

УДК 622.25.(06)

Н.В. Меренкова

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАПАСА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КРЕПИ ГЛУБОКИХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Представлены результаты шахтных исследований и численного моделирования крепи вертикальных стволов. Установлена зависимость величины срезающих напряжений в бетоне крепи от различных факторов. Получены корреляционные зависимости по определению величины срезающих напряжений в различных условиях.
Ключевые слова: вертикальный ствол, крепь, напряжения, технология проходки.

Семинар № 19

В настоящее время практически не имеет альтернативы совмещенная технологическая схема проходки стволов с монолитной бетонной крепью. Известен ряд недостатков этой технологии, усиливающихся с увеличением глубин проходки стволов, и отрицательно влияющих на запас несущей способности крепи. К ним в частности относится наличие в крепи «холодных» швов между заходками, которые являются зонами ослабления крепи.

Несущая способность крепи в первую очередь зависит от прочности бетона. В шахтном строительстве используют бетон классов В15 - В25, его назначают по результатам лабораторных испытаний образцов бетона, выполненных на заводе или пристольном бетонном узле.

В то же время значительный интерес представляет оценка фактической прочности бетона в крепи, так как уже после спуска к месту укладки свойства бетонной смеси и бетона значительно ухудшаются, и при разработке современных проектов рекомендуется снижать заводской класс бетона на пять пунктов. Дальнейшая технология укладки бетона за опалуб-

ку, условия твердения и набора прочности бетона, отличные от нормальных, могут также отрицательно повлиять на прочность бетона.

Автором выполнено исследование фактической прочности бетона крепи при сжатии во вспомогательном вертикальном стволе рудника «Айхал» АК «Алроса» в диапазоне высотных отметок «-30 м» – «-190 м». Использован метод ударного импульса, реализуемый с помощью измерителя прочности бетона ИГС – МГ4.

Всего исследовано 40 заходок монолитной бетонной крепи. Породы на участке представлены переслаивающимися доломитами и мергелями с коэффициентом крепости $f=2$ - 4. Толщина монолитной бетонной крепи 500 мм, класс бетона В25.

С учетом технологии работ измерения прочности в пределах каждой заходки проводились с проходческого полка в двух зонах:

1 – в центральной части заходки;

2 – вблизи границы заходки на расстоянии 10–15 см от «холодного шва».

Анализ представленных результатов показал, что фактическая прочность бетона крепи значительно ниже

R , МПа

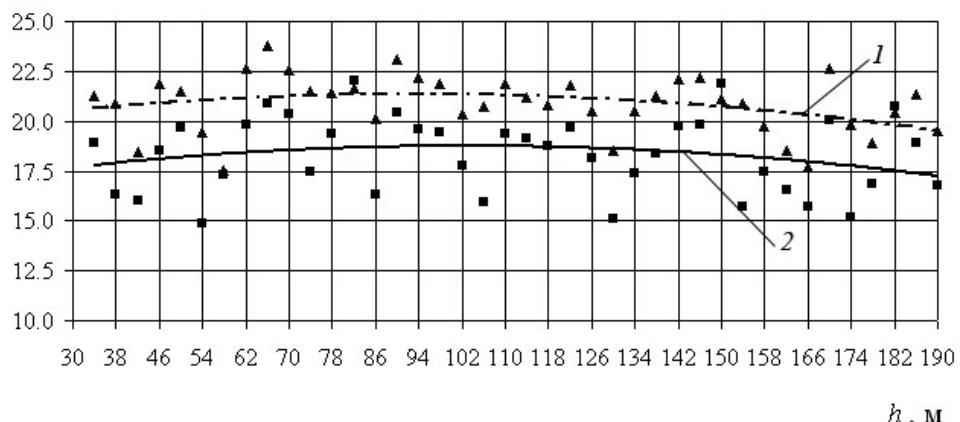


Рис. 1. Изменение фактической прочности монолитной бетонной крепи по глубине ствола: 1 – в центральной зоне заходки крепи; 2 – в зоне «холодного» шва

прочности образцов, определенной в лабораторных условиях. Среднее отклонение составило 28,93%. В зоне «холодного шва» наблюдается еще большее снижение прочности бетона по сравнению с обычным участком, составившее в среднем 37,61%, а по отношению к центральной зоне прочность бетона в зоне шва меньше в среднем на 12,27%. В графическом виде изменение прочности крепи по глубине ствола представлено на рис. 1.

Представленные данные свидетельствуют о том, что применяемая технология крепления приводит к значительному снижению прочности бетона крепи, и, соответственно, запасу ее несущей способности. На основании данных по одному стволу затруднительно получить строгие корреляционные зависимости, однако с достаточной достоверностью можно утверждать, что при совмещенной схеме проходки на границе заходки вблизи «холодного» шва образуется область ослабления крепи, которая может оказывать отрицательное влияние на работоспособность конструкции крепи в целом. Этот фактор, на наш

взгляд, должен учитываться при разработке проектных решений.

Одним из направлений совершенствования крепления глубоких вертикальных стволов является переход на технологию возведения монолитной бетонной крепи с отставанием от забоя 20 - 25 м, которая позволяет существенно повысить качество стыков между заходками и обеспечить более высокую прочность бетона. Однако ряд аспектов данной технологии остаются неразработанными.

По данной схеме сначала возводится так называемый опорный слой бетона высотой 0,5 - 1 м и более, после схватывания которого, возводится основное кольцо крепи до высоты опалубки. Таким образом, к моменту окончания бетонирования заходки на опорный слой будет оказывать давление верхний слой свежеуложенного бетона. На контакте бетона опорного слоя и пород возникают срезающие напряжения, которые могут привести к «отрыву» заходки. Поддерживающее влияние поддона при этом не следует учитывать из-за значительной податливости дощатого настила.

