

**А.В. Стародумов**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ТРОСОЦЕМЕНТНОГО УКРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД СТРЕЛЬЦОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ**

*Рассмотрено несколько вариантов определения параметров укрепления неустойчивых горных пород тросоцементными штангами. На основе анализа исследований предложена технология укрепления пород Стрельцовского рудного поля.*

*Ключевые слова: тросовые штанги, тросоцементное укрепление, неустойчивые породы, укрепление трещиноватых пород, нагнетание твердеющих цементных составов.*

**И**меется несколько методик расчета параметров технологии тросового укрепления неустойчивого массива горных пород. По А.О. Баранову расчетная модель с использованием элементов теории оболочек основана на представлении упрочненной зоны в виде податливой вантовой крепи, когда на ванты нанизаны плотную блоки омоноличенной упрочненной породы [1].

Условие сохранности упрочненной кровли [1]:

$$F_3 = 0,125 k_3 \rho h_n (L^2 + 4h^2)h,$$

где:  $F_3$  – удельное усилие выдергивания троса из цементной оболочки, кН/м,  $k_3$  – коэффициент запаса прочности ( $k_3 = 1,5-2$ ),  $\rho$  – средняя плотность пород, создающих нагрузку на упрочненную зону, кг/м<sup>3</sup>,  $h_n$  – высота слоя пород, создающих нагрузку на упрочненную зону (укрупненно, высота свода обрушения), м,  $L$  – длина троса в контурах выработки, м,  $h$  – допустимая вертикальная деформация кровли, м. Достигает 0,2 м и более.

Расстояние между соседними тросами принимается наименьшее из трех, определяемых следующими способами.

1. По пределу прочности троса на разрыв,  $\sigma_{тр.р.}$ , МПа:

$$a < 1000 \sigma_{тр.р.} S / (k_3 \rho h_n L),$$

где  $S$  – площадь свода обрушения по оси троса, м<sup>2</sup>,

2. По пределу прочности инъектированного упрочняющим раствором массива при сдвиге  $\tau_{у.сд.}$ , МПа (определяется испытаниями) [1]:

$$a < 2\tau_{у.сд.} r L / (k_3 \rho h_n L 10^{-3} - 2\tau_{у.сд.} r),$$

где  $r$  – радиус распространения упрочняющего раствора в трещинах массива.

3. По пределу прочности верхней части упрочненного массива при продавлиании тросом цементной оболочки  $\sigma_{у.сж.}$ , МПа (определяется экспериментально) [1]:

$$a < 1000 \sigma_{у.сж.} d / (k_3 \rho h_n),$$

где  $d$  – диаметр скважины (цементной оболочки), м.

Длина замковых частей тросов должна быть не менее 1,5–2,5 м.

При установке тросоцементных штанг из подэтажных выработок (в сторону висячего бока или в сторону кровли будущей камеры) длина штанги Д.Ж. Хатчинсоном и М.С. Дидерихсом определяется исходя из эмпирической зависимости, справедливой для весьма неустойчивых пород, в диапазоне величины гидравлического радиуса до 10 м:  $L = 1,5 HR$ , где:  $L$  – длина штанги,  $HR$  – гидравлический радиус породного массива на контакте с камерой [2].

Проф. Р. Бенявский рекомендует: расстояние между тросовыми штангами должно быть не больше утроенного расстояния между трещинами [3]. Однако такой подход приемлем для укрепления протяженных выработок без использования цемента, он не учитывает сцепления блоков-отдельностей между собой, которое обеспечивается затвердевшим цементным раствором.

В.И. Култышевым предлагается определять расстояние между концами штанг исходя из зависимости

$$\Theta = 4[\sigma_p]/K\chi \operatorname{tg}(90 - \rho), [4],$$

где:  $[\sigma_p]$  – прочность массива пород на разрыв, тс/м<sup>2</sup>,  $K$  – коэффициент запаса прочности,  $\chi$  – объемный вес пород, т/м<sup>3</sup>,  $\rho$  – угол внутреннего трения, град.

При  $K = 2$  расстояние между концами скважин не должно превышать 5,8 м.

Ю. Потвин, М. Худима считают, что в условиях сильной трещиноватости пород висячего бока тросоцементные штанги следует устанавливать по сетке 2х2 м по концам штанг [5].

В случае бурения штанг из специально пройденной выработки в висячем боку длина тросоцементных штанг определяется расстоянием от этой выработки до контура отбойки очистной камеры по висячему боку, определяемого при расчете параметров буровзрывных работ.

