УДК 622.83:622.272.3:622.268.6:622.861

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОРОДНОЙ ПОЛОСЫ С ОГРАНИЧЕННОЙ ПОДАТЛИВОСТЬЮ

С. Г. Негрей, Т. А. Негрей
Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет»
пл. Шибанкова, 2, г. Покровск, Донецкая обл., 85300, Украина. E-mail: serhii.nehrii@donntu.edu.ua

Рассмотрен эффективный ресурсосберегающий способ охраны подготовительных выработок – породная полоса с ограниченной податливостью. По результатам лабораторных исследований установлено, что выкладка полосы из рядовой породы между дополнительными ограничивающими стенками позволит достичь податливости этой охранной конструкции до 8 %, что достаточно для обеспечения эксплуатационного и безопасного состояния подготовительных выработок, охраняемых позади лавы. На основании результатов аналитических исследований с привлечением положений механики сыпучих сред определены оптимальные параметры разработанного способа с учетом основных влияющих факторов. Установлено, что характеристики предлагаемой конструкции охранного сооружения существенно превосходят по своим показателям традиционный способ охраны бутовой полосой, как по обеспечению устойчивости пород кровли, так и по меньшему объему породы для его возведения.

Ключевые слова: поддержание горных выработок, обрушение, травматизм, способ охраны, породная полоса, структурное моделирование, податливость.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОРОДНОЇ СМУГИ З ОБМЕЖЕНОЮ ПІДДАТЛИВІСТЮ

С. Г. Негрій, Т. О. Негрій
Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет»
пл. Шибанкова, 2, м. Покровськ, Донецька обл., 85300, Україна. E-mail: serhii.nehrii@donntu.edu.ua

Розглянуто ефективний ресурсозберігаючий спосіб охорони підготовчих виробок – породна смуга з обмеженою піддатливістю. За результатами лабораторних досліджень встановлено, що викладка смуги з рядової породи між додатковими обмежуючими стінками дозволить досягти податливості цієї охоронної конструкції до 8 %, чого достатньо для забезпечення експлуатаційного і безпечного стану підготовчих виробок, які охороняються позаду лави. На підставі результатів аналітичних досліджень із залученням положень механіки сипких середовищ визначені оптимальні параметри розробленого способу з урахуванням основних факторів, що впливають. Встановлено, що характеристики пропонованої конструкції охоронної споруди істотно перевершують за своїми показниками традиційний спосіб охорони бутовою смугою, як щодо забезпечення стійкості порід покрівлі, так і за меншим обсягом породи для її зведення.

Ключові слова: підтримання гірничих виробок, обвалення, травматизм, спосіб охорони, породна полоса, структурне моделювання, піддатливість.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Усложнение горно-геологических условий отработки угольных пластов и применение технологий, предусматривающих поддержание выработок позади очистного забоя, обусловливают необходимость усовершенствования, разработки и внедрения новых средств охраны выемочных выработок. При этом при разработке и внедрении мероприятий по повышению устойчивости горных выработок основным должно быть условие обеспечения безаварийного состояния выработок, т.к. основным травмирующими факторами в течение последних лет были и остаются обвалы и обрушения горных пород в большей мере на концевых участках лав и их сопряжений с выработками.

Вероятность обвалов и обрушений пород в полость выработок в большей мере зависит от геомеханической ситуации в окружающем массиве и может характеризоваться устойчивостью обнажений горных пород. Подтверждением этому являются результаты исследований ряда ученых [1–3].

Лава, ее концевые участки и сопряжения с подготовительными выработками находятся в зоне интенсивного влияния очистных работ. На данных участках отмечается высокая концентрация работ с размещением габаритных машин и механизмов, наличие коммуникационных сетей и средств крепления. В этих условиях на рабочих местах выполняются операции в рамках основных производственных процессов в очистном забое. Поэтому особенностью управления горным давлением на этих участках является необходимость безопасного поддержания значительных площадей незакрепленных боковых пород.

Неустойчивое состояние пород кровли усугублялось еще и применением недостаточно эффективных средств охраны подготовительных выработок, которые имеют относительно высокую податливость и, тем самым, не обеспечивают своевременное сопротивление деформируемым породам. Большинство традиционных средств охраны после сооружения практически не имеют начального распора и начинают противодействовать опусканиям пород кровли только после значительной усадки, которая достигает 30–50 % от вынимаемой мощности пласта, т.е. площадь, которая не получила подпор, добавляется к общей площади обнажения кровли.

Способы охраны, обеспечивающте ограниченную податливость (литые полосы, тумбы БЖБТ), с точки зрения устойчивости выработок можно считать эффективными, но их нельзя признать оптимальными из-за дороговизны или трудоемкости их возведения [4–7].

В связи с этим, заслуживающими внимания являются средства охраны, предусматривающие использование рядовой породы, применение которых

в определенных условиях позволяет существенно уменьшить затраты на поддержание выработок.

