

гающей выше минимальной глубины выбросоопасности песчаников (линии 3). Напряженное состояние и газоносность пород в этой зоне не позволяют проявиться выбросам песчаника и газа. Следовательно, исследуемый песчаник является невыбросоопасным и дальнейшее определение модуля упругости и комплексного критерия выбросоопасности — не целесообразно.

### **Библиографический список**

1. **Инструкция** по безопасному ведению работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа. — М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1989. — 191 с.

© *Лысыков Б.А., Формос В.Ф., Гребенюк А.А., 2002*

УДК 622.235:622.281.4

ШЕВЦОВ Н.Р., ХОМЕНЧУК О.В. (ДонНТУ)

## **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ ВЗРЫВНЫМ СПОСОБОМ**

Принципиальная схема способа разработана на кафедре «Строительства шахт и подземных сооружений» (СШ и ПС) Донецкого национального технического университета и заключается в следующем. Заряд ВВ, состоящий из одного или нескольких патронов ВВ, снабженных одним или несколькими инициаторами, размещается в центре легкоразрушаемого сосуда (например, полиэтиленового) наполненного бетоном. Сосуд подвешивается или укладывается на почве выработки, а затем взрывается заряд ВВ. Под действием взрыва бетонная смесь диспергируется во всех направлениях и, в конечном итоге, наносится на обрабатываемую поверхность.

Испытания способа проводились в условиях проходки вентиляционного вертикального ствола на шахте «Заря» ПО «Снежноеантрацит». На время испытаний глубина ствола составляла 776 м. Диаметр ствола в проходке — 7,3 м. Горно-геологические условия проходки: пересекаемые породы на глубине 776 м — песчаник (крепость пород по шкале проф. М.М.Протождяконова  $f=18...20$ ); приток воды в забое ствола —  $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; угол падения пород —  $10...12^\circ$ . Технические условия проходки: тип бурильного оборудования — БУКС-1м; тип применяемого ВВ — аммонал скальный № 1 прессованный (диаметр патрона — 45 мм, длина патрона — 180 мм, масса патрона — 0,4 кг); тип электродетонаторов — ЭДКЗ-ПМ. Технические характеристики крепи ствола: тип крепи — монолитная бетонная класса Б-15 (бетон марки 200); проектная толщина крепи 0,4 м; соотношение компонентов (по объему) — цемент:песок:щебень составляют соответственно 1,00:1,11:2,24; водоцементное соотношение 0,54; используемый цемент — сульфатостойкий марки 400; крупность щебня 20...40 мм; в качестве ускорителя схватывания применяется хлористый кальций.

Набрызгбетонирование призабойного участка ствола осуществлялось через 6 ч после взрывания забойного комплекта шпуровых зарядов ВВ (отбойки горной массы). Поверхность обнаженных боковых пород имела неровную форму с амплитудой неровностей (впадин и выступов) равной 50...100 мм и с трещинами раствором до 10 мм.

Для нанесения слоя бетонной смеси толщиной 5...6 мм на не закрепленные боковые стенки призабойного участка ствола высотой 5,0 м необходимо было распылить 1600 кг бетонной смеси. Для этого в процессе промышленных испытаний

был использован пластиковый мешок вместимостью 0,785 м<sup>3</sup>, который ранее использовался для транспортирования и хранения хлористого кальция. В качестве заряда ВВ применялись два патрона аммонала скального № 1 прессованного. Патроны размещались в специально изготовленном из ватмана шпуре диаметром 56 мм. Заряд применялся рассредоточенный. Промежуточная забойка длиной 180 мм была изготовлена из граншлака. Каждый патрон инициировался снизу вверх (обратное инициирование) электродетонатором мгновенного действия ЭДКЗ-0ПМ.

