

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



Присвячується **90** річчю Гірничого факультету
ДонНТУ

ВІСТІ

ДОНЕЦЬКОГО ГІРНИЧОГО ІНСТИТУТУ

Всеукраїнський науково-технічний

журнал гірничого профілю

Виходить 2 рази на рік

Засновано у липні 1995 року

1(32)2013

ДОНЕЦЬК – 2013

УДК 622

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 3 від 22.03.2013).

В журналі публікуються наукові статті з питань підземної розробки: геомеханіки, гірського тиску, стійкості виробок, технології проведення підготовчих виробок, проходки вертикальних стволів, буріння гірських порід; проектування гірничого обладнання; комплексу робіт при ліквідації шахт; обґрунтування та рішення техніко-економічних проблем.

Журнал розрахований на наукових співробітників, інженерно-технічних робітників шахт, проектних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів гірничого напрямку.

Засновник та видавець - Донецький національний технічний університет

Редакційна колегія: Башков Є.О., д-р техн. наук, проф.(головний редактор); Александров С.М., д-р техн. наук, проф. (заст. головного редактора); Булгаков Ю.Ф., д-р техн. наук, проф. (заст. головного редактора); Подкопаєв С.В., д-р техн. наук, проф. (відповідальний секретар); Шашенко О.М., д-р техн. наук, проф.; Усаченко Б.М., д-р техн. наук, проф.; Касьян М.М., д-р техн. наук, проф.; Грищенко М.М., д-р техн. наук, проф.; Садовенко І.О., д-р техн. наук, проф.; Борщевський С.В., д-р техн. наук, проф.; Костенко В.К., д-р техн. наук, проф.; Мартякова О.В., д-р екон. наук, проф.; Агафонов О.В., д-р техн. наук, проф.; Саммаль А.С., д-р техн. наук, проф.; Прокопов А.Ю., д-р техн. наук, доц.

Адреса редакційної колегії: Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, ДВНЗ «ДонНТУ», 9-й учбовий корпус. Тел.: (062) 301-09-05.

Журнал зареєстрований в Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво: серія КВ, №7378 від 03.06.2003.

Журнал включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (додаток до постанови президії ВАК України №1-05/1 від 10. 02. 2010, надруковано в бюлетені ВАК №3, 2010).

ISSN 1999-981X

© ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2013

УДК. 622.831.27

И.И. КЛОЧКО (д-р.техн.наук.проф.)

Н.И. ЛОБКОВ (

Донецкий национальный технический университет, Донецк

ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНОГО ПРОЛЕТА ПОРОДНОГО СЛОЯ НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

В представленной статье приведено обоснование и расчет предельного пролета слоев кровли при ведении очистных работ. На основе анализа строения вмещающего массива определены параметры области полных сдвижений кровли. Приведен метод определения породных слоев, формирующих горное давление.

Ключевые слова: породный слой, вмещающий массив, горное давление, предельный пролет, обрушение кровли, изгиб слоев, выработанное пространство.

Введение. Как известно, строение породного массива кровли разрабатываемого пласта определяет характер проявления горного давления в очистных забоях, интенсивность смещения и обрушения кровли в призабойном пространстве лав. Наличие в непосредственной близости от пласта одного или нескольких мощных и прочных породных слоёв ведет к увеличению скорости и величины смещения боковых пород, давления на призабойную крепь и кромку пласта. Их максимальный прогиб и обрушение часто приводит к завалам лав, поломкам забойного оборудования. Наиболее интенсивно это проявляется в период первичной посадки основной кровли.

Установленные закономерности взаимодействия слоев кровли над выработанным пространством и механизмы формирования опорного давления и разрушающих напряжений [1-5], позволяют рассчитать шаг первичной посадки основной кровли на стадии проектирования очистных работ в выемочном поле лавы. Основными физико-механическими параметрами, определяющими часть массива, приходящего в движение над выработанным пространством являются прочностные характеристики пород, углы наклона линий обрушения и изгиба породных слоёв над призабойным пространством. Схема сдвижения пород, построенная с использованием указанных линий изгиба и обрушения, ограничивает число слоёв, участвующих в процессе сдвижения и формирования опорного давления до первичной посадки кровли. Прочностные характеристики пород, позволяющие оценить несущую способность каждого породного слоя, прогибающегося над выработанным пространством, могут быть взяты из справочника [6].

