

- расстояние между технологическими скважинами по длине откаточного штрека, определяемое суммированием радиуса обработанной зоны  $R_0$  и необходимого радиуса обрабатываемой зоны  $R_0'$ .

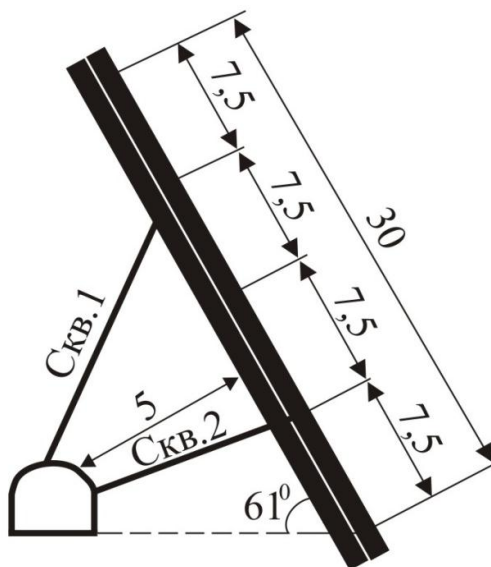


Рис. 4 – Схема определения необходимого радиуса обрабатываемой зоны

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отработка элементов дегазации и снижения газодинамической активности угольного пласта  $l_7^6$  – Пугачевка гидродинамическим способом / Д.М. Житленок, В.И. Гаврилов, А.П. Петух, Е.Г. Барадулин, В.В. Власенко // Підземні катастрофи: моделі, прогноз, запобігання: Матеріали II міжнар. конф., 18–20 трав. 2011 р. – Д.: НГУ, 2011. – С. 78-84.
2. Гидродинамический способ дегазации крутого газонасыщенного угольного пласта потолкоуступной лавы / Д.М. Житленок, О.В. Московский, В.И. Гаврилов [и др.] // Импульсные процессы в механике сплошных сред: Материалы IX Междунар. науч. конф., 15-19 августа 2011 г. – Николаев: ИИПТ, 2011. – С. 301-305.

УДК 622.063.23

Докт. техн. наук, профессор С.В. Борщевский  
магистр Е.Ю. Василенко

(ДонНТУ),

Докт. техн. наук, профессор М.С. Плешко  
(ЮРГТУ(НПИ), Россия)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОНОЛИТНОЙ БЕТОННОЙ КРЕПИ ПУТЕМ АНКЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Запропоновано новий підхід до створення комбінованого кріплення вертикальних стволів з урахуванням взаємодії системи «бетонне кріплення – анкер – породний масив».

#### INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY IMPROVEMENT OF CARRYING CAPACITY SITU CONCRETE ANCHOR FASTEN BY A HARDENING

A new approach to the creation of a combined lining vertical shafts, taking into account the interaction of the "concrete lining - an anchor - rock mass."

На нынешнем этапе эксплуатации Донецкого угольного бассейна практически все вертикальные стволы сооружаются в сложных горно-геологических условиях [1]. Особая сложность горно-геологических условий Донбасса, объясняется повсеместным распространением слабых, слоистых, трещиноватых и в силу этого легко обрушаемых глинистых пород. Проходка стволов в Донбассе усложняется и тем, что стволы пересекают выбросоопасные угольные и породные пласты, и большое число нарушений с сильно перемятыми горными породами.

Несмотря на разнообразие геологических характеристик вмещающих пород, колеблющиеся в больших интервалах водопритоки, достаточно широкий арсенал применяемых типов крепей, технология и схема проходки стволов почти всегда одна и та же, и различия лишь в зависимости от назначения сооружаемого ствола. Применение типов крепей ограничивается, в основном, монолитными крепями. На лицо отсутствие разработок новых облегченных видов крепей с упрочнением пород при подавляющем применении дорогостоящих монолитных, с использованием передвижных металлических опалубок, и штучных видов крепей. Стволы проходят в основном по монотехнологии - совмещенной схеме, исследования по совершенствованию наиболее эффективной параллельной схемы и ее применение на деле очень редки [2].

С целью обоснования способов крепления исследованиям были подвергнуты статистические данные ряда источников (ГОО «Трест Донецкшахтопроходка») о горно-геологических характеристиках породного массива, толщине и виде крепи, темпах проходки по 18 стволам Донецкой области, различного диаметра и глубины. Полученные результаты позволяют утверждать (рис.1), что в качестве крепи вертикальных стволов наиболее широкое распространение получила бетонная крепь.

