

УДК 622.833

### СПОСОБ КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТОК ИНЪЕКЦИРОВАНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕГО ПОРОДНОГО МАССИВА

**В. В. Коваленко, Д. В. Наливайко**

ГВУЗ «Национальный горный университет»

просп. Д. Яворницкого, 19, г. Днепр, Украина.

E-mail: kovalenko\_vlad@mail.ru

Разработан новый способ обеспечения длительной устойчивости капитальных и основных подготовительных выработок за счет использования несущей способности массива вмещающих пород и более высокой механизации работ. Предложен новый вид крепления капитальных горных выработок, используя вместо традиционной металлической крепи временную крепь-шаблон, под защитой которой выполняются практически все операции: бурение скважин, зарядание скважин взрывчатым веществом, инъектирование предварительно разгруженного камуфлетными зарядами массива горных пород. Описана технология сооружения данной крепи.

**Ключевые слова:** горная выработка, крепь-шаблон, камуфлетные заряды, инъектирование.

### СПОСІБ КРІПЛЕННЯ ВИРОБОК ІН'ЄКЦІЮВАННЯМ ВМІЩЮЮЧОГО ПОРОДНОГО МАСИВУ

**В. В. Коваленко, Д. В. Наливайко**

ДВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. Д. Яворницького, 19, м Дніпро, Україна.

E-mail: kovalenko\_vlad@mail.ru

Розроблено новий спосіб забезпечення тривалої стійкості капітальних і основних підготовчих виробок за рахунок використання несучої здатності масиву порід, що вміщують і більш високої механізації робіт. Запропоновано новий вид кріплення капітальних гірничих виробок, використовуючи замість традиційного металевого кріплення тимчасове кріплення-шаблон, під захистом якого виконуються практично всі операції: буріння свердловин, зарядання свердловин вибуховими речовинами, ін'єкціювання попередньо розвантаженого камуфлетними зарядами масиву гірських порід. Описано технологію спорудження даного кріплення.

**Ключові слова:** гірничі виробки, кріплення-шаблон, камуфлетні заряди, ін'єкціювання.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** В связи с усложнением горно-геологических условий поддержания, связанных с уходом большинства шахт на глубину, увеличилось количество ремонтируемых выработок. В результате неудовлетворительного состояния крепи, на шахтах Украины ежегодно ремонтируется около 7...15 % всех поддерживаемых и более 65 % вновь проходимых выработок (табл. 1) [1]. При этом данные цифры отражают не только объем ремонтируемых участков выработок, но и капитальных, состояние которых в значитель-

---

Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. Випуск 1/2016(17).

ной степени предопределяет нормальную работу как отдельных блоков и горизонтов, так и всего технологического комплекса шахты. На проведение ремонтных работ затрачиваются значительные трудовые ресурсы. Работы по подрывке и перекреплению проводятся зачастую по одним и тем же участкам с определенной периодичностью. Увеличение объемов добычи неразрывно связано с увеличением протяженности поддерживаемых выработок и проведением новых капитальных и подготовительных горных выработок для отработки новых горизонтов.

Таблица 1 – Состояние горных выработок  
ПАО «ДТЭК шахта Комсомолец Донбасса»

Наименование выработок	Протяженность, м	Среднее сечение, м <sup>2</sup>	Не удовлетворяют ПБ, м.				
			все-го	в том числе			по профилю пути
				по сечению	по высоте	по зорам	
Штреки	35476	13,3	2970	1590	880	500	6020
Квершлагги	18042	14,0	1520	1100	220	200	2140
Уклоны	46320	9,8	4880	4220	660	0	0
другие виды	12762	8,2	870	470	400	0	0

Существует много различных способов обеспечения устойчивости горных выработок испытывающих значительное горное давление. Основные способы можно классифицировать следующим образом (рис. 1) [2].