На основе методов численного моделирования геомеханического состояния массива предлагается методика определения параметров технологии тросоцементного укрепления пород различных категорий устойчивости, в соответствии с классификацией ВНИМИ [6]. Методика включает этапы:

1) Определение величины смещений неукрепленного массива на контурах выемочной камеры (на основе методов численного моделирования), установление категорий устойчивости

массива – выявление участков и зон, относящихся к III (абсолютные смещения более 100 мм и менее 200 мм) и IV (абсолютные смещения более 200 мм) категориям устойчивости, опасных обрушением пород.

2) Выбор технологической схемы тросоцементного укрепления пород, в зависимости от категории устойчивости, размеров потенциального обрушения.

3) По характерным вертикальным сечениям (в сложных участках камеры) методом численного моделирования проводится прогноз геомеханического состояния контуров выемочных камер, предварительно укрепленных тросоцементными штангами: устанавливаются модуль упругости, предел прочности на сжатие массива, коэффициент Пуассона, показатель GSI, на основе чего определяется величина абсолютных смещений вмещающих пород боков и кровли. При этом также определяется, какой вид напряжений будут испытывать тросовые штанги в укрепленном массиве. Исходя из этого определяется категория устойчивости, корректируется технологическая схема установки тросоцементных штанг, длина, число штанг в веере, число верев, сечение тросовой штанги.

4) Составляется паспорт предварительного укрепления участка массива по контуру камеры тросоцементными штангами, в параметрах принятой технологии.

Технологические схемы установки тросоцементных штанг для укрепления пород Аргунского и Жерлового месторождений Стрельцовского урановорудного поля III (неустойчивые) и IV (весьма неустойчивые) категорий устойчивости определяются с учетом возможности или невозможности непосредственного контакта с неустойчивыми породами

В таблице приводятся варианты технологии укрепления пород III и IV ка-

**Варианты технологии тросоцементного укрепления пород в соответствии с категориями устойчивости массива**

а) III категория устойчивости массива	б) IV категория устойчивости массива
<p>В кровлю и бока будущих камер пробуриваются веера скважин длиной 6–8 м, из расчета, что в зоне укрепления расстояние между концами скважин 2,5–3,0 м. В скважину подается трос сечением 15–24 мм, одна или две нитки. В скважину подается цементный раствор с соотношением В:Ц = 0,35–0,4 для ее заполнения, давление нагнетания 3–4 МПа. Плотность установки штанг: расстояние между веерами скважин равно расстоянию между концами скважин в веере.</p>	<p>Пробуриваются веера скважин, длиной 6–8 м, в скважины подаются полимерная ампула и трос сечением 15–24 мм, одна или две нитки, раздавливающий ампулу при установке, расстояние между концами скважин 2,0–3,0 м. В скважины подается цементный раствор с соотношением В:Ц = 0,35–0,4 для ее заполнения, а также трещин с раскрытием начиная от 0,1 мм. Давление нагнетания до 6–14 МПа. На концы штанг крепятся прижимные плитки с натяжением троса 8–15 т и металлические подхваты из сварной сетки, для предотвращения осыпания пород между веерами скважин. Плотность установки штанг: расстояние между веерами 2,0–3,0 м.</p>

тегорий устойчивости, соответствующие схемам установки тросоцементных штанг.

Цементная паста приготавливается из портландцементов, разновидностей:

сульфатостойкий, быстротвердеющий, тампонажный и другие. Содержание трехкальциевого силиката в пределах 40–60% обеспечивает быстрый рост прочности в первые 7 суток.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Баранов А.О. Проектирование технологических схем и процессов подземной добычи руд. Справочное пособие. – М.: Недра, 1993. – 285 с.
2. Hutchinson D. Jean, Diederichs Mark S. Cablebolting in Underground Mines. BiTech Publishers Ltd., British Columbia, 1996, 406p.
3. Bieniawski Z.T. Engineering Rock Mass Classifications. Wiley, New York, 1989. 251 p.
4. Культышев В.И. Изыскание и исследование эффективных вариантов камерной системы с твердеющей закладкой для разработки мощных месторождений со сложными горно-геологическими условиями. Дисс. канд. техн. наук, фонды АО ВНИПИпт, 1978, 221 с.
5. Potvin Y., Hudyma M.R. Open Stope Mining Practices in Canada. Presented at the 91s' CIM Annual General Meeting, Quebec City, May, 1989.
6. Указания по определению параметров процесса сдвижения, построению зон опасных сдвижений и предохранительных целиков на месторождениях руд редких металлов с изученным процессом сдвижения. – Л.: ВНИМИ, 1986. **ГИАБ**

**КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

Стародумов Алексей Владимирович – директор АО «ВНИПИПромтехнологии», e-mail: vnipipt@vnipipt.ru.