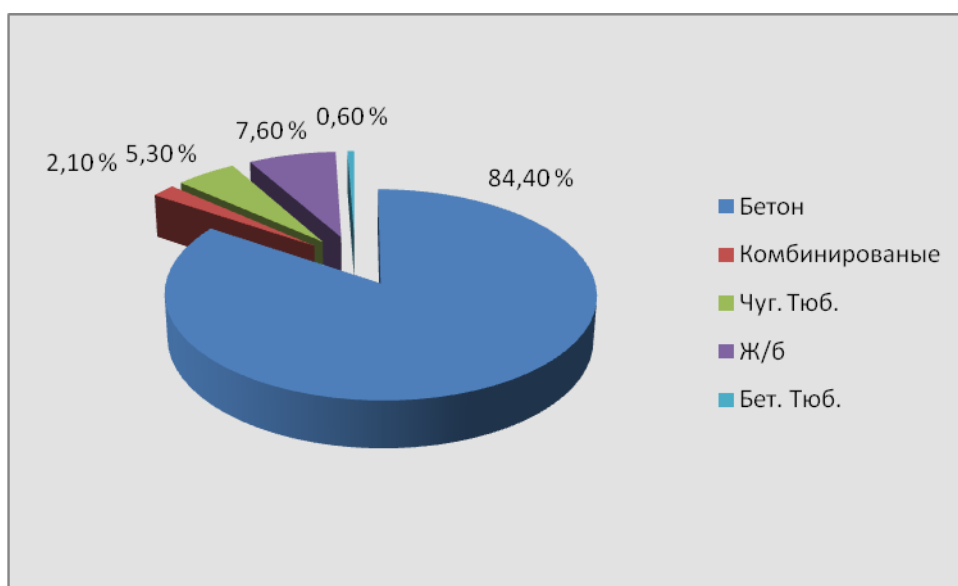


Рис. 1 - Процентное соотношение видов крепи распространенных в Донбассе

Анализ рис. 1, позволяет сделать вывод, что не смотря на то, что комбинированная крепь является более ресурсосберегающей и экономичной, она до сих пор не получила большого распространения, и ее доля составляет не многим более 2%. В то время как увеличение толщины постоянного крепления при сооружении стволов в сложных геологических условиях, не оправдало себя, т.к. толщина бетона более 700мм не увеличивает несущей способности крепи. Данные статистики показывают, что отклонение толщины крепи от проектной величины на практике распространено повсеместно и может достигать 100% и является характерной особенностью принятых технологий в условиях неустойчивых, трещиноватых пород с явно выраженными реологическими свойствами.

Анализ параметров строительства вертикальных стволов в бывшем СССР показывает [3], что наиболее продолжительными, дорогостоящими и трудоемкими периодами их сооружения являются оснащение и проходка (рис. 2), на долю которых приходится 54,2% продолжительности, 61,1% стоимости и 62,55% трудоемкости строительства стволов. С ростом глубины стволов доля периода проходки ствола во всех рассматриваемых технико-экономических показателях пропорционально увеличивается, и при глубинах свыше 700 м преобладает над другими. Кроме того, приняты следующие технологии установки анкерной крепи в стволах:

1. Установка анкерной крепи из забоя ствола перед возведением основной крепи.

2. Установка анкерной крепи с проходческого полка через возведенную монолитную бетонную крепь.

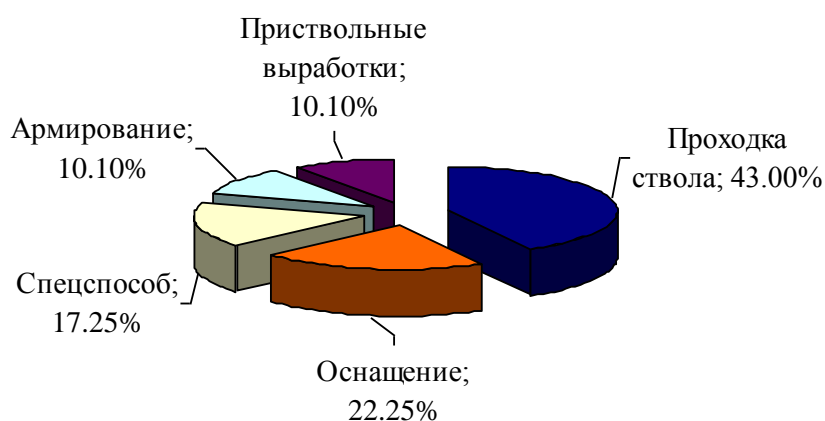


Рис. 2 - Распределение трудозатрат при строительстве вертикального ствола по отдельным периодам

Теоретические и технологические аспекты 1 варианта рассмотрены в Инструкции...[4]. Возведение анкерной крепи предусматривается по мере уборки породы 1 фазы, при этом взорванная порода убирается на высоту, равную шагу установки анкеров, после чего работы по уборке породы прекращаются, и возводится ряд анкерной крепи. Таким образом, процесс монтажа анкеров не совмещается с другими процессами, вследствие чего продолжительность проходческого цикла увеличивается до 36 – 38 часов и более.