Для установления эффективности действия распыляющего заряда принятой величины и конструкции определялась скорость с которой поток бетонной смеси будет наноситься на стенки ствола по следующему дифференциальному уравнению:

$$V = R_o'(t), \quad (1)$$

где  $R_o(t)$  — функция зависимости максимального радиуса облака в направлении перпендикулярном оси распыляющего заряда ВВ от времени  $t$ .

Радиус облака диспергируемой взрывом бетонной смеси через заданный промежуток времени определяется по следующей известной формуле [1]:

$$R_o = A \cdot e^{\frac{b}{t}}, \quad (2)$$

где  $t$  — время от начала подачи электрического импульса во взрывную сеть, с;  $A$  — параметр, характеризующий максимальный радиус облака (асимптота уравнения) и зависящий от распыляемой массы бетона, а также вида и величины распыляющего заряда ВВ, м;  $b$  — параметр, характеризующий скорость расширения облака и зависящий от распыляемой массы бетона, а также вида и величины распыляющего заряда ВВ.

После дифференцирования функции (2) в уравнении (1) получим:

$$V = \frac{b}{t^2} \cdot R_o. \quad (3)$$

Для определения  $A$  и  $b$  были введены понятия «приведенной» и «эквивалентной» массы диспергированной оболочки, аналитическая связь между которыми имеет вид:

$$M_f = \psi \cdot M_f, \quad (4)$$

где  $M_f$  — приведенная масса оболочки — масса оболочки, при диспергировании которой взрывом эталонного ВВ (0,2 кг угленита Э-6) формируется облако таких же размеров, как и при диспергировании такой же по физической структуре, но иной по массе оболочки взрывом иного заряда, кг;  $M_f$  — эквивалентная масса оболочки — масса приведенной порошковой оболочки, при диспергировании которой формируется облако таких же размеров, как и при диспергировании иной по физической структуре приведенной оболочки, кг;  $\psi$  — безразмерный коэффициент, учитывающий физическую структуру распыляемого взрывом вещества (для бетонной смеси  $\psi=1,7$ ).

$$M_f = M \cdot \frac{f_{zm}}{f_{zap}}, \quad (5)$$

где  $M$  — фактическая масса распыляемой взрывом навески (оболочки), кг;  $f_{zm}$  — энергетический критерий эталонного (200 г угленита Э-6) распыляющего заряда,

равный  $88,3 \cdot 10^8 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{Дж}^{3/2}$  [1];  $f_{\text{зар}}$  — энергетический критерий фактического распыляющего заряда ВВ (вычисляется по формулам, приведенным в [1] и равен для 0,8 кг аммонала скального № 1 прессованного: при инициировании двух патронов одним электродетонатором —  $9,465 \cdot 10^{11} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{Дж}^{3/2}$  и при раздельном инициировании обоих патронов —  $1,339 \cdot 10^{12} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1/2} \cdot \text{Дж}^{3/2}$ ).

Путем математической обработки экспериментальных данных по взрывному распылению порошков и составов [2] получены следующие формулы для определения  $A$  и  $b$ :

$$A = 1,897 \cdot e^{-0,125 \cdot M_{\text{р}}} + \frac{M_{\text{р}}}{1,385 + 0,384 \cdot M_{\text{р}} - 0,910 \cdot \sqrt{M_{\text{р}}}}, \quad (6)$$

$$b = 5,63 \cdot e^{\frac{4,0}{M_{\text{р}}}} + 2,49. \quad (7)$$

В результате расчета по формулам (6) и (7) коэффициенты  $A$  и  $b$  для бетонной смеси массой равной 1600 кг равны соответственно:

— при инициировании обоих патронов ВВ одним электродетонатором — 4,0 и 7,3;

— при раздельном инициировании обоих патронов — 4,3 и 7,0.

Проведя последовательный расчет по формулам (1)–(5) была определена скорость столкновения потока бетонной смеси с стенками ствола диаметром 7,3 м. Она оказалась равной:

— при инициировании обоих патронов одним электродетонатором — 3,3 м/с;

— при раздельном инициировании обоих патронов — 12,6 м/с.