В направлении усовершенствования конструкций средств охраны, основанных на применении рядовой породы, последнее время работает кафедра разработки месторождений полезных ископаемых ДВНЗ «ДонНТУ» МОН Украины. Преимущественно это эффективные и малозатратные технологии, основанные на использовании рядовой породы с ограничивающими элементами [8, 9], в том числе породной полосой между дополнительными стенками. Сущность способа заключается в том, что позади очистного забоя на границе выемочной выработки с выработанным пространством выкладываются две стенки из мешков, заполненных рядовой породой, пространство между которыми также заполняется породой (рис. 1).

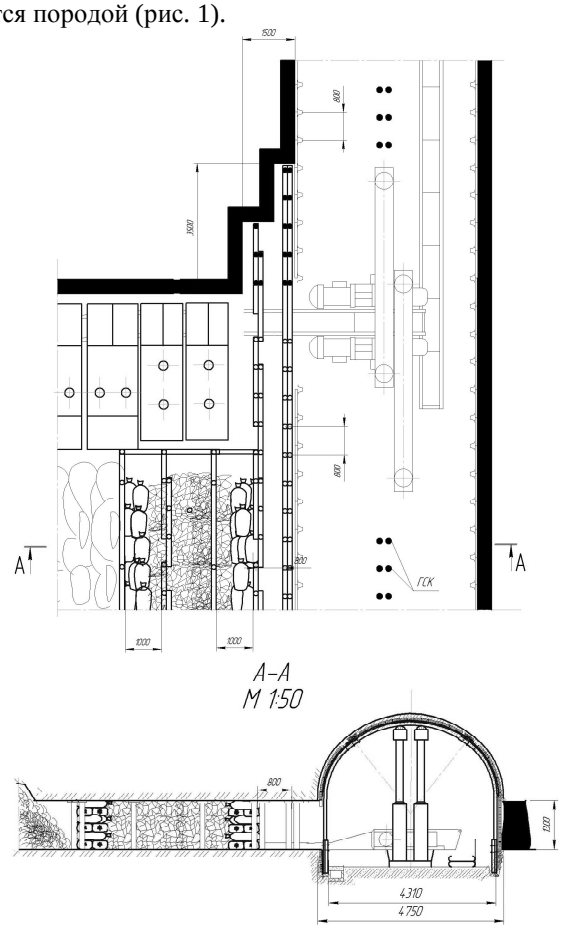

Рисунок 1 – Технологическая схема крепления концевого участка лавы и возведения породной полосы

За счет выкладки стенок из мешков по бокам полосы разнофракционный породный объем в ней, представленный сыпучим материалом, за счет ограничения подвижности и переупаковки породных отдельностей, уплотняется, тем самым образуя устойчивую породную конструкцию ограниченной податливости, способную противостоять внешним пригрузкам. Эффективность данного способа с точки зрения устойчивости вмещающих пород на концевом участке лавы и в прилегающей выработке зависит от его параметров.

Цель работы – определение параметров способа охраны породной полосой с ограниченной податливостью с учетом основных влияющих факторов, применение которого позволит обеспечить эксплуатационное и безопасное состояние выемочных выработок, охраняемых позади лавы.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для определения оптимальных параметров предлагаемой охранной конструкции было предусмотрено проведение лабораторных и аналитических исследований.

Первый этап исследований предполагал испытания на прессе конструкций с породными мешками и насыпным породным объемом при различных схемах укладки мешков в стенках и различном фракционном составе пород в свободной насыпке, а также при изменении ширины породной полосы (рис. 2, 3).

Замером высоты усадки породной полосы при различных параметрах под действием пригрузки были получены зависимости, изучение которых позволило установить ее оптимальную конструкцию, при которой обеспечивается наибольшая несущая способность. Было установлено, что:

– увеличение фракционного состава слагающих охранную конструкцию породных отдельностей существенно влияет на уменьшение ее податливости, причем увеличение размера отдельностей от 0,02 до 0,1h (где h – высота охранного сооружения) приводит к уменьшению податливости в 1,55 раза (рис. 2);

– при выкладке в породных стенках по два мешка в ряду с укладкой их перпендикулярно друг другу по высоте охранного сооружения податливость конструкции в целом изменяется от 6,5 до 10,1 % в зависимости от крупности отдельностей в насыпном объеме (наилучшая схема);

– увеличение ширины породной полосы при равных условиях от 2,0 до 2,7 высоты конструкции существенно не влияет на его устойчивость, так как уменьшение податливости наблюдается в пределах 0,5 %;

– увеличение ширины породных стенок в конструкции за счет увеличения количества мешков влечет за собой уменьшение податливости до 1,5 %, следовательно, ширина стенки не является весомым параметром.

Таким образом, был сделан вывод о том, что применение предлагаемых охранных конструкций позволит в 3–4 раза уменьшить необходимый объем породы для выкладки искусственного сооружения по сравнению с традиционной бутовой полосой и уменьшить ее податливость до 8–18 % в зависимости от крупности слагающих пород и схемы выкладки мешков в стенках.

Следующим этапом наших исследований для достижения поставленной нами цели является проведение аналитических исследований, которые позволяют получить решения с наибольшей степенью общности и в широких диапазонах изменения условий.

