

УДК 622.016.3.112.3

**Н.Н.КАСЬЯН**, д-р техн. наук, профессор, *sahno\_i@mail.ru*

**И.Г.САХНО**, канд. техн. наук, доцент, *sahno\_i@mail.ru*

**А.О.НОВИКОВ**, канд. техн. наук, доцент, *sahno\_i@mail.ru*

**Н.А.ОВЧАРЕНКО**, аспирант

*Донецкий национальный технический университет*

**N.N.KASYAN**, Dr. in eng. sc., professor, *sahno\_i@mail.ru*

**I.G.SAHNO**, PhD in eng. sc., associate professor, *sahno\_i@mail.ru*

**A.O.NOVIKOV**, PhD in eng. sc., associate professor, *sahno\_i@mail.ru*

**N.A.OVTCHARENKO**, post-graduate student

*Donetsk National Technical Universiti*

## **РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НОВОГО СПОСОБА ПЕРЕКРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК**

Приведены результаты лабораторных и аналитических исследований, посвященных разработке нового малозатратного способа перекрепления горных выработок, исключающего излишний выпуск породы, методика расчета параметров способа.

**Ключевые слова:** ремонт горной выработки, невзрывчатые разрушающие вещества, саморасширение, укрепление пород.

## **CALCULATION OF PARAMETERS OF NEW METHOD OF REPAIR OF MAKING**

In the article the results of laboratory and analytical researches are resulted devoted development new little expense method of repair of the mountain making, eliminating the superfluous issue of breed, the developed method is broadly speaking presented, and also the method of calculation of his parameters is resulted.

**Key words:** oversupport of heading, inexplosive destroying matters, selfexpansion, strengthening of breeds.

Увеличение глубины разработки угольных пластов, развитие на них очистных работ приводит к интенсивному воздействию горного давления на устойчивость подземных выработок через различные формы его проявления, которые зависят от совокупности влияния целого ряда горно-геологических и горно-технических факторов, присущих условиям каждой шахты. Несмотря на снижение протяженности горных выработок угольных шахт Украинского Донбасса в связи с интенсивным их закрытием за последние годы в (1990-2002 гг.), увеличение затрат на ремонт выработок, состояние выработок не улучшается. В среднем 15 % из них на конец каждого года не удовлетворяет эксплуатационным

требованиям. Одной из основных причин такого положения является высокая трудоемкость работ по содержанию выработок при весьма низком (1,5-2 %) уровне их механизации [7]. Проведение разовых ремонтных работ не всегда обеспечивает сохранность эксплуатационного состояния выработки на оставшийся срок ее эксплуатации. Во многих случаях эти работы проводятся повторно [5].

Выполненный анализ показывает, что широко применяемая в настоящее время «традиционная» технология перекрепления горных выработок не предупреждает излишний выпуск породы и не обеспечивает безопасные условия труда при производстве работ. Разработанные технологии перекреп-

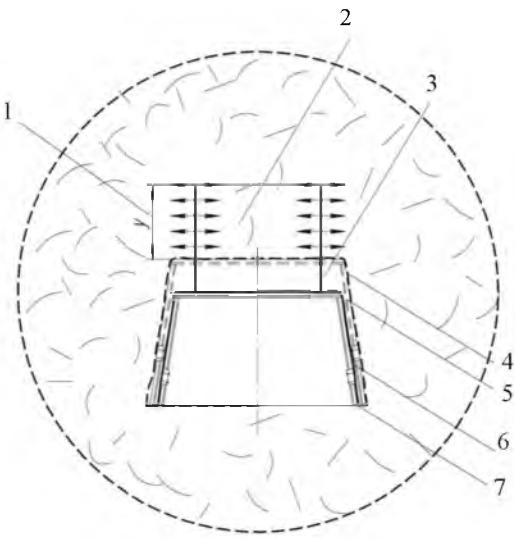


Рис.1. Способ перекрепления выработки

1 – упрочняемая зона пород; 2 – разрушенные горные породы; 3 – шпуры; 4 – проектный контур выработки; 5 – крепление по проектному контуру; 6 – фактический контур выработки; 7 – деформированная рама крепи

ления выработок с использованием предварительного укрепления вмещающих пород вяжущими или механического подпора не нашли широкого применения из-за нетехнологичности, многооперационности, высокой стоимости и трудоемкости. Несмотря на важность проблемы, за последние 20 лет выполнено крайне мало исследований, посвященных вопросам разработки новых и модернизации известных технологических схем выполнения ремонтных работ. В этой связи разработка высокоеффективной и малозатратной технологии перекрепления выработок без излишнего выпуска породы и обоснование ее параметров является весьма актуальной задачей для угольной промышленности Украины. Такая технология, основанная на сжатии разрушенных пород, разработана в ДонНТУ [6] и доведена до промышленного внедрения [2].

