

3. В условиях свободного объемного расширения материал способен увеличиваться в объеме до 300%, однако кристаллизация его в этом случае не происходит, после отвердевания материал представляет собой порошок.

На основании сравнения полученных результатов исследований с результатами лабораторного моделирования (1) можно сделать вывод, что создаваемое при саморасширении исследуемого материала давление является достаточным для создания распора в разрушенных породах. Вышесказанное позволяет сделать вывод о возможности применения НРВ-80 для упрочнения массивов разрушенных горных пород.

### **Библиографический список**

1. **Разработка технологии перекрепления выработок**, обеспечивающей их устойчивость в послеремонтный период / Н.Н. Касьян, Ю.А. Петренко, А.О. Новиков, Н.А. Овчаренко // Геотехнологии и управление производством XXI века. Том 1. Монография. - Донецк: ДонНТУ, 2006. – С. 32-38.

УДК 622.28

*С.А. Масленников, Асп. каф. ППГС и СМ ШИ ЮРГТУ НПИ, Россия*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ ЧУГУННО-БЕТОННОЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ.**

В настоящее время горнодобывающая отрасль России выходит из состояния упадка середины 90-х годов. Строятся новые, реконструируются старые предприятия. Запасы полезного ископаемого находящегося на небольшой глубине и залегающего в благоприятных горно-геологических условиях ограничены, всё большее значение приобретает добыча сырья в районах распространения вечной мерзлоты, повышенного горного давления на больших глубинах, зонах геологических нарушений, при высоком гидростатическом напоре. В подобных условиях применение, при сооружении вертикальных стволов, наиболее распространённой, монолитной бетонной крепи часто нерационально или невозможно, более приемлемым вариантом оказывается возведение комбинированных, в частности чугунно-бетонных крепей. Данный вид крепи широко распространённый в 50-60-х годах прошлого века к настоящему времени используется в необоснованно зауженном диапазоне условий. Объясняется это в первую очередь недостаточной проработкой отдельных теоретических вопросов в проектировании и возведении такой крепи. Так, если по монолитной бетонной крепи ежегодно защищаются диссертации, издаются монографии, публикуются статьи, то по тубинговой крепи, несмотря на всё возрастающую потребность, ситуация прямо противоположная.

В связи с технологическими особенностями возведения комбинированной чугуно-бетонной крепи бетон подвергается нагружению на ранней стадии твердения, и может достичь предельного состояния до набора проектной прочности. Проиллюстрируем данное явление на примере проходки скипового ствола рудника "Мир" (Респ. Саха (Якутия)) в интервале глубин 983,1 – 992,1 м (т. к. №616-№622).

После разборки забоя и уборки породы очередной заходки (при глубине ствола 983 м) оказалось, что бетон был уложен на расстоянии 0,5 м. от забоя. При визуальном осмотре уже после следующей заходки на нижнем обресе бетонной крепи отмечались «заколы», интенсивное развитие трещин. По мере ведения проходки деформации и объём разрушенного (отделившегося) бетона увеличивался. Можно предположить, что нижний край заходки по бетонированию находится в плоском напряжённом состоянии, а не в объёмном, как остальная часть бетона крепи, и поэтому подвергается более интенсивному разрушению по мере удаления забоя и роста нагрузок. Возведение следующей заходки бетонирования не оказывает влияния на данный процесс, так как бетон, укладываемый в направлении снизу вверх, не прилегает достаточно плотно для создания соответствующего отпора. Так за тубингами образуются зоны разрушения. Замоноличивание этих разупрочнённых участков при контрольном нагнетании не восстанавливает равномерности поля напряжений, т. к. цементно-песчаный раствор имеет отличные от бетона характеристики (например, значительно более низкий модуль деформации). Это приводит к локальным концентрациям напряжений и увеличивает риск разрушения крепи.

Порядок и продолжительность проведения работ в рассматриваемом случае приведены в таблице 1.

На основании приведённых данных (полученных путём натуральных замеров и анализа отчётов о проведении ВР) и информации о средней продолжительности проходческого цикла равного 34 часа получаем возможность в точности воссоздать интересующую ситуацию в забое.

Прочность бетона  $R_T$  и  $R_{Tid}$  (с учётом влияния пониженной температуры  $t=10^\circ$  и добавки 2%  $CaCl_2$ ) для возраста 3-12 сут. определяем по формуле проф. Скраматаева Б.Г., для возраста 1,5 сут. по формуле М. Донец. Модуль упругости по формуле Сахновского К.В. Отступ крепи находим, зная первоначальный отступ крепи от забоя  $l_0 = 0,5$  м. и среднее подвигание забоя за цикл (с учётом разборки) равное 2,38 м.

