элемента с вершиной и раскосами, образующими внедряемый в породу клин. Определение оптимальных параметров угла клина вершины охранного сооружения.

Ключевые слова: бесцеликовая охрана выработок, повторное использование.

Еще из школьного курса физики общеизвестно, что действие силы на тело зависит от числового значения ее величины, направления и точки приложения. В определенных случаях действия силы зависит и от площади поверхности тела, на которую действует эта сила. То есть, результат действия силы зависит не только от ее величины, но и от площади той поверхности , перпендикулярно которой она действует. Величину, численно равную силе, действующей на единицу площади поверхности перпендикулярно к этой поверхности, называют давлением.

$$P = F/S,$$

где P – давление, F – сила, S – площадь соприкосновения.

Из формулы видно, что чем меньше площадь соприкосновения, тем больше давление в точке соприкосновения, тем больше сила воздействия охранного сооружения, то есть в данном случае, то есть в данном случае мультипликатора, на породы кровли.

Давление показывает, какая сила действует на единицу площади поверхности, поэтому сила давления равна произведению давления на площадь опоры:

$$F = PS.$$

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 351–356.
© 2016. А.В. Чернышов.

Из этой формулы следует, чем больше площадь опоры, тем меньше давление, производимое одной и той же силой на эту опору. В зависимости от того, хотят получить малое или большое давление, площадь опоры увеличивают или уменьшают. Например, для того, чтобы грунт мог выдержать давление возводимого на нем здание, увеличивают площадь нижней части фундамента. Аналогично мы поступаем, увеличивая площадь опоры мультипликатора или же любого другого охранного сооружения, конструкциями, секций механизированной крепи и так далее.

С другой стороны, при малой площади поверхности можно небольшой силой создать большое давление. Поэтому режущие и колющие инструменты – ножи, ножницы, пилы, иголки и так далее остро оттачиваются. Опять же, при одной и той же силе воздействия, острыми поверхностями (имеющими малую поверхность, площадь контакта), создается большое давление. Вдавливая кнопку в дерево, мы действуем на нее с силой 50 Н (около 5 кгс). Так как площадь острия кнопки 0,1 мм^2, то давление, производимое на дерево в месте контакта с острием кнопки будет равно:

$$P = 50 \text{ Н} / 0{,}0000001 \text{ м}^2 = 50\,000{,}000 \text{ Н/м}^2,$$
$$(\text{около } 5000 \text{ кгс/м}^2).$$

Это давление в 10 000 раз больше давления, производимого гусеничным трактором на почву.

Аналогично и воздействие мультипликатора на зависающие консоли пород кровли и воспринимающие нагрузку породы почвы.

Зависающие породы кровли, как и всякие другие материалы, оказывают сопротивляемость разрушению под действием внешних сил. Эта сопротивляемость обуславливается, в каждом конкретном случае, некоторой комбинацией элементарных сопротивлений растяжению, сжатию, сдвигу, которая так же многообразна, как и способ воздействия усилий.

Что же происходит с породами кровли после установки мультипликатора и начала обоюдного влияния?

В месте контакта с вершиной мультипликатора на породу возникает некоторое усилие P, которое совместно с гравитационными силами вызовет в породе разнообразные напряжения: сжимающие, растягивающие, изгибающие и так далее.

$$P = F\,[d, z, s, b...],$$

где $d, z, s, b...$ – напряжения от сжатия, растяжения, сдвига, изгиба соответственно и так далее.

Говоря иными словами усилие P есть некоторая функциональная зависимость F от вышеперечисленный напряжений.

Если увеличивать силу P, то наступит момент, когда какое-нибудь из составляющих напряжений достигнет предела сопротивляемости породы и последняя начнет разрушаться.