Основным условием применения аналитических методов является адекватность натуре используемых в определенной мере идеализированных схем – математических моделей исследуемых объектов и процессов, в которых они участвуют.

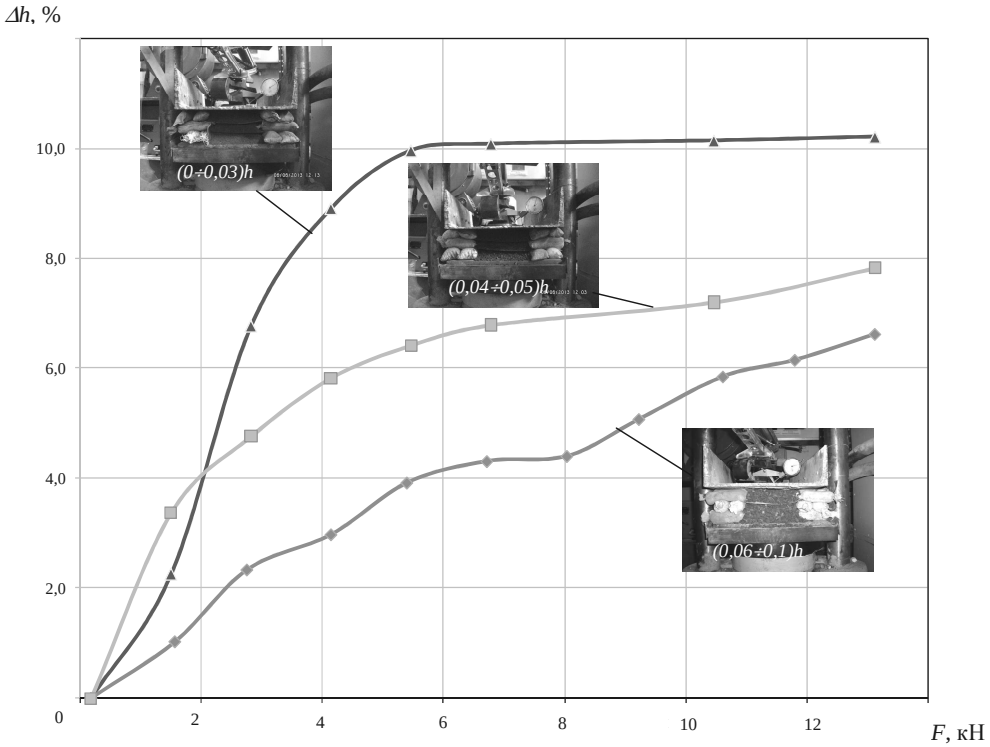

Рисунок 2 – Зависимость величины усадки охранных сооружений *Δh* от величины нагрузки *F* при различных фракциях породной насыпки

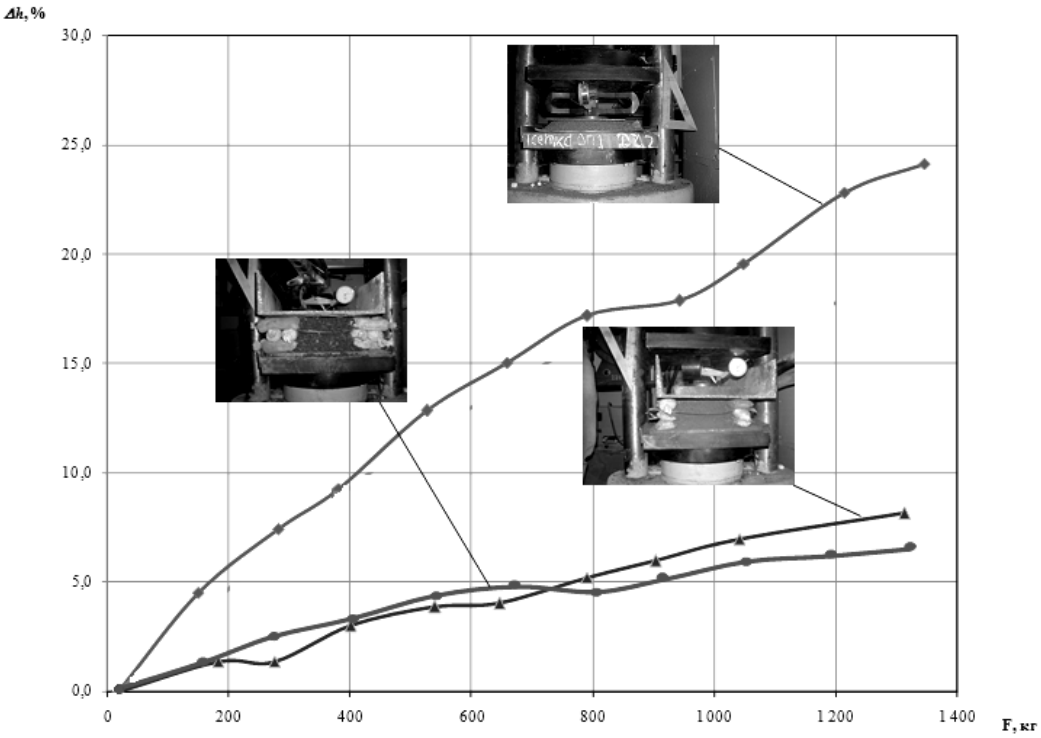

Рисунок 3 – Зависимость величины усадки охранных сооружений *Δh* от величины нагрузки *F* при различном количестве мешков в породных стенках