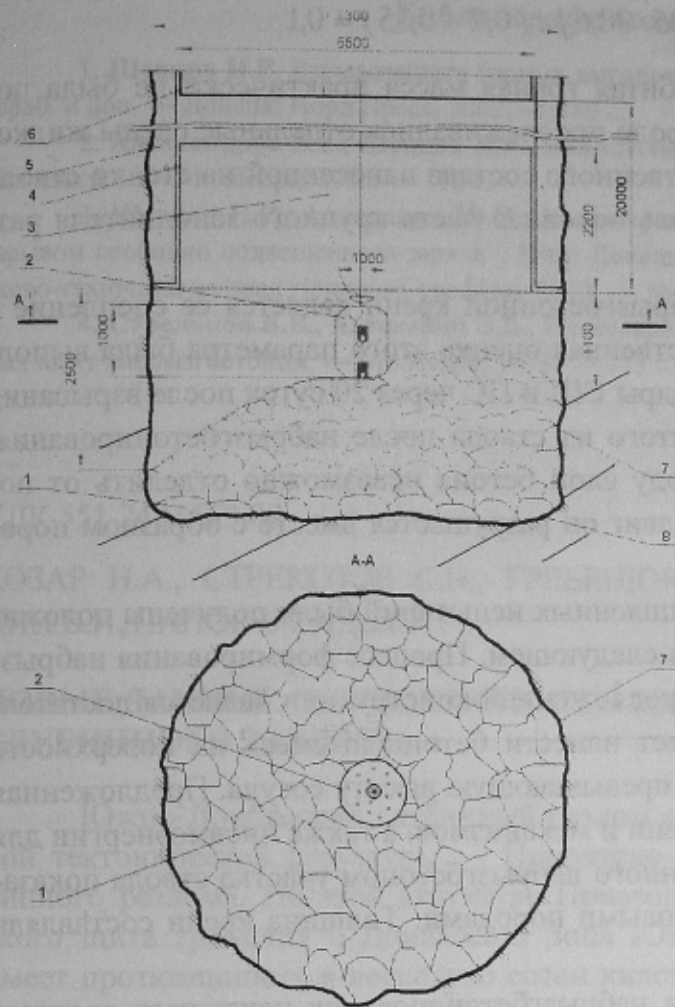
Следовательно, нанесение бетонной смеси на стенки ствола с оптимальной скоростью (согласно [4] она должна лежать в пределах 6...16 м/с) обеспечивается только при применении рассредоточенного распыляющего заряда и раздельном инициировании каждого яруса.

При проведении испытания бетонная смесь (без ускорителя схватывания) приготавливалась на поверхности и транспортировалась в забой принятым при бетонировании ствола способом — по бетонопроводу. Однако, чтобы не порвать мешок, в процессе заполнения его бетонной смесью, в призабойном пространстве ствола смесь в начале подавалась в бадью. После чего она вручную заливалась в мешок, снаряженный зарядом ВВ. Всего было помещено  $0,7 \text{ м}^3$  бетона марки 200 общей массой 1,6 т. Для лучшей устойчивости мешок был привязан канатом к полку (см. рисунок).

Монтаж взрывной цепи осуществлялся непосредственно после заполнения мешка бетонной смесью. Концы проводов электродетонаторов были последовательно соединены между собой и подсоединены к выводным проводам, которые в свою очередь были подсоединены на высоте 50 м к кабелю взрывания.

Взрывание распыляющего заряда производилось через 30 мин после наполнения мешка бетонной смесью. Осмотр призабойного участка ствола производился через 30 мин после взрывания.

В ходе промышленных испытаний проверялись следующие характеристики технологии:



**Рисунок.** Схема расположения устройства для набрызгбетонирования взрывным способом в вентиляционном стволе шахты «Заря»: 1 — отвал породы после взрывания; 2 — устройство для формирования набрызгбетонной крепи взрывом; 3 — выводные провода; 4 — опалубка; 5 — бетон; 6 — полук; 7 — стены

уровне распыляющего устройства (данный слой не подвергался воздействию каплеж воды благодаря находившейся над ним опалубке).