Относительную «нагруженность» бетона ( $\frac{R_{ba}}{\sigma_{\theta(3)}^{in}}, \frac{R_{bav}}{\sigma_{\theta(3)}^{in}}$ ) определяем для объёмного напряжённого состояния реализуемого в основной части заходки, и для прочности на одноосное сжатие, реализуемое на нижнем крае бетона с момента уборки породы до возведения следующей заходки. Значения  $\frac{R_{bav}}{\sigma_{\theta(3)}^{in}}$  и  $\frac{R_{ba}}{\sigma_{\theta(3)}^{in}}$  оп-

ределим как частное соответствующей прочности и величины максимальных напряжений возникающих на внутреннем крае крепи, определённых по методике проф. Булычёва Н.С. [1] При расчёте была учтена лишь кратковременная ползучесть бетона.

Таблица 1

## Продолжительность проходческих процессов

№№	Наименование процесса	Дата	Время выполнения, час., мин.	Продолжительность, час., мин.
1	Спуск и монтаж т. к. №622, подсыпка породы	21.08.06	0.00-3.00	3.00
2	Наращивание ставов бетоноводов	22.08.06	3.00-9.00	6.00
3	Приём и укладка бетона (64 м <sup>3</sup> )	22.08.06	9.00-17.00	8.00
4	Уборка породы с разборкой под бурение (40+24 бадьи)	22-23.08.06	22.00-11.00	13.00
5	Бурение шпуров	23.08.06	11.30-19.30	8.00
6	Взрывание	23.08.06	21.10	-
7	Взрывание	25.08.06	8.50	-
8	Взрывание	26.08.06	21.10	-

Для оптимизции крепи была рассмотрена замена бетона марки В25 с (толщиной слоя 500 мм) на высокопрочный бетон класса В50 (с толщиной слоя 200 мм), и выполнен соответствующий расчет.

Сравнительный анализ расчётных данных показал, что при замене на бетон класса В50:

- снижается коэффициент  $\alpha^*$  и соответственно нагрузки на крепь;
- напряжения распределяются по отдельным заходкам более равномерно (если в возрасте 1,5 сут. напряжения во втором случае выше, то при достижении максимальных значений напряжений в возрасте 7,4 сут. ситуация прямо противоположная);
- крепь работает в значительно более благоприятных условиях (напряжения снижаются в 1,1 - 1,6 раза);
- рост напряжений отмечен лишь на допредельных значениях в возрасте до 4-х суток, и не вызывает отрицательных последствий;
- произведённый расчёт дал удовлетворительное объяснение наблюдавшемуся разрушению бетонной составляющей многослойной крепи.

Выводы: замена обычных бетонов на высокопрочные в двухслойной чугуно-тюбинговой крепи позволяет избежать разрушения бетона на ранней стадии твердения, более рационально использовать несущую способность материалов

крепи, уменьшить диаметр ствола (в данном конкретном случае с 9,4 до 8,8 м), снизить трудоемкость и продолжительность работ по бетонированию, а также увеличить скорость проходки.

#### **Библиографический список**

1. **Н. С. Булычѳв.** Механика подземных сооружений. Москва Недра, 1994.
2. **Н. С. Булычѳв, Х. И. Абрамсон.** Крепь вертикальных стволов шахт». Москва Недра 1978.
3. **Сергеев С. В.** Передача напряжений в комбинированной крепи стволов. 2006 г. Семинар №15. с.220-223.

УДК 622.002.2

*Б.М. Андреев, д.т.н., проф., зав. каф. СГТ, А.О. Сахно, асп.,  
КТУ, г. Кривой Рог, Украина*

### **ОЦІНКА ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ АНІЗОТРОПНОГО ПОРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА З УРАХУВАННЯМ УМОВ ЙОГО РУЙНУВАННЯ**

Для оцінки стійкості та обґрунтування засобів підтримки і параметрів гірничих кріплень надзвичайно важливо знати пружно-деформований стан породного масиву навколо виробок. Найбільш складні умови проведення та підтримки виробок характерні для штреків, які проходять вздовж нашарування пластів сланцевих порід. Треба відзначити, що завдання у вивченні пружно-деформованого стану порід навколо таких виробок виявляється також найбільш складним.

Породний масив при проведенні виробок у напрямку вздовж нашарування сланців має не тільки фізичну анізотропію, що характеризується такими параметрами, як модуль пружності і коефіцієнт поперечних деформацій у взаємно перпендикулярних напрямках: в площині шарів, та в перпендикулярному до площині шарів напрямку, але й анізотропію характеристик міцності.

Стосовно фізичної анізотропії сланцевого породного масиву пропонується розглядати його як трансверсально-ізотропне середовище, матриця пружності якого визначена з урахуванням кута падіння сланцевих шарів [1].

При оцінці міцності анізотропних масивів визначну роль відіграє міцність по структурним послабленням породного масиву, до яких відносяться тріщини та контакти породних шарів. Наявність поверхонь послаблення перетворюють породний масив в анізотропний по властивостям його міцності. Міцність породного масиву залежить від значення кута  $\alpha'$ , який складає напрямок дії максимальних головних напружень в породному масиві  $\sigma_1$  з площиною структурного