Принципиальное значение для правильного выбора методов аналитических исследований имеет верное определение характера и параметров описания исследуемой среды. В нашем случае породная полоса и стенки из мешков с порой слагаются из отдельностей различной формы и состава, что обусловливает необходимость использования для описания деформирования данного охранного сооружения моделей дискретной распорной среды, в которой массив представляется в виде совокупности отдельных частиц, каждая из которых имеет определенную форму и обладает свойствами твердого тела. В дискретной распорной среде в зависимости от своей формы частицы стремятся уложиться в агре-

гаты с определенным порядком расположения. В рассматриваемой породной конструкции под действием вертикальной пригрузки происходит переупаковка отдельностей, возникновение горизонтальной составляющей. Развитию горизонтальных смещений противостоят стенки из мешков. Отпор стенок, в свою очередь, провоцирует последующий переход горизонтальной нагрузки в вертикальную составляющую. Таким образом, внутри породного объема происходит переупаковка отдельностей с последующим их самозаклиниванием и формированием грузонесущего ядра вследствие заклинивающего действия ограничивающих поверхностей (стенки из мешков с породой).

Предполагается область пород участвующих непосредственно в процессе формирования грузонесущего ядра условно ограничить следующими границами (рис. 4):

верхняя поверхность, по которой действует вертикальная нагрузка, под действием которой происходит переупаковка породных отдельностей и изменение параметров охранного сооружения;

нижняя поверхность – ограничивающая плоскость на контакте с породной конструкцией, условно не участвующая в процессе переупаковки; боковые поверхности – поверхности, по которым происходит отпор перемещающемуся породному объему.

По верхней и нижней поверхности происходит скольжение породных отдельностей выдвигающейся области по относительно неподвижной массе пород.

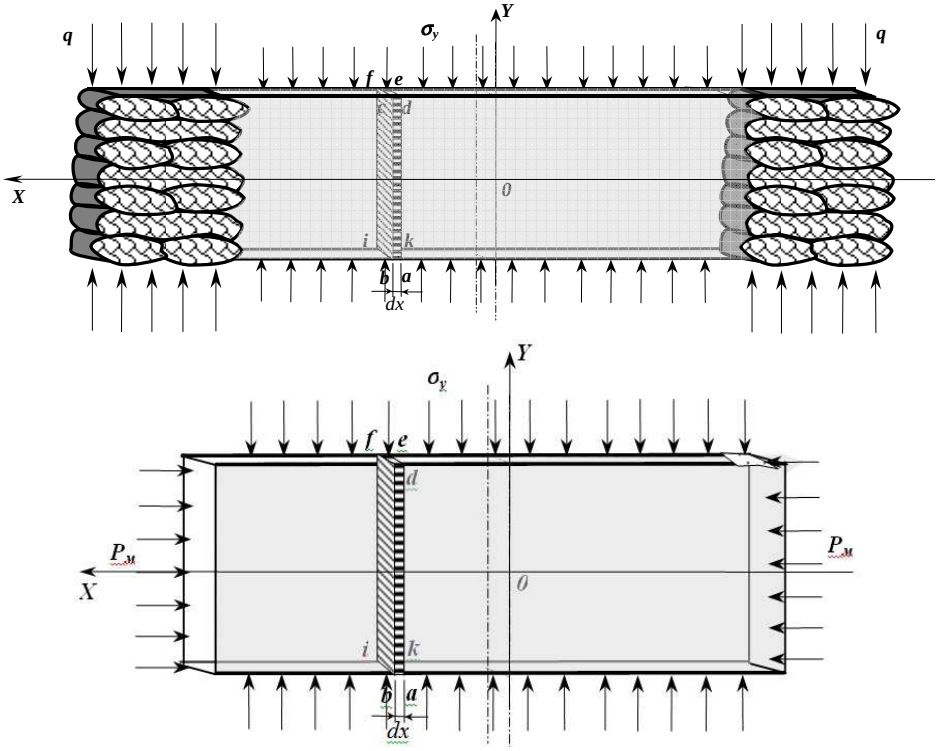

Рисунок 4 – Схема физической модели для составления уравнения предельного равновесия элементарного объема в породной полосе

Для определения условий равновесия элементарного объема *dV* (рис. 4), ограниченного контуром *abcdefik*, опишем силы, действующие на него в рамках физической модели породной конструкции с ограничивающими поверхностями.

Для этого достаточно рассмотреть половину конструкции. В сторону ограничивающей оболочки по оси *OX* действует выталкивающая сила: $h(\sigma_x+(\partial\sigma x/\partial x)dx)$, обусловливающая перемещение породы в сторону оболочки (где *h* – высота конструкции, м).