Принципиальная схема предлагаемого способа перекрепления представлена на рис.1. Обеспечение устойчивости пород в пределах зоны возможного вывала достигается путем повышения трения между породными фрагментами за счет их сжатия, реализуемого в результате увеличения в объеме невзрывчатых разрушающих соста-

вов (НРС), нагнетаемых в предварительно пробуренные шпуры. Реализация данного способа позволит предотвратить нежелательный выпуск породы из запроектного контура при демонтаже деформированной рамы крепи, что обеспечит минимальное нарушение сложившегося в окружающем массиве равновесного состояния и способствует повышению устойчивости выработки в послеремонтный период.

Учитывая, что давление расширения современных НРС составляет не менее 80 МПа, что значительно больше требуемого для создания грузонесущих конструкций, были проведены лабораторные исследования, задачей которых являлось исследование влияния состава саморасширяющейся смеси на величину давления самораспора [4]. Для замещения НРС был применен мелкозернистый кварцевый песок  $\text{SiO}_2$  фракцией 0,4-0,8 мм. Была проведена серия опытов при изменении массовой доли песка от 10 до 80 % взамен порошка НРС. Полученные результаты позволили сделать вывод, что при добавлении взамен порошка кварцевого песка происходит плавное снижение давления от саморасширения и замедляются химические реакции.

На рис.2 приведены графики зависимости давления, развиваемого НРС, от процентного состава кварцевого песка при различном ограничении уровня объемной

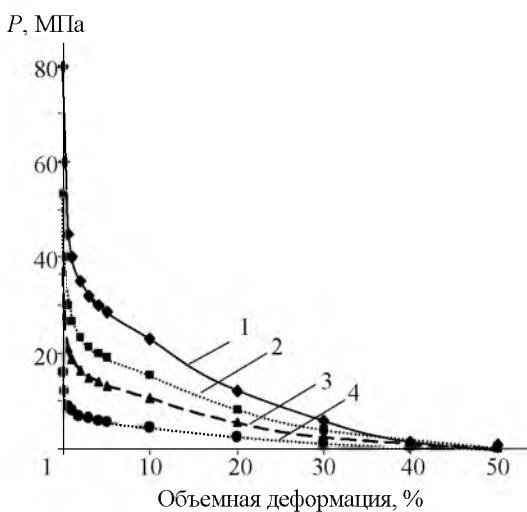


Рис.2. Давление, развиваемое НРС, в зависимости от процентного состава  $\text{SiO}_2$  при ограничении возможности объемной деформации до 5; 10; 20 и 30 % (кривые 1-4)

деформации расширяющегося состава до 5; 10; 20 и 30 % (кривые 1-4).

Основными параметрами нового способа перекрепления выработки являются: расстояние между распорными шпурами; величина распора внутри скважины; величина участка пород, подвергаемого дополнительному распору.

Основным фактором, определяющим параметры способа, является вес пород, находящихся в зоне возможного обрушения за пределами проектного контура ремонтируемой выработки. Высота зоны возможного обрушения пород при перекреплении выработки может быть расчитана по формуле

$$H_B = r_{\text{3pII}} - r_{\text{H}},$$

где  $r_{зрп}$ ,  $r_n$  – соответственно радиус зоны разрушенных пород и начальный радиус выработки, м.

Согласно работе [1] величина  $r_{\text{зрп}}$  может быть определена по зависимости

$$\frac{r_{\text{зрн}}}{r_{\text{н}}} = 1 + 5,7 \left( \frac{\gamma H}{R} - 0,21 \right),$$

где  $\gamma H$  – вертикальные напряжения в горном массиве на глубине  $H$ , МПа;  $R$  – средневзвешенная прочность породного массива на уровне расположения выработки, МПа.