Рисунок 1 – Классификация способов повышения устойчивости горных выработок

Все большее распространение получает применение инъекционного упрочнения пород для повышения устойчивости выработок, вокруг которых существуют участки геологических нарушений или развивается с течением времени зона трещиноватости [3–4]. Большинство современных мероприятий по обеспечению устойчивости являются сочетанием представленных вариантов. Примером этого может быть способ повышения устойчивости выработок – комбинированная крепь АНТ («арка-набрызг-тампотаж»), разработанная еще в стенах ДГИ (ныне НГУ) группой авторов (А.П. Максимов, А.Н. Шашенко и А.Н. Роевко). Более современные разработки делают акцент на разгрузке пиконтурного массива взрывами и последующим инъекцированием предварительно нарушенного массива. Коваленко В.В. и Рязанцев А.П. предложили способ борьбы с пучением почвы [1], который предполагал создание в почве области разгруженных пород путем взрывания камуфлетных зарядов и последующего создания области укрепленных пород путем инъекцирования в ослабленную взрывами зону специальных скрепляющих составов. Литвинский Г.Г. и Павлов Е.Е. в своей работе [5] предлагают другую разновидность этого способа. Они предлагают устанавливать арочную крепь, выполнять бурение шпуров по периметру выработки, затем производить взрывание камуфлетных зарядов. После чего бурить скважины и инъектировать ослабленный массив.

На основании проведенного ранее анализа способов повышения устойчивости выработок для условий слабых трещиноватых пород предложен способ, в основе которого лежит комплекс мер, учитывающих характер протекания геомеханических процессов.

Целью данной работы является разработка нового способа обеспечения длительной устойчивости капитальных и основных подготовительных выработок за счет использования несущей способности массива вмещающих пород и более высокой механизации работ.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Способ обеспечения устойчивости выработки в условиях трещиноватых пород предполагает создание в кровле и вокруг выработки зоны упрочненных пород, за счет формирования породобетонного слоя.

Крепление выработок инъекцированием окружающего породного массива предполагает образование вокруг выработки зоны разрыхленных пород, после чего производится склеивание разрушенной породы вокруг выработки. Такое крепление препятствует развитию процессам пучения обрушению и распространению трещин в кровли. Зона укрепленных пород обеспечивает устойчивость выработки (рис. 2). Для обеспечения гарантированной устойчивости выработки в приконтурной зоне выработанного пространства на глубину большую зоны естественного равновесия с помощью взрывания камуфлетных зарядов формируется зона трещиноватых пород, которую заполняют цементным раствором, создавая область из породобетона. Укрепленные с помощью инъекцирования скрепляющим раствором породы, выдержанные в течение 3-х суток под защитой из крепи-шаблона, в дальнейшем обеспечивают длительную устойчивость горной выработке без необходимости использования стандартной металлической крепи или анкеров.

Для создания крепкого слоя породобетона путем инъектирования предварительно необходимо ослабить массив окружающих пород созданием сетки трещин. Это можно осуществить взрыванием камуфлетных зарядов, которые позволят сформировать множество трещин, чем облегчат процесс насыщения пород цементным раствором под давлением. В целом, весь технологический процесс предлагаемого способа можно представить в виде основных этапов.

На первом этапе в необходимом участке выработки устанавливают временную крепь-шаблон (2) (рис. 3), которая напоминает собой строительные подмости со сквозными отверстиями по периметру, через которые будет осуществляться бурение скважин. На внешней стороне крепи-шаблона, на границе с породами, по всему периметру крепи находится пневматическая резиновая камера (3), которая обеспечивает плотный контакт с породами. Крепь-шаблон распирают гидростойками (1), после чего резиновую камеру (3) подключают к пневмосистеме для более плотного распора крепи-шаблона.