Кроме этого жесткое закрепление вмещающих пород анкерами сразу после их обнажения препятствует протеканию первоначальной разгрузки массива, благоприятно сказывающейся на последующем совместном взаимодействии массива и крепи.

Более перспективным следует признать второй вариант, при котором установка анкерной крепи осуществляется с проходческого полка на некотором расстоянии от забоя. При такой технологии появляется возможность производства работ по установке анкеров одновременно с другими проходческими процессами.

Анкера устанавливаются через возведенную основную крепь, образуют взаимосвязанную систему «монолитная бетонная крепь – анкера – породный массив», при этом концы штанг, связанные с крепью могут выполнять функцию поперечной арматуры в бетоне. Перспективность такого решения в конструкции крепи несомненна, а эффективность повышения несущей способности крепи с помощью установки анкеров будет зависеть от принятой конструкции анкера.

При проходке вертикальных стволов наибольшее распространение получили железобетонные анкера контактного действия. При данной технологии целесообразна схема установки анкеров, представленная на рис. 3.

Данная схема позволяет существенно упростить конструкцию анкера, отказаться от необходимости использования опорной плиты с болтовым соединением. Закрепление анкера по всей длине шпура обеспечит надежную связь элементов системы.



Рис. 3 - Схема установки анкера через монолитную бетонную крепь

В качестве вяжущего используется цементно-песчаная смесь. В случае необходимости быстрого включения анкеров в работу возможно применение патронов с быстротвердеющим неорганическим вяжущим.

Анализ существующих разработок в этой области позволяет выделить две конструкции патронов: патроны ПНВ, разработанные НИИОМШСом и патроны ЗАМП разработки ЗАО «СибТрансУголь» и института НЧ ГП «СибНИИ-проектцемент». Достоинством данных патронов является очень быстрый набор прочности (через 0,5 ч прочность на сжатие до 10 МПа), высокая проектная

прочность, большой срок службы (положительная динамика набора прочности сохраняется в течение 30 и более лет), простая технология монтажа анкера.

Патрон типа ПНВ включает вяжущее на основе цемента особо тонкого помола и состоит из полиэтиленовой оболочки 1, сухой смеси 2, жидкого компонента 3, запаянного в стеклянную ампулу 4 (рис. 4).

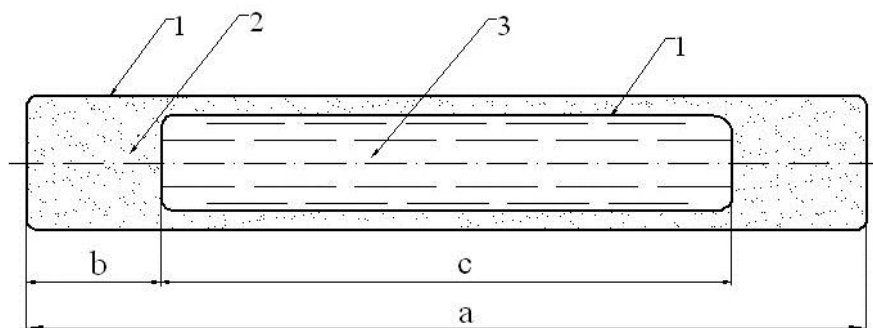


Рис. 4 - Конструкция патрона ПНВ с быстротвердеющим неорганическим вяжущим

Патроны ПНВ изготавливаются по ТУ 12.0174137.083-90 «Патроны с быстротвердеющим неорганическим вяжущим», являются нетоксичными при изготовлении и установке

Закрепитель анкеров минеральный патронированный ЗАМП на основе быстротвердеющего расширяющегося цемента с добавками, регулирующими время схватывания и прочность - представляет собой патрон из нетканого полотна заполненный минеральной смесью (рис. 5).