Количество и мощность слоев, участвующих в сдвижении над выработанным пространством лавы определяются из геологического разреза, построенного по геологоразведочным скважинам.

Для построения геологического разреза на участке выемочного поля лавы, где планируются очистные работы, на плане горных выработок фиксируются ближайшие геологоразведочные скважины (Рис. 1) и по ним строится геологический разрез вдоль выемочного поля. Согласно рисунка 1 геологический разрез строится по линии, условно проведенной между скважинами С - 844 и С – 848 (пример).

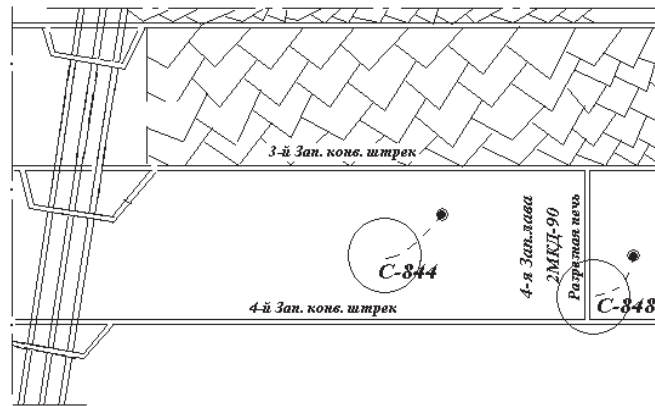


Рис.1. Выкопировка из плана горных работ 4-й Западной лавы Восточной панели.

Характеристика каждого породного слоя кровли берется из описания пород по геологоразведочным скважинам, из каталога [6;8] и приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика породных слоев

| № слоя | Порода | Мощность слоя, м | Прочностные характеристики | | | | | |
|--------|------------------|------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| | | | $\sigma_{сж}$, МПа | σ_p , МПа | Модуль упругости, МПа $E \cdot 10^{-4}$ | Коеф. боков. распора, λ | Эффективная поверхностная энергия, Дж/м ² | Объем. вес пород МН/м ³ , γ |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 20 | Песчаник | 1,70 | 90 | 9 | 5,1 | 0,4 | 3,6 | 0,0275 |
| 19 | Сланец песчаный | 5,60 | 80 | 9 | 4,4 | 0,4 | 4,1 | 0,0240 |
| 18 | Песчаник | 4,70 | 90 | 9 | 5,1 | 0,4 | 3,6 | 0,0275 |
| 17 | Песчаник | 33,78 | 120 | 10 | 5,2 | 0,4 | 3,6 | 0,0275 |
| 16 | Сланец песчаный | 24,09 | 90 | 9 | 4,4 | 0,4 | 4,1 | 0,0240 |
| 15 | Песчаник | 31,28 | 120 | 10 | 5,2 | 0,4 | 3,6 | 0,0275 |
| 14 | Сланец песчаный | 19,60 | 80 | 9 | 4,4 | 0,4 | 4,1 | 0,0240 |
| 13 | Сланец глинистый | 16,26 | 70 | 7 | 3,9-5,1 | 0,3 | 4,2 | 0,0252 |
| 12 | Известняк | 0,2 | 100 | 11 | 5,8 | 0,45 | 3,5 | 0,0265 |
| 11 | Сланец песчаный | 24,12 | 90 | 9 | 4,4 | 0,4 | 4,1 | 0,0240 |
| 10 | Сланец глинистый | 7,72 | 70 | 7 | 3,9-5,1 | 0,3 | 4,2 | 0,0252 |
| 9 | Уголь | 0,25 | 29 | 2 | | 0,2 | | 0,023 |
| 8 | Сланец песчаный | 13,04 | 90 | 9 | 4,4 | 0,4 | 4,1 | 0,0240 |
| 7 | Сланец глинистый | 5,10 | 70 | 7 | 3,9-5,1 | 0,3 | 4,2 | 0,0252 |
| 6 | Известняк | 0,6 | 100 | 12 | 5,8 | 0,45 | 3,5 | 0,0265 |

| | | | | | | | | |
|---|---------------------|-------|----|----|---------|------|-----|--------|
| 5 | Сланец песчаный | 17,29 | 90 | 9 | 4,4 | 0,4 | 4,1 | 0,0240 |
| 4 | Сланец глинистый | 21,59 | 70 | 7 | 3,9-5,1 | 0,3 | 4,2 | 0,0252 |
| 3 | Известняк | 0,10 | 90 | 10 | 5,8 | 0,45 | 3,5 | 0,0265 |
| 2 | Сланец глинистый | 5,70 | 60 | 6 | 3,9-5,1 | 0,3 | 4,2 | 0,0252 |
| 1 | Сланец песчаный | 11,85 | 70 | 8 | 4,4 | 0,4 | 4,1 | 0,0240 |
| | Уголь | 1,30 | 30 | 2 | | | | 0,023 |

По данным таблицы 1 строится геологический разрез (рис.2) по скважинам С-844-С-848.