Считая, что возможный вывал породы на высоту  $H_v$  происходит в пределах всей ширины выработки на момент ее перекрпления, вес пород, который необходимо поддерживать, будет равен

$$G = B_\kappa h \gamma,$$

где  $B_k$  – ширина выработки на момент перекрепления, м;  $\gamma$  – объемный вес пород,  $\text{Н}/\text{м}^3$ .

После этого, в зависимости от величины  $B_k$ , принимается расстояние между шпурами  $B$ , в которых будут располагаться распорные элементы. Оно определяется путем деления ширины выработки  $B_k$  на принимаемое количество шпуров.

Далее принимается длина участка  $y$ , на котором в шпурах (скважинах) будет осуществляться распор. Протяженность этого участка должна быть не менее  $1/3$  высоты возможного обрушения пород  $H_b$ .

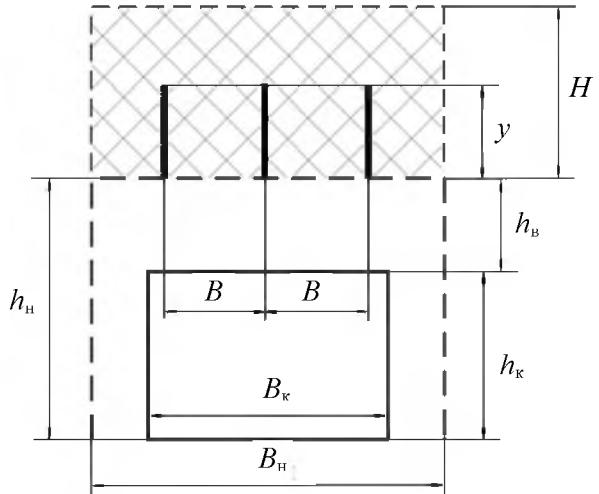


Рис.3. Схема к расчету необходимой длины шпура для размещения распорных элементов

Необходимая длина шпурков рассчитывается следующим образом (рис.3):

$$h_{\text{III}} = (h_{\text{u}} - h_{\text{k}}) + y.$$

Необходимая величина давления в распорных по границам сжимаемой области пород элементах рассчитывается по формуле [3]:

$$q = \frac{G}{k} \left( 0,0155 k_{\text{tp}}^{-0,7} + 0,0008 \ln(n_{\text{6n}}) \right)$$

После этого определяется необходимое давление в распорных шпурах  $q_{ш}$ . Для определения этого параметра необходимо знать закономерности передачи нагрузки от фронта области расширения вглубь массива, что позволит определить искомую зону влияния одного шпурового заряда НРС. Процесс передачи давления, развиваемого саморасширяющимся материалом, через дискретную среду (разрушенные породы) будем рассматривать как соотношение давления  $P_2$ , приложенного по поверхности условного цилиндра радиусом  $R_2$  от действия шпурового заряда НРС  $P_1$  в цилиндрическом шпуре радиусом  $R_1$ . В силу осесимметричности задачу можно свести к плоской (рис.4).

Из соотношения  $P_1 2\pi R_1 = P_2 2\pi R_2$  получаем

$$P_2 = P_1 \frac{R_1}{R_2}.$$

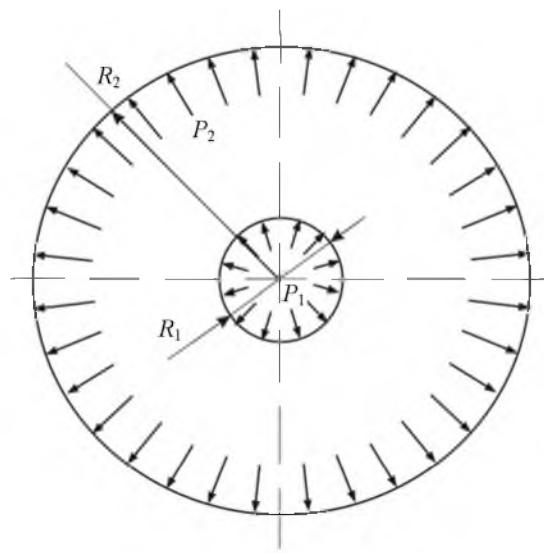


Рис.4. Схема к определению зоны влияния  
шпурового заряда НРС

Зону влияния шпурового заряда определяем как радиус окружности  $R_2$ , по периметру которой давление распора  $P_2$  составляет 5 % от давления внутришпурового заряда НРС  $P_1$ . На следующем этапе определяем необходимое расстояние между распорными шпурами вдоль оси выработки, при котором необходимая величина давления в шпуре  $q_{ш}$  обеспечивает необходимую величину распределенной нагрузки  $q$  на высоту  $u$  по поверхности, ограничивающей участок пород в кровле выработки шириной  $B$ .