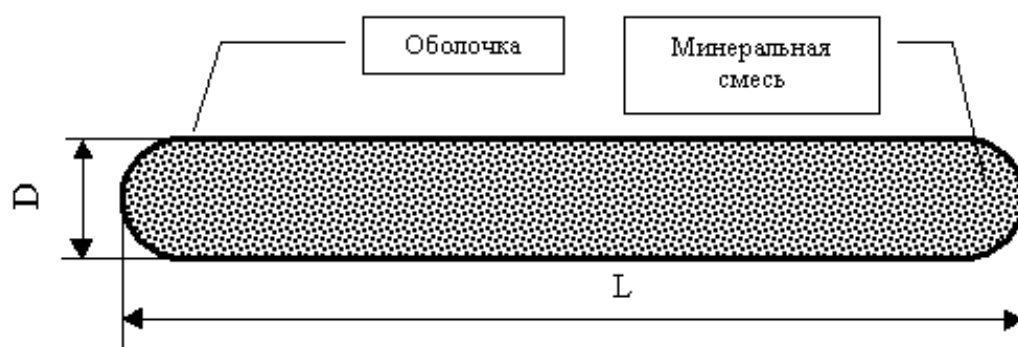


Рис. 5 - Закрепитель анкеров ЗАМП

Патрон изготавливается различных типоразмеров и свойств в соответствии с условиями применения и типом анкеров

Минеральная смесь, принятая к промышленному производству соответствует ТУ 5738-001-00284635-2001. Минеральный закрепитель не токсичен, не пожароопасен и соответствует государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам. Термостойкость минеральной смеси для ЗАМП находится в пределах 1200 - 1300 °С.

Штанга анкера представляет собой металлический стержень, изготовленный из стали периодического профиля классов А-II, А-III диаметром 16 - 24 мм.

Один конец анкера (головка) затачивается под острым углом для возможности разрушения оболочки патрона (рис. 6.а). Во втором варианте головка срезается под углом  $45^{\circ}$ , а концу анкера приваривается металлический резак (рис. 6.б).

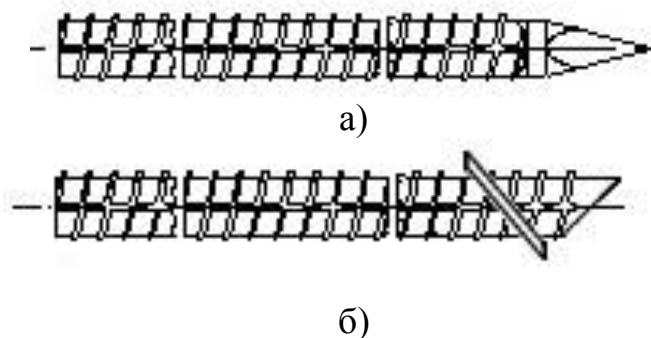


Рис. 6 - Конструкции анкера

С целью проверки эффективности упрочнения монолитной бетонной крепи анкерами описанной конструкции было проведено компьютерное моделирование работы крепи в различных условиях

Исследование производилось с помощью численной модели протяженной части ствола. В конечно-элементную модель были дополнительно включены стержневые системы, параметры которых соответствовали анкерным штангам, выполненным из арматурной стали класса А-III. При этом длина стержней варьировалась в пределах  $L=0,5 - 2,5$  м, диаметр  $d=16 - 24$  мм, шаг установки анкеров по глубине ствола – 1,0 м, расстояние между анкерами в ряду  $h=0,5 - 1,5$  м (плотность установки  $0,66 - 2$  анк/м<sup>2</sup>). Контакт анкерного стержня с крепью и породой задавался из условия жесткой заделки стержня по всей длине шпура.

При проведении исследований первоначально рассчитывалась модель без включения анкеров, а затем с их включением. При этом варьировались основные параметры анкерной крепи: длина и диаметр анкеров, плотность установки. В результате расчета моделей определялись все компоненты напряжений в сечении монолитной бетонной крепи, окружающем массиве и в анкерах. Далее выполнялась обработка полученных данных.

В настоящее время единой общепризнанной теории прочности бетона не существует. Оценку прочности бетонных и железобетонных конструкций крепи подземных сооружений рекомендуется производить по предельным состояниям в наиболее напряженных сечениях согласно [5].