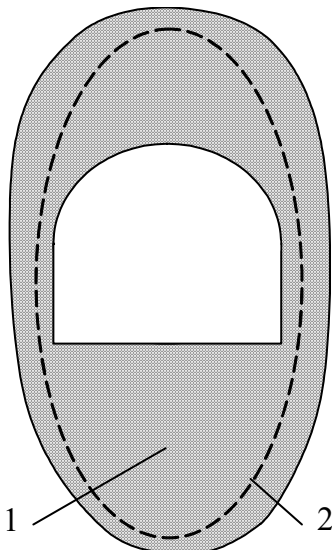


Рисунок 2 – Инъекционно-упрочненный массив:  
1 – упрочненные породы;  
2 – свод естественного равновесия

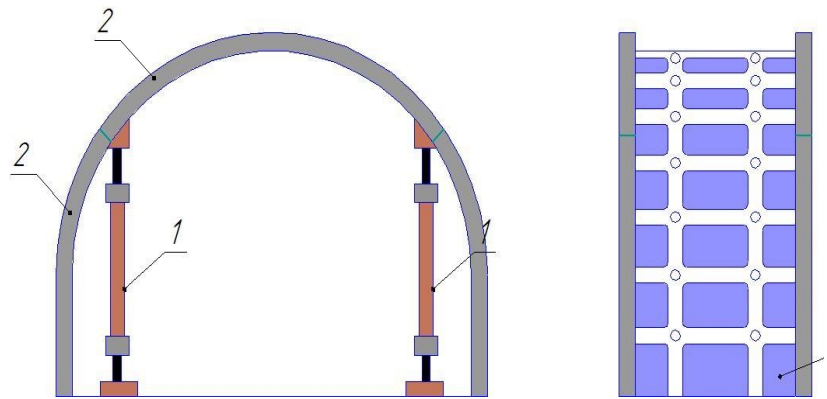


Рисунок 3 – Временная крепь-шаблон, устанавливаемая на первом этапе работ:  
1 – гидростойка;  
2 – временная крепь-шаблон;  
3 – пневматическая резиновая камера

Вторым этапом является бурение скважин вокруг выработки через отверстия в крепи-шаблоне (рис. 4).

Крепь-шаблон (1) крепко распирается гидростойками (3). Полный контакт крепи-шаблона с породами осуществляется посредством пневмокамеры (2). Для максимального исключения человеческого фактора бурение скважин осуществляется механизированным способом с помощью бурильной установки с рельсового пути. Податчик (4) бурильной установки вращается радиально вокруг центральной оси. Манипулятор бурильной установки, к которому крепится податчик, расположен по длине машины и может двигаться в вертикальной плоскости, обеспечивая бурение скважин на любой высоте. Далее бурильной установ-

кой производится бурение скважин по веерной схеме. Для задания необходимой глубины разрыхленной зоны при взрывании шпуры бурят с некоторым превышением по длине.

На третьем этапе планируется создание вокруг выработки зоны разрыхленных пород (рис. 5).

Для этой цели производится зарядание скважин ВВ, в количестве, необходимом для разрыхления окружающих пород. С помощью взрывания камуфлетных зарядов образуется зона трещиноватых пород. Перед взрыванием зарядов снижается на 30...50 % рабочее давление в пневматической камере с целью предотвращения ее разрушения. После взрыва давление в камерах возобновляется до номинального значения в 3 атм.