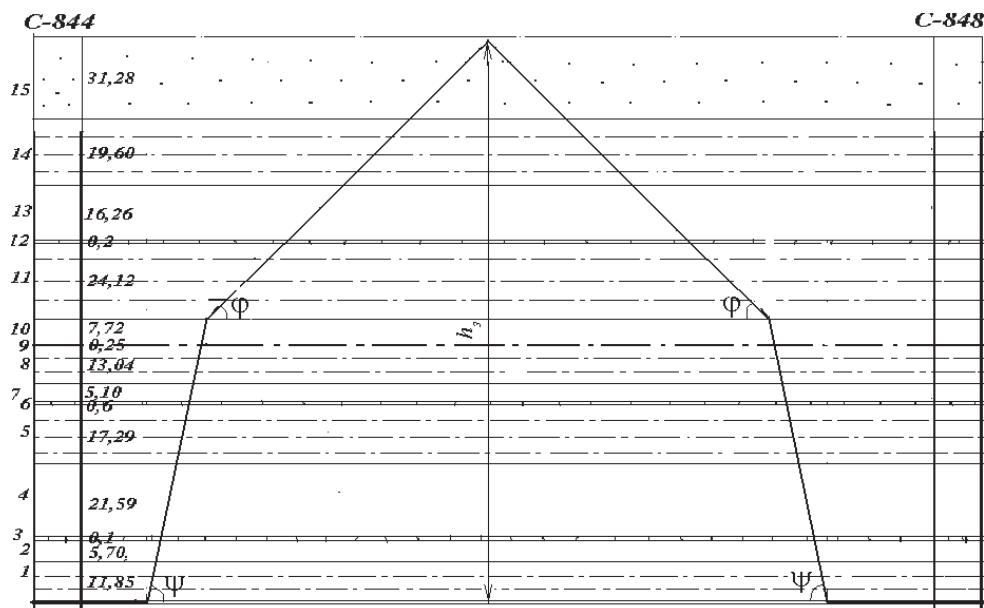


Рис. 2. Геологический разрез по скважинам С-844 – С-848

Ориентировочный предельный пролет породного слоя перед обрушением определяется из [2]:

$$l_{np} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{сж} h}{7\sigma_p}\right)^2 + \frac{h}{\gamma}(\sigma_{сж} - 2\lambda\gamma H)} - \frac{\sigma_{сж} h}{7\sigma_p}, \text{ м} \quad (1)$$

где h – мощность рассчитываемого слоя, м;
 $\sigma_{сж}$ и σ_p – предел прочности породы соответственно на сжатие и растяжение, МПа;

λ – коэффициент бокового распора;

γ – удельный вес породы, МН/м³;

H – глубина залегания слоя, м.

Для породного слоя №1 (рис. 3 разрез 1-1):

$$l_{np.1} = \sqrt{\left(\frac{70 \cdot 11,85}{7,8}\right)^2 + \frac{11,85}{0,024} (70 - 2 \cdot 0,4 \cdot 0,024 \cdot 1081)} - \frac{70 \cdot 11,85}{7,8} = 137 \text{ м}$$