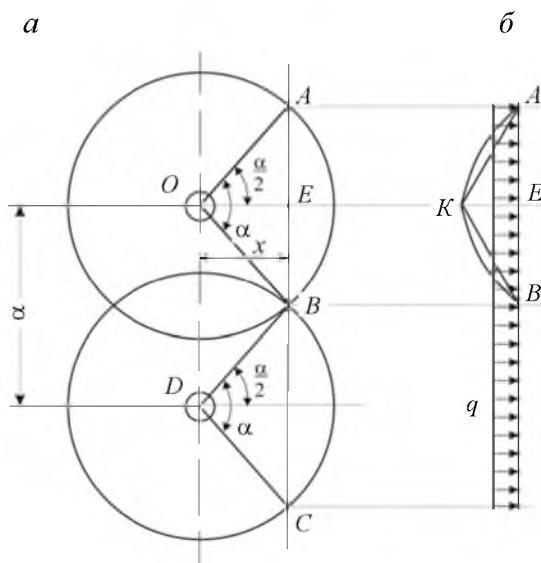


Рис.5. Схема к определению расстояния между распорными шпурами

Положение поверхности, на которой создается необходимое давление  $q$  относительно линии  $OD$ , по которой располагаются распорные шпуры, определим графически (рис.5) из условия, что дуга окружности  $AB$  равна диаметру зоны влияния шпурowego заряда  $D = 2A_2$ ,

$$AB = \frac{\alpha\pi R}{180}.$$

Принимая, что  $AB = D$ ,  $\alpha = 360D/\pi = 114,6^\circ$ . Из условия подобия  $x = R \cos \alpha / 2$ . Исходя из положения, что зоны влияния соседних шпуровых зарядов пересекаются в точке  $B$ , расстояние между распорными шпурами будет равно

$$\alpha = 2R \sin \alpha/2 = D \sin \alpha/2 = 1,6 \cdot 0,84 = 1,34 \text{ m.}$$

Используя полученные результаты, определим зависимость между величиной расположенной нагрузки по линии  $AC$   $q$  и давлением внутришпурового заряда  $q_{ш}$ , исходя из того, что расстояние между шпуровыми зарядами равно 1,34 м, а расстояние между линией расположения шпуров  $OD$  и линией приложения нагрузки  $AC$   $x = R \cos 57,3^\circ = 0,43$  м.

Эпюра нагрузки от шпурового заряда  $O$  (рис.5,  $a$ ) вдоль хорды  $AB$  по форме представляет собой сегмент круга (рис.5,  $\delta$ ). Перейти к равномерно распределенной нагрузке  $q$  по хорде  $AB$  можно путем деления площади сегмента круга по дуге  $AB$  на длину хорды  $AB$ , которая соизмерима с расстоянием между шпуровыми зарядами  $\alpha$ . Исходя из условия симметрии, величину  $q$  можно определить, разделив площадь треугольника  $AKE$  на величину  $\alpha/2$ .

На рис.6 приведен график зависимости равномерно распределенной нагрузки  $q$  по линии  $AC$  (см.рис.5) от величины давления в шпуром заряде  $q_{ш}$ , которая имеет линейный характер. Состав НРС, обесекивающий необходимое давление в шпуром заряде, определяется по рис.2.