Препятствуют этому перемещению: силы трения элементарного объема по кровле конструкции $\sigma_y fdx$ и по ее почве $Nfdx$ (где σ_y – давление, возникающее от веса пород, удерживаемых конструкцией, МПа; *f* – коэффициент трения породы внутри конструкции об материал ее оболочки; *N* – реакция от действия σ_y и веса элементарного объема $h\chi dx$), реакция породы $h\sigma_x$.

Дифференциальное уравнение проекций на горизонтальную ось сил, действующих на элементарный объем при условии предельного равновесия будет иметь вид

$$h\sigma_x + h\frac{\partial\sigma_x}{\partial x}dx - h\sigma_x - \sigma_y fdx - Nfdx = 0 \qquad (1)$$

или $$h\sigma_x + h\frac{\partial\sigma_x}{\partial x}dx - h\sigma_x - 2\sigma_y fdx = 0 .$$

Преобразовав, получим

$$\frac{d\sigma_x}{dx} - \frac{2\sigma_y f}{h} = 0 . \qquad (2)$$

Так как $\sigma_x = \beta\sigma_y$, то получим линейное неоднородное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$\frac{d\sigma_y}{dx} - \frac{2\sigma_y f}{\beta h} = 0 , \qquad (3)$$

где β – коэффициент бокового давления

$$\beta = tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right), \qquad (4)$$

где φ – угол внутреннего трения пород, град.

Интегрируем соответствующее однородное уравнение с разделением переменных, получим:

$$\frac{d\sigma_y}{\sigma_y} - \frac{2f}{tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)h}dx = 0,$$

$$\ln\sigma_y - \frac{2f}{tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)h}x = \ln C,$$

$$\ln\frac{\sigma_y}{C} = \frac{2f}{tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)h}x,$$

$$\sigma_y = Ce^{\frac{2f}{tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)h}x}. \qquad (5)$$

где C – произвольная постоянная.

Произвольная постоянная C находится из условия, что на боковой поверхности напряжение σ_y равно реакции $P_м$ (в нашем случае это реакция стенки из мешков, в случае применения свободной породной насыпки (традиционной бутовой полосы) – реакция периферийной зоны со свободными откосами (рис. 5), а, если рассматривать связанные породы – сумме реакции и сцепления породы $P_м + C_п$.

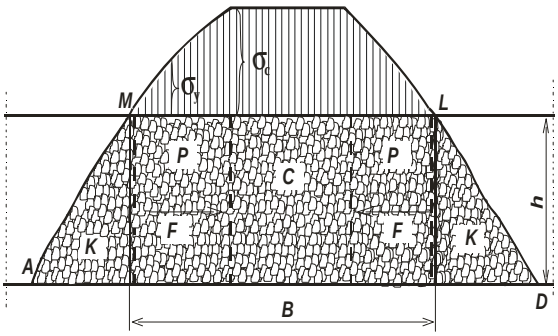

Рисунок 5 – Схема характерных зон свободной породной насыпки *AMLD*: *C* – центральная зона; *P* – периферийные, *K* – зоны свободных откосов

Рассмотрим несвязанные породы, т.к. породные отдельности в пределах охранной полосы не имеют между собой жестких структурных связей.

Тогда при x=0 и $\sigma_y = P_м$ $C = P_м$.

Получим:

$$\sigma_y = P_м e^{\frac{2f}{tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)h}x}. \qquad (6)$$

Так как для несвязанных пород $f = tg\varphi$, то

$$\sigma_y = P_м e^{\frac{2tg\varphi}{tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)h}x}. \qquad (7)$$

Полученное уравнение позволяет определять напряжения в породной полосе с учетом основных влияющих факторов и показывает, что с удалением от ограничивающих элементов (стенок) к центру конструкции интенсивность напряжений возрастает. Графически зависимость при подстановке в нее типичных значений влияющих факторов может быть представлена рис. 6.

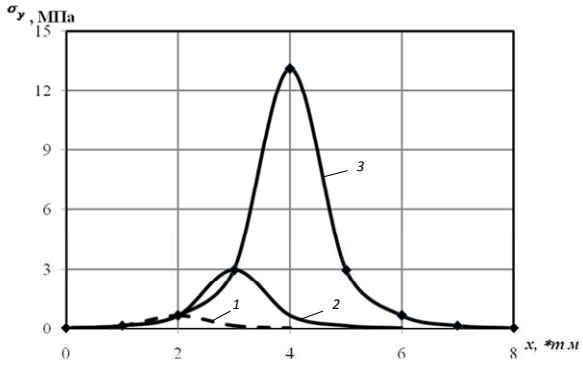

Рисунок 6 – Характер изменения допустимых вертикальных напряжений в породной полосе при ее различной ширине *l* (1, 2 и 3 – соответственно при *l*=4, 6 и 8 м)

На основании результатов исследований ученых КарГТУ [10] и, используя зависимость (7), определим оптимальные параметры предлагаемого охранного сооружения. Максимальные напряжения со стороны массива при охране бутовой полосой составляют 0,15–0,17 МПа, а со стороны выработанного пространства в 1,5–2,0 раза выше – 0,23–0,30 МПа [10]. Тогда картина распределения напряжений в приконтурной зоне будет представлена рис. 7.