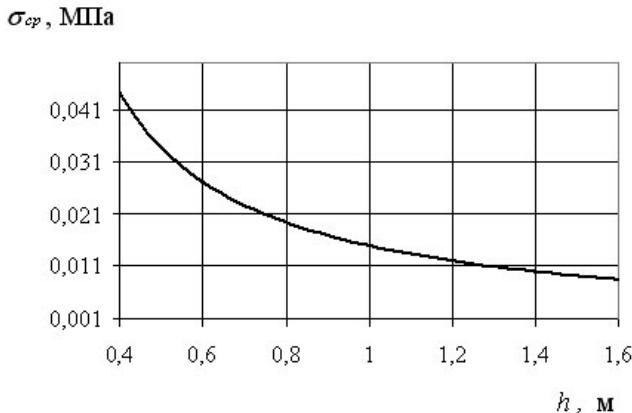


Рис. 2. Зависимость напряжений от высоты опорного слоя

С целью исследования влияния вертикальных нагрузок на опорный слой крепи автором произведена разработка и расчет объемных моделей с помощью программного комплекса «Лира 9.0», реализующим метод конечных элементов. В результате проведения исследований определялись все компоненты объемного тензора напряжений в бетоне опорного слоя, затем находились максимальные срезающие напряжения.

В настоящее время сопротивления бетону срезу не нормируются [1] и согласно рекомендациям [2] его значение следует принимать равным $R_{cp}=2R_{bt}$, где R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению. Учитывая, что рассматривается незначительный период времени работы бетона крепи с небольшим сроком твердения, условие прочности бетона на срез можно представить в виде

$$\sigma_{cp} \leq \frac{2R_p}{k_3}, \quad (1)$$

Где R_p – средняя прочность твердеющего бетона на растяжение в рассматриваемый момент времени; k_3 – коэффициент запаса, который следует устанавливать на основании фак-

тических данных по вариации прочности бетона. В общем случае его можно назначать с учетом снижения средней прочности бетона до расчетного значения.

В результате выполненных исследований установлены основные влияющие факторы на величину напряжений σ_{cp} . Так на рис. 2 представлена зависимость напряжений среза от высоты опорного слоя бетона.

На основании обработки данных получены корреляционные зависимости по определению напряжений среза в бетоне опорного слоя вида:

– при диаметре ствола в свету $D_{cb}=6,0$ м

$$\sigma_{cp} = \frac{1,1028 \cdot (G_0 / G_1)^{0.107} (0,985 \cdot P + 0,0001)}{h^{1.1545}},$$

– при $D_{cb}=7,0$ м

$$\sigma_{cp} = \frac{1,1057 \cdot (G_0 / G_1)^{0.1} (0,985 \cdot P + 0,0011)}{h^{1.141}},$$

– при $D_{cb}=8,0$ м

$$\sigma_{cp} = \frac{1,1055 \cdot (G_0 / G_1)^{0.1503} (1,0035 \cdot P + 0,0004)}{h^{1.1071}},$$

где P – давление свежеуложенного слоя бетона, МПа; G_0 , G_1 – соответственно модуль деформации пород массива и бетона крепи; h – высота опорного слоя, м.

Средний коэффициент корреляции составил 0,991, максимальное отклонение результатов вычислений не превышает 5,43%.

Зависимости позволяют выполнять оценку несущей способности опорного слоя крепи согласно условия (1) при наличии фактических данных о прочностных свойствах бетона в раннем возрасте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 76 с.
2. Железобетонные и каменные конструкции: Учеб. для строит. спец. вузов / В.М. Бондаренко, Р.О. Бакиров, В.Г. Назаренко, В.И. Римшин; Под ред. В.М. Бондаренко. – М.: Высш. шк., 2002. – 876 с. **ГИАБ**

Коротко об авторах –

Меренкова Н.В. – старший преподаватель кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы» Шахтинского института (филиала) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт)», тел. 8-919-871-32-96.



ОТДЕЛЬНАЯ СТАТЬЯ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ ПРЕПРИНТ

**Бадам Б., Белин В.А., Белин В.А., Дугарсыренов А.В., Камолов Ш.А.,
Левкин Ю.М., Трусов А.А., Хадхуу Ж., Цэденбат А.**

Московский государственный горный университет

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ. Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технический журнал). — 2009. — № 12. — 46 с. — М.: издательство «Горная книга».

Представлены результаты маркшейдерского обеспечения взрывных работ на месторождениях с различным строением массивов горных пород. Рассмотрены проблемы взрывания мерзлых, разнотрочных и слоистых массивов, а также массивов с мерзлыми включениями. Даны рекомендации по обеспечению качества рыхления указанных массивов.

Для специалистов горного производства, может быть использована в горном образовании.

**Badam B., Belin V.A., Belin V.A., Dugartsyrenov A.V., Kamolov S.A.,
Levkin J.M., Trusov A.A., Hadhuu J., Tsedenbat A.**

Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

MINING SURVEYOR MAINTENANCE OF EXPLOSIVE WORKS

There are presented the results of mine surveyor maintenance of explosive works on deposits with a various structure of rock massifs. There are considered the problems of detonation of frozen, various strength and layered massifs, and also of massifs with frozen inclusions. Recommendations about maintenance of quality of loosening of the specified massifs are made.

For experts of mining production, can be used in mining education.