Результаты расчетов для условий (рис. 2) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Таблица расчета предельных пролетов породных слоев кровли

| № слоя | Породные слои | Мощность слоя, м | Расстояние от пласта, м | l_{np} , м | l_i^e , м | $\frac{l_i^e}{l_i^H}$, м | Группы слоев |
|--------|------------------|------------------|-------------------------|--------------|-------------|---------------------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 20 | Песчаник | 1,7 | 242,87 | 67 | 66 | | 5 группа |
| 19 | Сланец песчаный | 5,6 | 237,27 | 111,7 | 109 | | |
| 18 | Песчаник | 4,7 | 232,57 | 111 | 109 | | |
| 17 | Песчаник | 33,78 | 198,79 | 314 | 299 | | 4 группа |
| 16 | Сланец песчаный | 24,09 | 174,7 | 231 | 220 | 299 | |
| 15 | Песчаник | 31,28 | 143,42 | 307 | 293 | > 293 | 4 группа |
| 14 | Сланец песчаный | 19,6 | 123,82 | 195 | 186 | 293 | 3 группа |
| 13 | Сланец глинистый | 16,26 | 107,56 | 168 | 161 | > | |
| 12 | Известняк | 0,2 | 107,36 | 24 | 23 | 217 | |
| 11 | Сланец песчаный | 24,12 | 83,24 | 228 | 217 | | 2 группа |
| 10 | Сланец глинистый | 7,72 | 75,52 | 119 | 115 | | |
| 9 | Уголь | 0,25 | 75,27 | | | | |
| 8 | Сланец песчаный | 13,04 | 62,23 | 173 | 167 | 217 | |
| 7 | Сланец глинистый | 5,1 | 57,13 | 107 | 105 | > | |
| 6 | Известняк | 0,6 | 56,53 | 42 | 42 | 180 | |
| 5 | Сланец песчаный | 17,29 | 39,24 | 97 | 90 | | 1 группа |
| 4 | Сланец глинистый | 21,59 | 17,65 | 189 | 180 | | |
| 3 | Известняк | 0,1 | 17,55 | 16 | 15 | 180 | |
| 2 | Сланец глинистый | 5,7 | 11,85 | 92 | 90 | > | |
| 1 | Сланец песчаный | 11,85 | 0 | 137 | 132 | 132 | 1 группа |
| | Уголь | 1,3 | | | | | |

Сравнение величины предельного пролета верхней кромки рассчитываемого породного слоя кровли l_i^e с предельным пролетом нижней кромки вышележащего l_{i+1}^H , определяет характер поведения породных слоев над выработанным пространством. При $l_i^e > l_{i+1}^H$ верхний слой обрушаясь, служит пригрузкой нижележащему. В случае $l_i^e < l_{i+1}^H$, верхний слой не обрушается после обрушения нижележащего и является самостоятельным несущим слоем.

$$l_i^e = l_{i+1}^H - \frac{2h_i}{\operatorname{tg} \psi}, \text{ м}$$

$$l_i^e = l_i^H - \frac{2h_i}{\operatorname{tg} \varphi}, \text{ м} \quad (2)$$

где l_i^e - предельный пролет верхней кромки рассчитываемого слоя, м;

$l_i^H = l_{\text{пр}}$ - предельный пролет нижней кромки рассчитываемого слоя, м;

i - номер слоя, изменяющийся от 1 до n ;

$\psi = 76 \dots 80^\circ$ - угол наклона линии обрушения слоя;

$\varphi = 46 \dots 50^\circ$ - угол наклона линии изгиба слоя.

$$l_1^e = 137 - \frac{2 \cdot 11,85}{\operatorname{tg} 78^\circ} = 132 \text{ м}$$

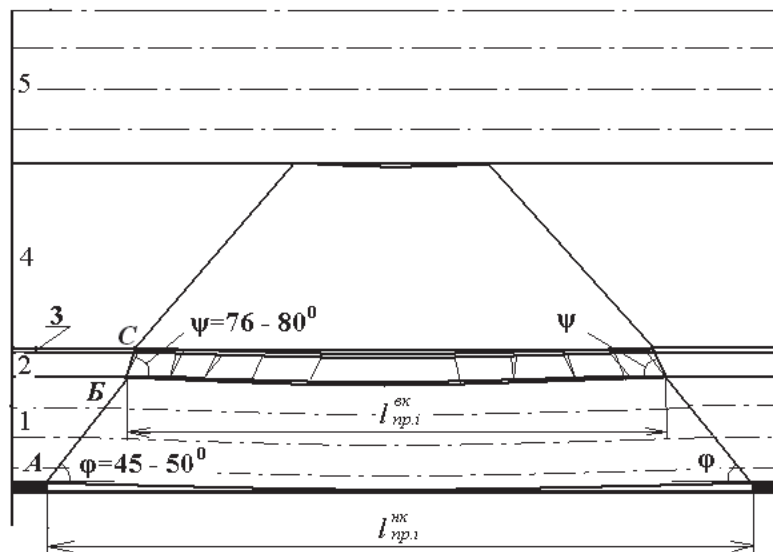


Рис. 3 Схема образования слоев пригрузки: 1 – изгибающийся слой; 2, 3 – слои пригрузки; 4,5 – несущие слои.