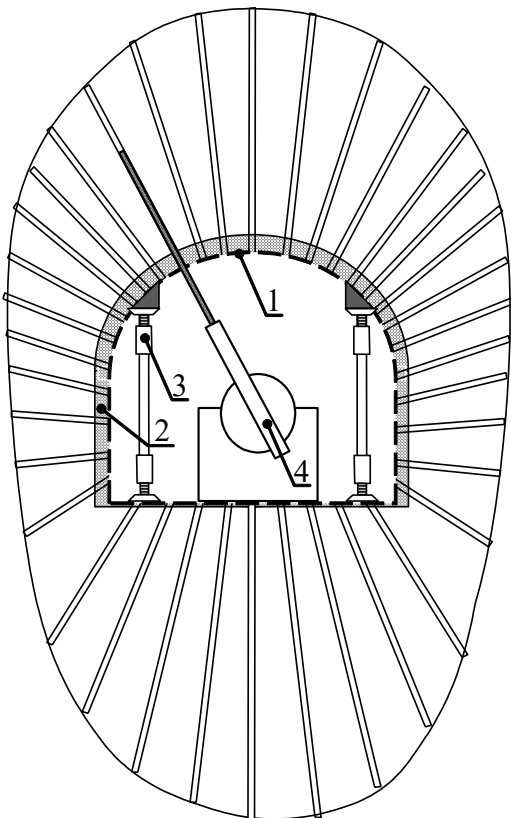


Рисунок 4 – Выполнение работ второго (бурение скважин) и третьего (зарядание ВВ и взрывание) этапов

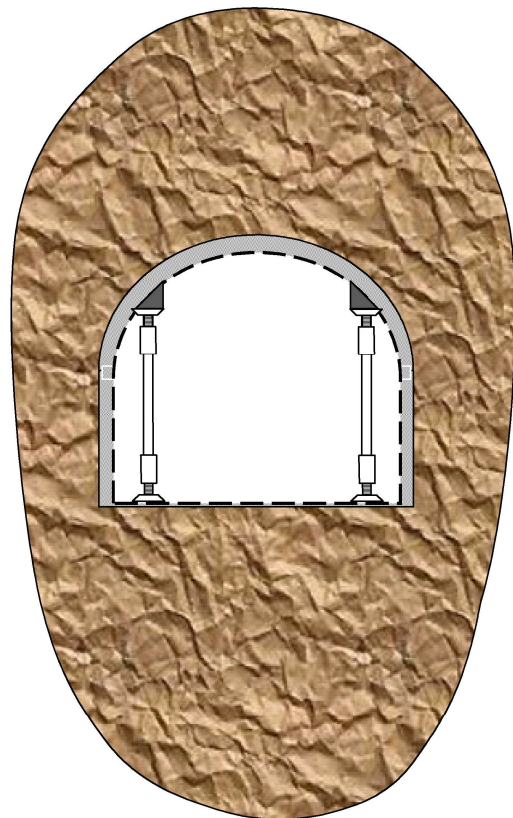


Рисунок 5 – Формирование зоны разрыхленных пород взрыванием камуфлетных зарядов (конец 3-го этапа)

Четвертый этап: бурение скважин по нарушенным породам и последующее нагнетание скрепляющего раствора. Во время выполнения работ четвертого этапа в разрыхленных породах создается зона укрепленных пород, т.н. породобетонная зона. Вначале производят бурение дополнительных и дренажных скважин по разрушенным породам (рис. 6). Для формирования зоны упроченных пород повторное бурение по нарушенным породам осуществляется меньшим количеством скважин, т.к. основная цель – получение зоны трещиноватых пород – получена, и теперь скважины необходимы только для осуществления нагнетания скрепляющего раствора.

По периметру выработки производят поскважинное нагнетание вяжущего раствора. При нагнетании вяжущего раствора в нагнетательные скважины в какой-то момент времени наступает прекращение их растворопоглощения. Последующая выдержка нагнетательных скважин под максимальным давлением нагнетания вяжущего раствора позволяет произвести более плотную упаковку частиц, отжать часть жидкой фазы вяжущего раствора, которая при преодолении гидравлического сопротивления дренажных скважин дренирует в выработку. В процессе нагнетания происходит неравномерное распределение цементного раствора по длине трещин за счет седиментации и отфильтровывания жидкой фазы по длине потока. После поддержания в течение 30 минут максимального давления нагнетания вяжущего раствора в нагнетательных скважинах с прекратившимся растворопоглощением, иньекторы демонтируют.

По окончании процесса нагнетания цементного раствора все оборудование убирается от опытного участка. Крепь-шаблон обжимает выработку на данном участке и находится в рабочем положении 3-е суток.

На пятом этапе осуществляется контроль состояния зацементированных пород посредством бурения контрольных скважин и установка датчиков смещения пород кровли и почвы для определения эффективности нагнетания раствора. Производится разборка крепи-шаблона и нанесение слоя набрызг бетона (рис. 7).