UDC 622.28

**DETERMINATION OF PARAMETERS FOR THE TECHNOLOGY OF CEMENT-GROUTED CABLE REINFORCEMENT OF ROCKS IN STRELTSOV ORE FIELD**

Starodumov A.V., Director, AO Vnipipromtehnologii, Moscow, Russia, e-mail: vnipipt@vnipipt.ru.

*Under discussion is backfilling with uranium mill tailings. The features of the uranium mill tailings and the feasibility of reduction in radon releases from backfilled stopes are described.*

*Key words: paste backfill, underground mining, backfill mixture composition, backfill strength, combination backfilling.*

## REFERENCES

1. Baranov A.O. *Proektirovanie tekhnologicheskikh skhem i protsessov podzemnoi dobychi rud*. Spravochnoe posobie (Design planning of flowsheets and processes in underground ore mining. Reference aid), Moscow, Nedra, 1993, 285 p.
2. Hutchinson D. Jean, Diederichs Mark S. *Cablebolting in Underground Mines*. BiTech Publishers Ltd., British Columbia, 1996, 406p.
3. Bieniawski Z.T. *Engineering Rock Mass Classifications*. Wiley, New York, 1989. 251 p.
4. Kultyshev V.I. *Izyskanie i issledovanie effektivnykh variantov kamernoi sistemy s tverdeyushchei zakladkoi dlya razrabotki moshchnykh mestorozhdenii so slozhnymi gorno-geologicheskimi usloviyami* (Finding and analyzing efficient scenarios of cut-and-fill stoping with solidifying backfill for thick deposits with complicated ground conditions), Candidate's thesis, 1978, 221 p.
5. Potvin Y., Hudyma M.R. *Open Stope Mining Practices in Canada*. Presented at the 91s' CIM Annual General Meeting, Quebec City, May, 1989.
6. *Ukazaniya po opredeleniyu parametrov protsessa sdvizheniya, postroyeniyu zon opasnykh sdvizhenii i predokhranitel'nykh tselikov na mestorozhdeniyakh rud redkikh metallov s izuchennym protsessom sdvizheniya* (Guidelines for determination of subsidence process parameters, modeling of hazardous subsidence zones and protection pillars at rare metal ore deposits with the explored subsidence process), Leningrad, VNIMI, 1986.



## УМНАЯ КНИГА – ПРЕДМЕТ ПЕРВОЙ НЕОБХОДИМОСТИ

### КРУГЛЕНИЕ КОРЕШКА

В полиграфии множество мелких операций, вроде бы не влияющих на потребительские качества книги. Но именно по этим операциям судят о профессионализме типографий.

Когда издатель вынужден экономить на полиграфии, ему приходится искать типографии подешевле, даже если они находятся далеко от издательства. Вот и мы прельстились низкими ценами типографии, расположенной в 500 км от Москвы. Сэкономили на этом 23%, да и типография обещала на своей машине доставить тираж. Удобно, к тому же работники типографии уверяли, что имеют более чем 30-летний опыт печати книг в переплете № 7. Что же еще надо?

Выбрали не очень ответственный заказ, написали подробное техзадание, указали сорт бумаги, сами изготовили медные штампы, оплатили полностью заказ и стали ждать тираж. Книги привезли вовремя, но качество полиграфии... Часть тиража выполнили на бумаге одного бумкомбината, часть – на бумаге другого. Объяснение: сорт-то один, читатель не различит. Форзац изготовлен из бумаги, непригодной для этой цели. Объяснение: другой не было. Книжные поля с разных сторон страницы не совпадают. Объяснение: для читателей это безразлично, вот если бы мы зарезали текст, тогда это был бы брак. Были и другие «мелочи», свидетельствовавшие о непрофессионализме типографии.

Но больше всего нас огорчил некруглый корешок книги объемом в 30 п.л. Вроде бы кругильная машина – не ахти какая ценность, да и вручную профессиональные переплетчики умеют делать эту операцию. Почему же ее не выполнили? Объяснение: ну, вы там, в Москве, заелись. Зачем круглить корешок? И так можно книгу читать. Она хорошо сшита, не разваливается. Нам и в голову не приходило круглить, наши заказчики и без этого довольны. Какая еще эстетика? Кому она нужна?

Больше мы на типографиях не экономим.

Продолжение на с. 60