Результаты расчетов пролетов верхних кромок остальных слоев приведены в таблице 2.

Под основной кровлей понимается мощный и прочный породный слой, залегающий как непосредственно над пластом, так и на удалении от него. Опыт работы шахт Донбасса показывает наличие интенсивных смещений и обрушений кровли, представленной мощными породными слоями, приводящих к завалу лав в период ее обрушения. Количество таких смещений кровли зависит от числа мощных и прочных породных слоев, залегающих над пластом, в зоне сдвижения. При работе одиночной лавы максимальная высота зоны сдвижения (h_3) будет достигнута при отходе лавы от разрезной печи на величину равную длине лавы (200м) и при дальнейшем подвигании лавы высота зоны сдвижения не изменится. В случаях последовательной отработки второй, третьей и более лав размеры зоны сдвижения будут расти в соответствии с увеличением размеров выработанного пространства, и достигнут поверхности. Наличие в кровле мощных и прочных породных слоев будет формировать интенсивное сдвижение породы в призабойном пространстве.

Сравнивая величину предельного пролета нижней кромки первой группы слоев с длиной выработанного пространства, равной длине лавы, определяем, что породы первой группы слоев при таком отходе лавы обрушились. На рисунке 3

изображаем первую группу слоев с углом обрушения $\psi = 78^\circ$ и определяем размер верхней кромки первой группы слоев из выражения (2)

$$l_{1.гп}^6 = 200 - \frac{2 \cdot (11,85 + 5,7 + 0,1)}{\operatorname{tg} 78} = 192,5 \text{ м}$$

Сравнивая полученную величину с предельным пролетом второй группы слоев

$$l_{1.гп}^6 > l_{2.гп}^H \quad (192,5 > 136)$$

убеждаемся в том, что вторая группа слоев тоже обрушается при таком отходе лавы. На схеме сдвижения вторую группу слоев оконтуриваем линиями обрушения. Из выражения (2) определим размер верхней кромки второй группы слоев.

$$l_{2.гп}^6 = 192,5 - \frac{2 \cdot (21,59 + 17,29 + 0,6 + 5,1)}{\operatorname{tg} 78} = 173,5 \text{ м}$$

Сравнивая полученную величину с предельным пролетом третьей группы слоев

$$l_{2.гп}^6 > l_{3.гп}^H \quad (173,5 > 149)$$

убеждаемся в том, что третья группа слоев тоже обрушается при таком отходе лавы. На схеме сдвижения третью группу слоев тоже оконтуриваем линиями обрушения. Из выражения (6) определим размер верхней кромки третьей группы слоев.

$$l_{3.гп}^6 = 173,5 - \frac{2 \cdot (13,04 + 0,25 + 7,72)}{\operatorname{tg} 78} = 164,4 \text{ м}$$

Сравнивая полученную величину с предельным пролетом четвертой группы слоев

$$l_{3.гп}^6 > l_{4.гп}^H \quad (164,4 < 200)$$

убеждаемся в том, что четвертая группа слоев не обрушается, а прогибаясь в пределах упругости, зависает над выработанным пространством. Определим размер верхней кромки четвертой группы слоев, где вместо угла наклона линии обрушения применим угол наклона линии изгиба слоя $\varphi = 45 \dots 50^\circ$ [2].

$$l_{4.гп}^6 = 164,4 - \frac{2 \cdot (24,02 + 0,2 + 16,26)}{\operatorname{tg} 45} = 83,4 \text{ м}$$

Сравнивая полученную величину с предельными пролетами вышележащих групп слоев, убеждаемся, что все вышележащие группы слоев прогибаются в пределах упругости. В этих слоях продлеваем линии изгиба до пересечения. Количество обрушенных и прогнувшихся групп слоев, высота зоны сдвижения ограничиваются точкой пересечения линий изгиба.

Анализ зоны сдвижения позволяет установить, что в ее состав входят три группы обрушившихся породных слоев. При обрушении каждой группы создается в динамическом режиме пригрузка на призабойную часть пласта и призабойную крепь. Для данных условий (Рис. 2) произойдут три первичные посадки основной кровли.