В вертикальных стволах при равномерной внешней нагрузке монолитная бетонная крепь небольшой толщины в радиальных сечениях испытывает внецентренное сжатие с малым эксцентриситетом. Учитывая вязкопластические свойства бетона, условие прочности в данном случае принимается в виде [6]

$$\sigma_m \leq R_b, \quad (3.1)$$

где  $\sigma_m$  – средние по сечению нормальные тангенциальные напряжения

$$\sigma_m = 0,5 \cdot (\sigma_{in} + \sigma_{ex}); \quad (3.2)$$

$R_b$  – расчетное сопротивление бетона одноосному сжатию согласно [5];

$\sigma_{in}$ ,  $\sigma_{ex}$  – соответственно напряжения на внутреннем и внешнем контурах крепи.

На основании вышеизложенного, обработка результатов расчета моделей включала в себя определение нормальных тангенциальных напряжений на внутренней и внешней поверхности крепи без анкеров и упрочненной анкерами, вычисление средних напряжений в крепи и определение процента снижения средних напряжений в крепи после установки анкеров.

Полученные данные показали, что анкерное упрочнение существенно изменяет картину распределения нормальных тангенциальных напряжений в бетонной крепи (рис. 7).

Если в крепи без анкеров происходит нарастание напряжений от внешних слоев к внутренним, то при упрочнении анкерами происходит «сшивка» слоев бетонной крепи. Анкерные стержни выполняют роль поперечной арматуры в бетоне, работают на растяжение, препятствуя радиальному деформированию крепи. Благодаря этому происходит значительная разгрузка внутренних слоев крепи.

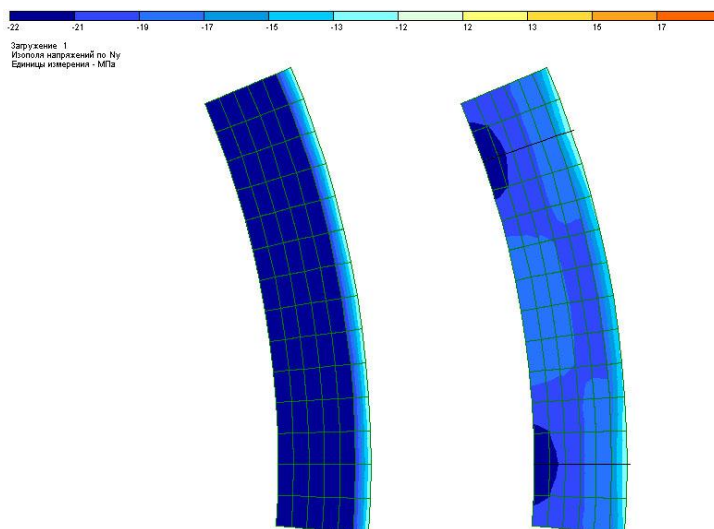
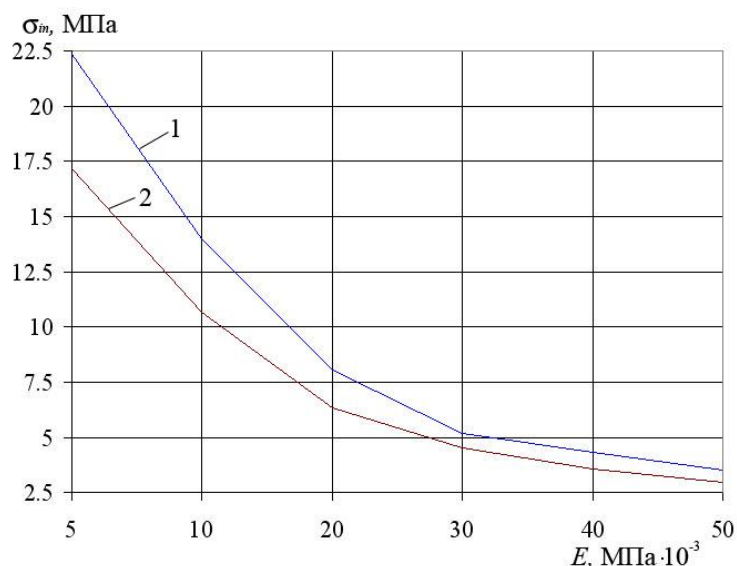


Рис. 7 - Мозаика нормальных тангенциальных напряжений в фрагментах сечения обычной крепи и упрочненной анкерами

На рис. 8, в качестве примера, представлен график зависимости напряжений во внутреннем слое обычной монолитной крепи и упрочненной анкерами при различном модуле упругости вмещающих пород.



- 1 – напряжения в обычной монолитной бетонной крепи;  
 2 – напряжения в крепи, упрочненной анкерной крепью со следующими параметрами  $L=2,0$  м,  $d=24$  мм,  $P=0,66$  анк/м<sup>2</sup>.