Известно, что в реальных условиях однородные горные массивы встречаются относительно редко. В наиболее общем случае горные массивы имеют сложное строение. В этих условиях зависимость литостатического давления от глубины имеет нелинейный, то есть весьма сложный характер, а горизонтальная компонента литостатического напряжения по своей величине часто превосходит вертикальную [1, 2]

$$(G_x = G_y > G_z;\ \eta > 1).$$

В общем виде неравнокомпонентное распределение напряжений характеризуется соотношением

$$G_z \neq G_x \neq G_y$$

Исследования на объемных моделях и теоретическим расчетом установлено, что величины горизонтальных напряжений, горных пород может превосходить вертикальную составляющую $\gamma_{ср}H$ в несколько раз [2].

Отделение горных пород от массива в этом случае будет представлять собой чередование двух процессов – внедрением вершины мультипликатора в породы кровли и собственно отделения части зависающих слоев пород от остального массива по линии разрушения. В результате малопроизводительного процесса внедрения разрушается относительно небольшой объем породы, но зато создаются условия облегчающие отделения от массива основной ее массы.

Установлено, что при всех процессах разрушения (вдавливания, резания и раздавливания) в месте контакта инструмента в породы происходит образования уплотненного ядра, форма и особенности которого зависят от конкретных условий (слоистые породы, формы инструмента и условий блокировки).

Отделение породы от массива производится не непосредственно самим инструментом, а расположенным впереди него ядром, размеры которого несколько (на величину Δ) превышают размеры контакта инструмента с породой F. Максимальные силы на инструменте пропорциональны площади сечения ядра:

$$T = G_м\ (F + \Delta),\ кг,$$

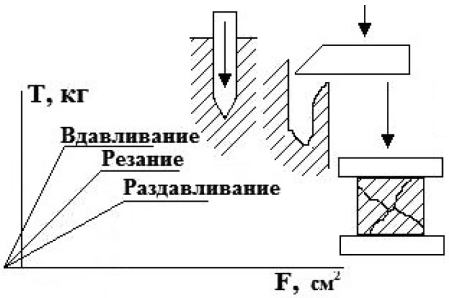

Рис. 1. Зависимость силы на инструменте от площади контакта

где $G_м$ – давление от границы ядра и породы, зависящее от степени объемности напряженного состояния в этой зоне. При вдавливании инструмента в массив породы это давление получается максимальным, а при раздавливании отдельных кусков – минимальным. Давление, отнесенное к площади контакта инструмента с породой, уменьшается с увеличением этой площади

$$G = G_м (1 + \Delta/F) \text{ кг/см}^2.$$

При внедрении клина в массив вокруг клина образуется напряженная зона. В непосредственной близости от клина породы уплотняются, измельчаясь в тончайшие фракции. Затем появляются трещины, замыкающиеся зонами одинаковых напряжений. При больших углах образования трещин (по отношению к линии напластования) происходит сдвиг слоев или блоков породы в выработанное пространство.

Таким образом, эффективность работы охранного устройства определяется величиной проникновения в кровлю режущего вертикального элемента с вершиной и раскосами, образующими внедряемый в породу клин. Инициирование обрыва зависающих пород кровли увеличивается при увеличении глубины внедрения клина в кровлю при аналогичных нагрузках. Для определения оптимальных параметров угла клина сотрудниками лаборатории горного давления ИГД им. А.А. Скочинского были проведены экспериментальные исследования по вдавливанию клиньев с различными углами в породы с различными прочностными характеристиками, охватывающими диапазон кровель в условиях угольных пластов Донецкого бассейна.

На рис. 2 представлены результаты вдавливания клиньев:

а) в слабые породы, коэффициент крепости $f = 1–2$;

б) в породы средней прочности, коэффициент крепости $f = 3–4$;

в) в крепкие породы, коэффициент крепости $f = 5 – 12$.