Выводы. Наличие во вмещающем массиве кровли пласта нескольких мощных слоев прочных пород делит кровлю на группы слоев, где присутствует несущий слой и слои пригрузки.

Область полных сдвижений ограничивается линиями изгиба и обрушения пород, наклоненными к плоскости залегания пласта под углами $\varphi = 45...50^\circ$ и $\psi = 76...80^\circ$ соответственно.

Породные слои, входящие в область полных сдвижений, формируют величину горного давления на краевую часть угольного пласта и определяют предельный пролет несущих слоев в группе.

Список использованной литературы

1. Турчанинов И.А. Основы механики горных пород / И.А. Турчанинов, М.А. Иофис, Э.В. Каспарьян. – Л.: Недра, 1989. – 488 с.
2. Носач А.К. Процеси підземних гірських робіт в очисних вибоях. Учебний посібник для вузів у питаннях та відповідях / А.К. Носач, М.І. Лобков. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2001. – 180 с.
3. Лобков Н.И. Исследование сдвижения породных слоев над очистными выработками пологих пластов / Н.И. Лобков. – В сб. трудов международной научно-техн. конференции “Проблемы механики горно-металлургического комплекса”. – Днепропетровск: НТУ. – 2002. – с.175-176.
4. Лобков Н.И. Определение разрушающих напряжений от прогиба слоев над выработанным пространством: в сб. Физико-технические проблемы горного производства. – Вып. №10 / Н.И. Лобков, А.И.Сергиенко, Л.В. Сергиенко, В.М Куцерубов, Е.Н. Халимендиков. // [Под общей редакцией А.Д. Алексеева]. – Донецк: ИФГП НАНУ, 2007. – С. 119-127.
5. Лобков Н.И. Развитие научных основ прогноза сдвижения кровли в выемочном поле лавы пологого пласта – дис. на соискание ученой степени докт. техн. наук: 05.15.02 / Лобков Николай Иванович. Донецк, 2005. – 313 с.
6. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород. – М.: Недра, 1975. – 279 с.
7. Методичні вказівки з прогнозування первинного обвалення основної покрівлі в лавах положистих пластів Донбасу. – Донецьк: ІФГП НАН України, 2008. – 15 с. – (Нормативний документ Мінвуглепрому України. Методичні вказівки).
8. Методические указания по определению эффективной поверхностной энергии горных пород / [А.Д. Алексеев, В.Н. Ревва, Л.Л. Бачурин и др.]. – Донецк: ИФГП НАН Украины, 2009. – 7 с.

Надійшла до редакції 26.03.2013

І.І.Клочко, Н.І.Лобков

В роботі приведено обґрунтування та розрахунок граничного прольоту шарів покрівлі при веденні очисних робіт. На підставі аналізу будови вмещаючого масиву визначено параметри області повних зсувів покрівлі. Приведено метод визначення породних шарів, які формують гірничий тиск.

Ключові слова: породний шар, гірничий масив, гірничий тиск, граничний прогін, обвалення покрівлі, вигін шарів, вироблений простір.

I.I.Klochko, N.I.Lobkov

Justification and calculation of limit distance of roof layers is given in article. On the basis of the structure analysis of the area full massif parameters of roof displacement are determined. The method of layers definition which form mine pressure is given.

Keywords: rook layers, mine pressure, mine massif, bringing down of roof.

Наукове видання

Вісті Донецького гірничого інституту
Всеукраїнський науково-технічний журнал
гірничого профілю
(українською, російською мовами)

1(32)2013

Відповідальний за випуск *С. В. Подкопаєв*

Редактор *А. В. Зиль*

Технічний редактор *Г. А. Федоренко*

Комп'ютерна верстка *А. В. Петренко*

Адреса видавця: Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, ДВНЗ «ДонНТУ»,
9-й учбовий корпус. Тел.: (062) 301-09-67.

Підписано до друку 23.03.2013. Формат 60×84 ¹/₈. Папір офсетний. Друк різнографічний.
Ум. друк. арк. 35.3. Обл. вид. арк. 18.3 Тираж 100 прим.

Видавець та виготовлювач:

ДВНЗ «ДонНТУ»

83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 9-й учбовий корпус

Свідоцтво про державну реєстрацію:

серія ДК №2982 від 21.09.2007.