Рис. 8 - Величина напряжений во внутреннем слое монолитной бетонной крепи при различном модуле упругости вмещающих пород

В целом эффект от применения анкеров проявляется при длине штанг 1 м и более, и упрочнение монолитной бетонной крепи анкерами длиной 1,0 - 2,5 м позволяет уменьшить величину нормальных тангенциальных напряжений в наиболее нагруженном внутреннем слое крепи между установленными анкерами на 5 - 28% в рассмотренном диапазоне условий.

В целом проведенные исследования показали, что упрочнение монолитной бетонной крепи анкерами может считаться эффективным способом повышения несущей способности крепи, позволяющем обеспечить снижение средних нормальных тангенциальных напряжений в бетоне, развивающихся в процессе взаимодействия системы «крепь – порода», до 15 - 20 % в рассмотренном диапазоне. На основании этого можно сформулировать положение концепции проектирования ресурсосберегающей крепи вертикальных стволов при совмещенной схеме проходки: в случае исчерпания возможностей по повышению несущей способности монолитной бетонной крепи путем вариации прочности бетона, как один из вариантов усиления крепи следует рассматривать установку анкеров контактного действия через возведенную крепь, с закреплением штанг по всей длине шпура в бетоне и породе. Данное решение позволяет обеспечить радиальное армирование бетонной крепи и разгрузить наиболее нагруженные внутренние слои крепи от сжимающих напряжений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левит В. В., Новик Е.Б. К оценке механизма и показателей вывалообразований в шахтных стволах// Геотехническая механика.- 1998. №9.- С. 126-131.



2. Булат А.Ф., Усаченко В.Б., Амелин В.А. Геомеханическое обоснование технологии возведения анкерной стяжной крепи в камерных выработках.// *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 1988.- №2.- С. 91-94.
3. Стоев И.С. Технология сооружения вертикальных стволов / *Экспресс-информация / ЦНИЭИуголь, ЦБНТИ Минуглепрома СССР*. – М.: 1979. – 48 с
4. Инструкция по расчету и применению облегченных видов крепей с анкерами в вертикальных стволах. – Харьков. ВНИИОМШС, 1990. – 75 с.
5. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции / *Госстрой России*. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 76 с.
6. Н.С. Булычев. *Механика подземных сооружений. Учеб. для вузов*. – М.: Недра, 1994.-382 с

**УДК 622.063.23**

Канд. техн. наук. И.Г. Сахно  
(ДонНТУ)

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ НЕВЗРЫВЧАТЫХ РАЗРУШАЮЩИХ СОСТАВОВ**

Запропоновано новий підхід до аналізу механізму руйнування гірських порід за допомогою невибухових руйнуючих складів, на підставі якого виконаний теоретичний розрахунок параметрів невибухового руйнування, що базується на енергетичному критерії руйнування А. Гриффітса.

## **FOUNDATION OF PARAMETERS OF DESTRUCTION MOUNTAIN BREEDS BY INEXPLOSIVE DESTROYING COMPOSITIONS**

A new approach to the analysis of the mechanism of rock destruction by destroying non-explosive formulations on the basis of which made the theoretical calculation of parameters of non-explosive destruction, based on energy failure criteria A. Griffiths.

В последнее время все большее внимание ученых и практиков заслуживают технологии, основанные на использовании невзрывчатых разрушающих составов (НРС), применение которых достаточно хорошо апробировано в промышленном строительстве при разрушении несущих конструкций ликвидируемых зданий и сооружений. Перспективность более широкого внедрения НРС в горную практику отмечается отечественными и зарубежными учеными. К основным направлениям невзрывного разрушения относят разрушение негабаритов, добычу блочного камня, к которому предъявляются высокие требования по трещиноватости и размерам [1], добычу поделочного камня и камнесамоцветного сырья [2], оконтуривание сопряжений подземных выработок, ремонт вертикальных стволов [3, 4], проведение горных выработок [5, 6], подрывку, восстановление эксплуатационного состояния выработок в сложных горно-геологических условиях [7] и др.

Практическое применение указанных направлений в значительной степени сдерживается отсутствием единой расчетной методики, учитывающей особенности квазистатического разрушения горных пород шпуровым способом.

Существующие методики определения параметров буровых работ при разрушении горных пород с помощью НРС [8, 9, 10], как правило, основываются на решении задачи Лямэ для толстостенного цилиндра, при этом основным параметром является расстояние между шпурами. Рассматривается осесиммет-