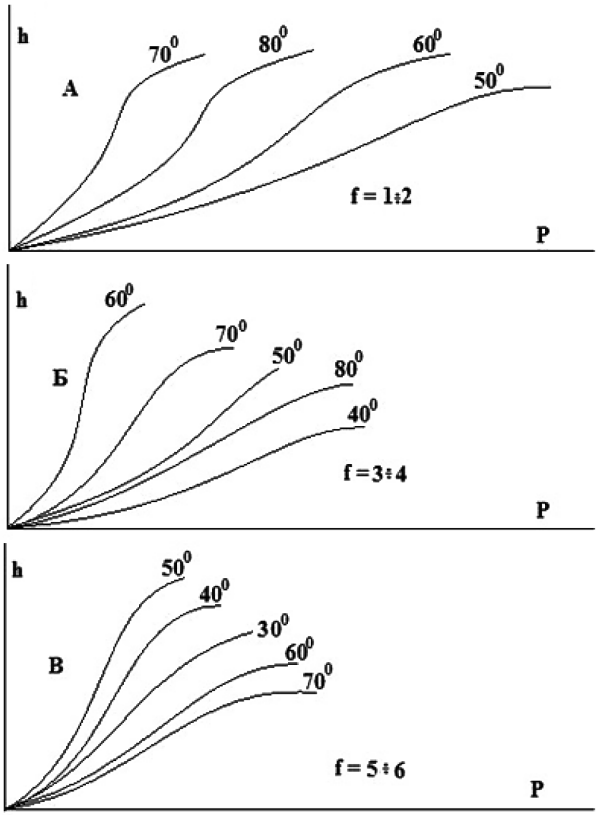

Рис. 2. Зависимость величины проникновения вершины мультипликатора от прочностных характеристик породы, угла внедрения и прилагаемой нагрузки

На графиках на горизонтальной оси отложена нагрузка *P* на клин, по вертикальной – глубина *h* вдавливания в породы в относительных единицах. На каждом графике вдавливания указаны углы клина.

Процесс внедрения клиньев в породу определяется чередованием участков пластической деформации и свойств пород, а также сил трения при внедрении клина. Трещиноватость облегчает процесс внедрения. Помимо крепости и трещиноватости на процессы внедрения клиньев в породу оказывает также некоторое влияние и их вязкость. С увеличением вязкости породы увеличивается соотношение сечение ядра и глубины внедрения.

Максимальный угол 70° оптимален в слабых верхних породах (типа глины), в которых на начальном этапе доминируют пластичные деформации (а).

Угол 50° оптимален в прочных породах (типа песчаников) с хрупким разрушением (в).

Как следует из графиков, оптимальным диапазоном, при котором происходит максимальное внедрение во все исследованные породы, является диапазон углов 50–70°, следовательно, угол клина вершины и угол установки раскосов должен лежать в данном диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисов А.А.* Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980.

2. *Борисов А.А.*, *Матанцев В.И.*, *Овчаренко Б.Н.*, *Воскобоев Ф.Н.* Управление горным давлением. – М.: Недра, 1983. – 168 с. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Чернышов Андрей Васильевич – кандидат технических наук, доцент, докторант,
МГИ НИТУ «МИСиС», e-mail: ud@msmu.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 7, pp. 351–356.

UDC 622.286

A.V. Chernyshov

METHOD TO REINFORCE RE-USE STOPES BY MULTIUSE RIGID STRUCTURES

Are considered influence of a rigid reusable security construction on hanging consoles of breeds of a roof and on breeds of soil perceiving loading. Work of the security device is defined by size of penetration into a roof of a cutting vertical element with top and the cross-pieces forming a wedge introduced in breed. Definition of optimum parameters of a corner of a wedge of top of a security construction.

Key words: protection of developments, a reuse.

AUTHOR

Chernyshov A.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Doctoral Candidate,
Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia, e-mail: ud@msmu.ru.

REFERENCES

1. Borisov A.A. *Mekhanika gornykh porod i massivov* (Mechanics of rocks and rock masses), Moscow, Nedra, 1980.

2. Borisov A.A., Matantsev V.I., Ovcharenko B.N., Voskoboev F.N. *Upravlenie gornym davleniem* (Ground control), Moscow, Nedra, 1983, 168 p.