Хотя данные результаты получены для условий Карагандинского бассейна, но основные влияющие факторы, такие как глубина ведения работ (H > 400–600 м), мощность пластов (m=1,0–2,5 м), литология вмещающих пород сходны с условиями Донбасса, потому, с некоторыми допущениями, будет справедливым их применение и для наших условий.

Рассмотрим на рис. 7 участок в окрестности охранного сооружения.

Как видим, максимальные напряжения *1* возникают у края охранного сооружения со стороны выработанного пространства, что обусловлено действием веса нависающих пород кровли у кромки бутовой полосы. Далее по мере удаления от выработанного пространства нагрузка *2* от кровли уменьшается, а затем отмечается некоторое ее увеличение в непосредственной близости к выработке *3*. Это увеличение нагрузки можно объяснить действием веса разрушенных пород в пределах зоны разрушенных пород (ЗРП) в кровле выработки и справа от нее.

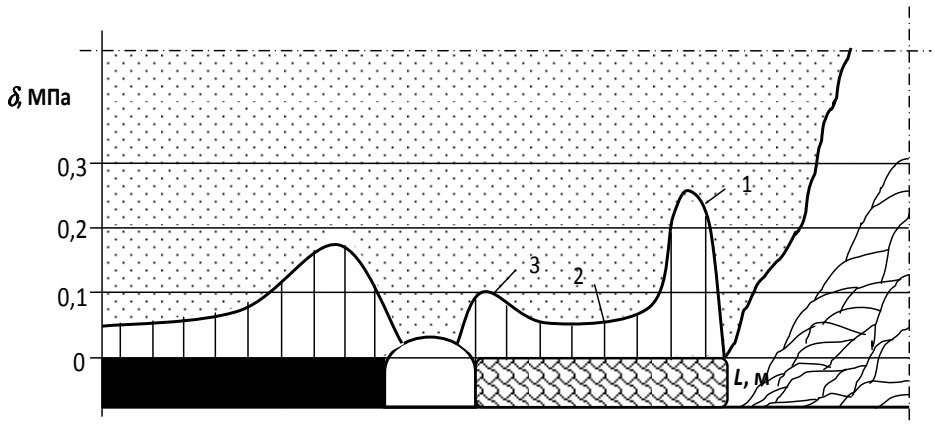

Рисунок 7 – Распределение напряжений в приконтурной зоне выемочной выработки

Если бутовую полосу заменить охранным сооружением, рассматриваемым в данной работе, то опорные элементы (стенки из мешков с породой) будут располагаться в зонах повышенных нагрузок на охранные конструкции. Причем пригрузка на породную полосу, внутри охранной конструкции составит около 0,04–0,07 МПа, что существенно меньше ее возможной несущей способности (рис. 6).

Эти величины получены для ширины охранного сооружения равной (6–8)m (где m – мощность пласта).

Так как фактическая несущая способность охранной конструкции существенно превышает необходимую, то целесообразно рассмотреть возможность уменьшения ее ширины для уменьшения затрат на выкладку породной полосы.

Из выражения (6) получим зависимость ширины породной полосы оконтуренной ограничивающими элементами от основных влияющих факторов:

$$x = \frac{tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right)h}{2f} \ln \frac{\sigma_y}{P_м}. \qquad (8)$$

Из данного выражения были получены графики зависимостей ширины породной конструкции от угла внутреннего трения, реакции ограничивающего элемента и высоты охранного сооружения, которые представлены на рис. 8–10.

Величина x определяет наименьшую для конкретных условий ширину породной полосы (центральной зоны C – рис. 5), при которой сохраняется устойчивость конструкции, происходит самозаклинивание материала и обеспечивается минимальная податливость.

В данном способе в отличие от традиционной бутовой полосы происходит «подмена» периферийной зоны ограничивающими поверхностями. При этом заклинивающее действие последних существенно эффективнее, что подтверждается большей несущей способностью и меньшей податливостью предлагаемой конструкции.

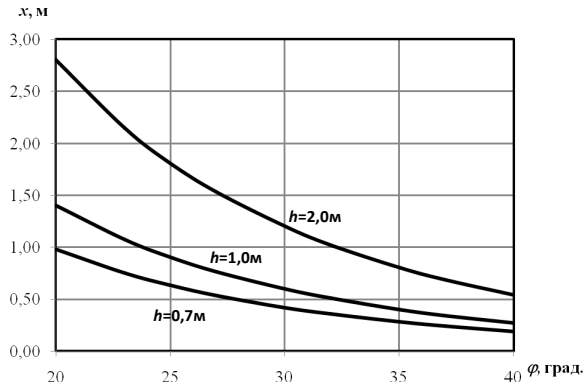

Рисунок 8 – Графики зависимости ширины породной полосы x от угла внутреннего трения пород φ при различной высоте охранной конструкции h