Оценка технической и экономической эффективности разработанного способа пекрепления выработки, исключающего неконтролируемый выпуск породы, и методики расчета его параметров, проводилась на

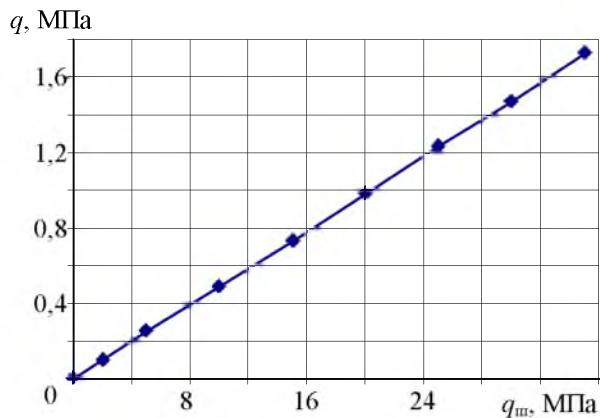


Рис.6. График зависимости величины равномерно распределенной нагрузки  $q$  на границе сжимаемых породных блоков от величины давления в шпуровом заряде  $q_ш$

шахте «Добропольская» ГП «Доброполье-уголь» при ремонте грузового ходка уклона пласта  $m_4^0$ .

Проведенные шахтные испытания предложенного способа перекрепления выработок, исключающего неуправляемый выпуск породы, показали его высокую эффективность. Применение способа позволило полностью исключить неконтролируемый выпуск породы в пределах экспериментального участка и обеспечить устойчивое состояние выработки после ее ремонта [2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Касьян Н.Н. Геомеханические основы управления зоной разрушенных пород вокруг выработок для обеспечения их устойчивости на больших глубинах: дис. ... д-ра техн. наук. Донецк, 2002.

2. Касьян Н.Н. Лабораторные исследования влияния компонентного состава НРВ-80 на его рабочую характеристику при укреплении вмещающего горные выработки массива / Н.Н.Касьян, И.Г.Сахно // Вісник Криворізького технічного університету. 2009. № 23.

3. Кошев K.B. Поддержание, ремонт и восстановление горных выработок / K.B.Кошев, A.G.Томасов. M., 1985.

4. Обґрунтування параметрів нової технології перекріплення виробок за допомогою методу скінчених елементів / М.М.Касьян, М.А.Овчаренко, І.Г.Сахно, Ю.А.Петренко, С.Г.Негрій // Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк, 2008. № 2.

5. Пат. 51574, Україна. Спосіб зміцнення гірських порід / М.М.Касьян, І.Г.Сахно, М.А.Овчаренко, О.А.Новиков, Ю.А.Петренко. Опубл. 26.07.2010. Бюл. № 14.

6. Сургай Н.С. Будет ли третье рождение Донбасса / Н.С.Сургай, Д.П.Иванов, С.П.Фищенко / УкрНИИпроект. Киев, 2002.

7. Шахтные испытания нового способа укрепления разрушенных пород, основанного на применении невзрывчатых разрушающих веществ / Н.Н.Касьян, С.Ю.Гладкий, И.Г.Сахно, Н.А.Овчаренко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: гірниче-геологічна. Донецьк, 2011. Випуск 14 (181).

## REFERENCES

1. Kasyan N.N. The Geomechanical government the area of the blasted breeds bases round making for providing of their stability on no-bottoms: Dis.d-ra tekhn. sciences. Donetsk, 2002.

2. Kasyan N.N., Sakhno I.G. Laboratory research of influence of component composition of NRV-80 on his working description at strengthening containing mountain making array // Announcer of the Krivorizky technical university. 2009. N 23.

3. Koshelev K.V., Tomasov A.G. Maintenance, repair and renewal of mountain making. Moscow, 1985.

4. Kasyan N.N., Ovcharenko N.F., Sakhno I.G., Petrenko Y.A., Negrey S.G. Ground of parameters of new technology of repair of making by the method of complete elements / News of the Donetsk mountain institute. Donetsk, 2008. N 2.

5. Patent 51574, Ukraine. Method of strengthening of mountain breeds / M.M.Kasyan, I.G.Sakhno, M.A.Ovcharenko, O.A.Novikov, Y.A.Petrenko. 26.07.2010. Bul. N 14.

6. Surgay N.S. Whether will Be the third birth of Donbass / N.S.Surgay, D.P.Ivanov, S.P.Fischenko / UkrNIIProekt. Kiev, 2002.

7. Kasyan N.N., Gladkiy S.Y., Sakhno I.G., Ovcharenko N.A. The Mine tests of new method of strengthening of the blasted breeds, based on application of inexpensive destroying matters // Scientific labours of the Donetsk national technical university. Series: Mountain Geological. Donetsk, 2011. Issue 14 (181).