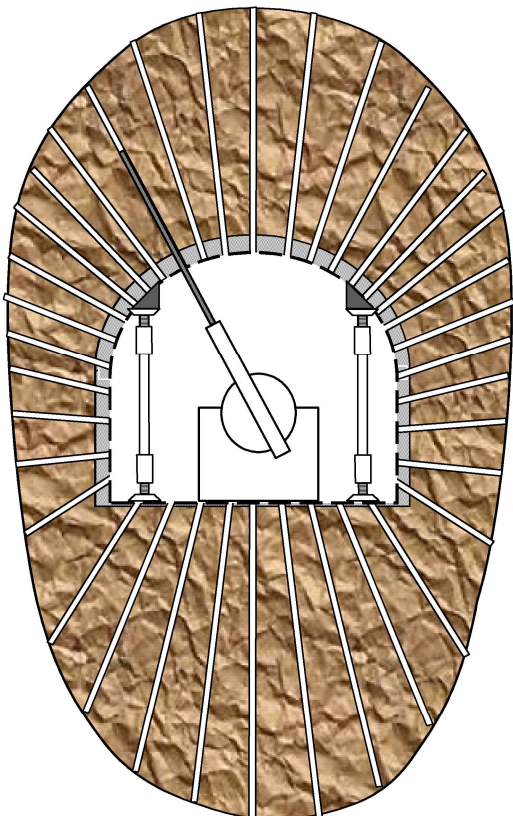


Рисунок 6 – Работы четвертого этапа (бурение скважин по разрушенным породам)

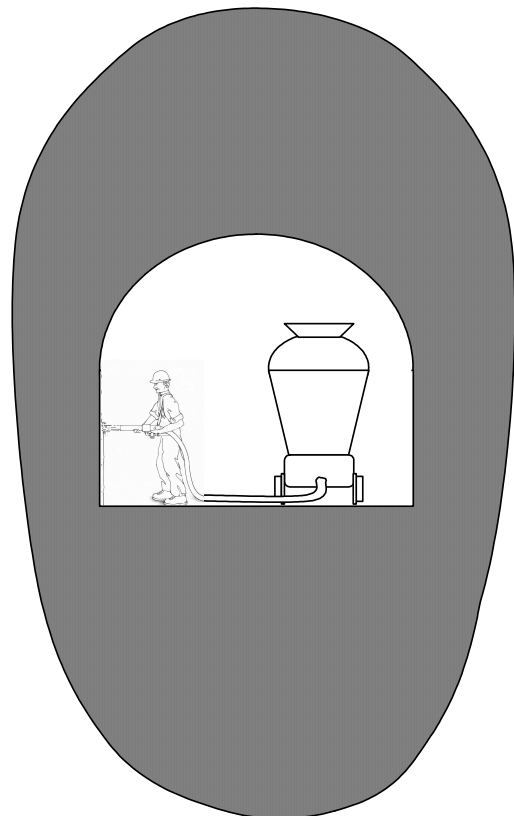


Рисунок 7 – Работы пятого этапа (набрызгбетонирование выработки, закрепленной породобетоном)

В предложенной технологии несущую функцию в горной выработке принимают на себя непосредственно горные породы приконтурной зоны, при этом объем инъекционного состава не превышает объема трещин и пустот. Данный способ отличается от существующих наличием устройства «крепь-шаблон», который позволяет производить бурение через имеющиеся отверстия в раме, которые в свою очередь соответствуют паспорту крепления, тем самым избавится от «человеческого фактора» и в дальнейшем унифицировать данную технологию. Таким образом, относительно низкая стоимость, материалоемкость и надежность данного вида крепления, возможность полной механизации технологических процессов представляют привлекательность для дальнейших научных исследований и более широкого практического внедрения.