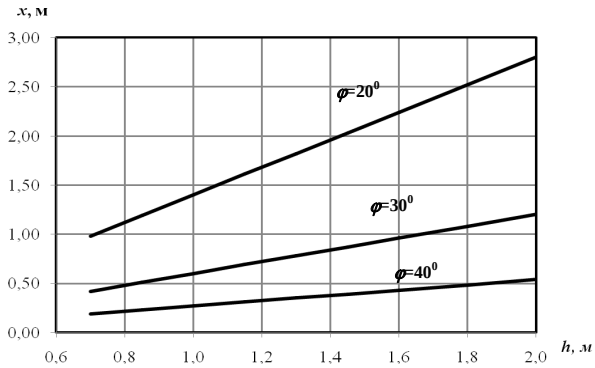

Рисунок 9 – Графики зависимости ширины породной полосы x от высоты охранной конструкции h при различном угле внутреннего трения пород φ

Расчеты показывают, что с увеличением угла внутреннего трения закладочного материала ширина центральной зоны (породной полосы) уменьшается, а при увеличении высоты породной полосы – увеличивается. Если определять ширину этой зоны для типичных условий, то ее величина будет изменяться от 0,4 до 6h в зависимости от несущей способности стенок. Оптимальное значение ширины всего сооружения может быть определено технико-экономическими расчетами, причем основным параметром будет реакция ограничивающих поверхностей перемещению породного объема.

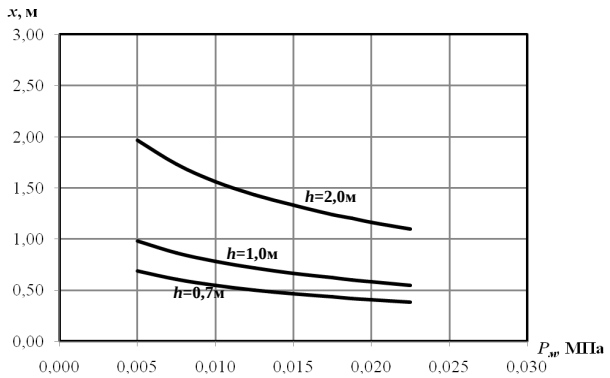

Рисунок 10 – Графики зависимости ширины породной полосы *x* от реакции ограничивающего элемента $P_м$ при различной высоте охранной конструкции *h*

Если говорить о стенках из мешков с породой, то необходимо проведение дополнительных исследований по определению их параметров применительно к данной охранной конструкции.

ВЫВОДЫ. В результате проведенных исследований были определены параметры способа охраны подготовительных выработок породными полосами с ограниченной податливостью.

Установлено, что применение предлагаемых охранных конструкций позволит в 3–4 раза уменьшить необходимый объем породы для выкладки искусственного сооружения по сравнению с традиционной бутовой полосой и уменьшить ее податливость до 8 %.

Для создания устойчивой охранной конструкции, при определенных условиях, достаточно закладки породной полосы шириной 0,4*h* (*h* – высота охранного сооружения) в зависимости от несущей способности стенок из мешков с породой. Получены зависимости ширины породной конструкции от угла внутреннего трения, реакции ограничивающего элемента и высоты охранного сооружения. С увеличением угла внутреннего трения закладочного материала ширина породной полосы уменьшается, а при увеличении высоты породной полосы – увеличивается.

Полученные результаты позволили определить параметры рассматриваемого средства охраны выемочных выработок, подтвердить его эффективность и могут быть использованы в дальнейшем для совершенствования предлагаемой конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодянкин А.В., Гапеев С.Н. Обеспечение устойчивости сопряжений протяженных выработок шахт // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2012. – Вип. 5/2011 (70). – С. 100–105.

2. Мартовицкий А.В. Исследования геомеханических процессов и влияния шага обрушения основной кровли лавы на состояние породного массива в окрестности подготовительной выработки // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2012. – Вип. 3/2012 (74). – С. 80–83.

3. Якоби О. Практика управления горным давлением.– М.: Недра, 1987. – 566 с.

4. Определение рациональных параметров породно-анкерных и охранных конструкций на сопряжении лавы с выемочным штреком / А.П. Круковский, С. А. Курносов, В. В. Круковская и др. // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2016. – Вип. 4/2016 (99). – С. 54–60.

5. Hua X.Z., Zhao S.H., Zhu H. Research on combined support technique of gob-side entry retaining // Rock and Soil Mechanics. – 2006. – Vol. 27 (12). – PP. 2225–2228.

6. Опыт применения сборной охранно-изолирующей полосы из быстротвердеющей бетонной смеси «Текхард» / С.А. Курносов, В.В. Задерій, А.А. Цикра [и др.] // Геотехническая механика: Межвед. сбор. научн. трудов. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2013. – Вып. 112. – С. 267–280.

7. Ning J.G., Wang J., Liu X.S., Qian K., Sun B. Soft-strong supporting mechanism of gob-side entry retaining in deep coal seams threatened by rockburst // International Journal of Mining Science and Technology. – 2014. – Vol. 24. – PP. 805–806.

8. Негрей С.Г. Исследование напряженно-деформированного состояния бутовых опор // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк, 2016, № 1(38). – С. 9–16.