**ВЫВОДЫ.** Основным преимуществом данного способа является применение устройства «крепь-шаблон». С её помощью осуществляется процесс бурения и инъектирования. Особенности использования крепи-шаблона:

- обеспечение полного контакта крепи-шаблона с приконтурными породами за счет распора гидростоек и обжатия приконтурного пространства воздушными камерами;
- бурение скважин с последующим взрыванием через имеющиеся в крепи-шаблоне сквозные отверстия;
- данные отверстия повторно используются для бурения инъекционных и дренажных скважин;
- после упрочнения массива давление в воздушных камерах понижают, это позволяет разобрать крепь без особых усилий.
- крепь-шаблон может быть собрана/разобрана за меньший срок в сравнении с обычной металлической крепью.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Коваленко В.В., Рязанцев А.П. Обоснование параметров способа борьбы с пучением пород почвы в условиях угольных шахт. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2013. – 119 с.
2. Коваленко В.В. Повышение несущей способности металлической крепи капитальных горных выработок в условиях агрессивных шахтных вод. – Днепропетровск, 2003. – 185 с.
3. Исследование влияния золы-уноса на прочностные показатели породобетона / В.В. Коваленко, В.С. Гаркуша, П.А. Бакум // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського.– Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 2(14). – С. 141–149.
4. Майоров А. Е. Консолидация приконтурного массива пород при креплении горных выработок // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2007. – Вып. № 1. – С. 6–11.
5. Литвинский Г.Г., Павлов Е.Е. Способ обеспечения устойчивости горной выработки взрывной разгрузкой пород кровли // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2010». – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – С. 168–177.

**METHOD OF FIXING OF MINE WORKINGS BY INJECTION  
OF SURROUNDING ROCK MASS**

**V. Kovalenko, D. Nalivayko**

State Higher Educational Institution «National Mining University»

prosp. D. Yvornichkogo, 19, Dnipro, 49005, Ukraine.

E-mail: kovalenko\_vlad@mail.ru

The aim is to develop a new way of ensuring long-term stability of the capital and the main development workings through the use of load-bearing capacity of the array of surrounding rocks and higher level of mechanization. A new type of fastening of capital mine workings, using instead of the traditional metal lining the temporary support template, under protection of which are carried out of almost all operations: well drilling, hole charging, injection of previously unloaded by camouflet blasting of rock mass is given. The technology of construction of the lining is described.

**Key words:** mine working, support template, camouflet charges, injection

REFERENCES

1. Kovalenko, V., Ryazantsev, A. (2013) *Obosnovaniye parametrov sposoba bor'by s pucheniyem porod pochvy v usloviyakh ugol'nykh shakht* [Justification of parameters of the process of combating soil heave rocks in coal mines]: monograph. Dnepropetrovsk, National Mining University, 119 p.
2. Kovalenko, V. (2003) *Povysheniye nesushchey sposobnosti metallicheskoj krepki kapital'nykh gornykh vyrabotok v usloviyakh agressivnykh shakhtnykh vod* [Increasing the bearing capacity of the metal lining of capital mine workings in the conditions of aggressive mine waters], Dnepropetrovsk, 185 p.
3. Kovalenko, V., Garkusha, V., Bakum, P. (2014) "Investigation of the effect of fly ash on strength characteristics porodobetona", *Modern resource-saving technologies of mining. Sci.-Tech. collected works*, vol. 14, no.2, pp. 141–149.
4. Mayorov, A. (2007) *Konsolidatsiya prikonturnogo massiva porod pri krepnenii gornykh vyrabotok* [Consolidation of marginal rock massif when fixing mine workings] *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, no 1, pp. 6–11.
5. Litvinsky, G., Pavlov, E. (2010) *Sposob obespecheniya ustoychivosti gornoj vyrabotki vzryvnoy razgruzkoj porod krovli* [Method of providing stability explosive excavation unloading rock of mine roof] *Materiali mizhnarodnoi konferentsii "Forum girnikiv – 2010"*, National Mining University, pp. 168–177.

Стаття надійшла 12.12.2015.