9. Негрей С.Г. Усовершенствование технологии охраны подготовительных выработок породными стойками // Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк. – 2014. – № 1 (34)–2 (35). – С. 181–186.

10. Демин В.Ф., Тулепов Н.Н., Демин В.В. Обоснование эффективного способа охраны выемочных выработок при отработке маломощных пластов // Труды университета. – Караганда: КарГТУ, 2006. – № 4. – С. 45–50.

DETERMINATION OF PARAMETERS OF ROCK BANDS WITH LIMITED SUPPLENESS

S. Nehrii, T. Nehrii

Public higher education institution «Donetsk National Technical University»

pl. Shibankova, 2, Pokrovsk, Donetsk region, 85300, Ukraine. E-mail: serhii.nehrii@donntu.edu.ua

Purpose. Parameter determination of the protection method of the rock band with limited suppleness considering the main influencing factors for operational and safe conditions of mine workings, which are protected behind the longwall. **Methodology.** Laboratory studies on the structural models; analytical and experimental method, which is based on the points of the mechanics of granular media have been used. **Results.** The parameters of the new method of the mine workings protection of rock bands with limited suppleness depending on the main influencing factors have been determined. **Originality.** A new resource-efficient method to protect the mine workings has been suggested. **Practical value.** Implementation of a new method of protection will provide operational and safe conditions of opening mine

workings. **Conclusions.** It has been found that the suggested method requires 3-4 times less rocks than for gob pack and its suppleness can be up to 8 %. The dependences of the width of the rock construction from the main influencing factors have been obtained. The results can be used in the future to improve this method. References 10, figures 10.

Key words: maintenance of mine workings, collapse, injuries, the protection methods, rock bands, structural modeling, suppleness.

REFERENCES

1. Solodyankin, O. and Gapeev, S. (2011). *Obespechenye ustoychyvosty sopryazhenyy protyazhennыkh vyrabotok shakht* [“Stability support of the longwall mining workings”], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss. 5 (70), pp. 100–105.

2. Martovitskiy, A. (2012). *Yssledovanyya heomekhanycheskykh protsessov y vlyyanyya shaha obrushenyya osnovnoy krovly lavy na sostoyanye porodnoho massyva v okrestnosty podhotovytel'noy vyrabotky* [“Research of geomechanical processes and effecting of the caving step of face handing wall on the rock mass condition in vicinity of preliminary development”], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss. 3 (74), pp. 80–83.

3. Jacobi, O. (1987). *Praktyka upravlenyya hornym davlenyem* [Practice of control by mountain pressure], Nedra, Moscow, USSR.

4. Krukovskyi, A., Kurnosov, S., Krukovska, V., Averkin, D. and Zaderiy, V. (2016). *Opredelenye ratsyonal'nykh parametrov porodno-ankernykh y okhrannykh konstruktsyy na sopryazhenyy lavy s vyemochnыm shtrekom* [“Determination of rational parametres for the rock-bolting and protective structures in the face end”], *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss. 4 (99), pp. 54–60.

5. Hua, X.Z., Zhao, S.H. and Zhu, H. (2006). “Research on combined support technique of gob-side entry retaining”, *Rock and Soil Mechanics*, vol. 27, pp. 2225–2228.

6. Kurnosov, S., Zaderiy, V., Tsikra, A., Averkin, D., Filimonov, P., Vasilyev, A., Vasilyev, V. and Peretyatko, D. (2013). *Opyt prymenenyya sbornoy okhranno-yzolyruyushchey polosy yz bystrotverdeyushchey betonnoy smesy Tekkhard* [“An application experience of brick-assembly supporting and sealing wall with «Tekhard»quick-hardening concrete blend], *Geo-Technical Mechanics*, no. 112, pp. 267–280.

7. Ning, J.G., Wang, J., Liu, X.S., Qian, K. and Sun, B. (2014). “Soft-strong supporting mechanism of gob-side entry retaining in deep coal seams threatened by rockburst”, *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 24, pp. 805–806.

8. Nehrii, S. (2016) *Yssledovanye napryazhenno-deformyrovannoho sostoyanyya butovykh opor* [“Study of stress-strain state of rock supports”], *Proceedings of the Donetsk Institute of Mining*, iss. 1 (38), pp. 9–16.

9. Nehrii, S. (2014). *Usovershenstvovanye tekhnolohyy okhranы podhotovytel'nыkh vыrabotok porodnыmy stoykamy* [“Enhancement the technology of maintenance mine workings using rocks racks”], *Proceedings of the Donetsk Institute of Mining*, iss. 1 (34)–2 (35), pp. 181–186.

10. Dyemin, V. F., Tulepov, N. N. and Dyemin, V. V. (2006). *Obosnovanye effektyvnoho sposoba okhrany vyemochnykh vyrabotok pry otrabotke malomoshchnykh plastov* [“Substantiating Effective Ways of Protecting Excavating Openings in Thin Layers Developing]”, *Proceedings of the University*, iss. 4, pp. 45–50.

Стаття надійшла 18.12.2016.