Отдельные следы бетона, которые не успела смыть вода с металлической опалубки к моменту осмотра, были обнаружены выше верхней части мешка на 3,3 м, что соответствует углу раствора факела распыления бетонной смеси равному 64 градуса.

В первом приближении коэффициент потерь (отскок) установлен следующим образом. Из рисунка следует, что высота обрабатываемой набрызгбетоном поверхности ствола колеблется из-за наличия отвала породы в пределах 3,6...5 м, т.е. равна в среднем 4,3 м, что соответствует площади поверхности равной 98,6 м<sup>2</sup>. Толщина нанесенного слоя, как было упомянуто, составила 5...50 мм. Однако слой толщиной 50 мм обнаружен только во впадинах и трещинах. Замеры и прикидочные расчеты показывают, что объем таких неровностей не превышает 0,15 м<sup>3</sup>. Тогда коэффициент потерь будет равен:

— технологичность снаряжения и рациональная схема размещения устройства для нанесения набрызгбетона взрывным способом в стволе;

— эффективность испытываемой технологии нанесения набрызгбетона взрывным способом, в том числе дальность разлета бетонной смеси;

— параметры и конструкция устройства для набрызгбетонирования ствола взрывным способом;

— адгезия нанесенного слоя набрызгбетона со стенками выработки.

Проведенные испытания показали, что технология набрызгбетонирования взрывом заряда ВВ в одном снаряженном сосуде обеспечивает эффективное нанесение бетонной смеси на стенки ствола диаметром 7,3 м. На призабойном участке ствола высотой 2,5 м, т.е. от отвала породы до нижней части опалубки толщина нанесенного слоя составила 5...50 мм, причем наибольшая толщина слоя приходилась на глубокие трещины и впадины в стенке ствола, особенно находящихся на

$$[(0,7 - 0,15) - 0,005 \cdot 98,6] : (0,7 - 0,15) = 0,1$$

Визуально установлено, что отбитая горная масса практически не была покрыта слоем бетонной смеси — на породе прослеживались отдельные следы жидкого бетона. Кроме того, изучение качественного состава нанесенной на стенки ствола смеси показало, что в отскоке оказалась основная часть крупного заполнителя размером от 20 до 40 мм.

Важнейшей характеристикой набрызгбетонной крепи является ее сцепление с поверхностью породы (адгезия). Качественная оценка этого параметра была выполнена в строительной лаборатории кафедры СШ и ПС через 20 суток после взрывания путем изучения образца породы, изъятых из ствола после набрызгбетонирования. Установлено, что нанесенный на породу слой бетона невозможно отделить от поверхности породы: под нагрузкой на сдвиг он разрушается вместе с образцом породы.

Таким образом, в процессе промышленных испытаний были получены положительные результаты, которые состоят в следующем. Процесс формирования набрызгбетонной крепи взрывом заряда ВВ предложенной конструкции является достаточно простым и надежным. Он позволяет нанести бетонную смесь на поверхность ствола высотой равной 5 м, т.е. в 5 раз превышающую высоту сосуда. Предложенная технология не требует применения машин и механизмов, а также пневмоэнергии для ее реализации. Обследование закрепленного набрызгбетоном участка ствола показало, что бетон надежно скреплен с боковыми породами. Толщина крепи составляла 5...50 мм. Отскок не превысил 10%.

Испытанная взрывная технология набрызгбетонирования исключает вредные воздействия на человека, т.к. крепление ствола осуществляется дистанционно с поверхности, и уже через 30 мин после взрывания в призабойном участке ствола отсутствовала аэрозоль бетонной смеси.

Технология набрызгбетонирования взрывным способом может быть использована для крепления горных выработок в совокупности с анкерной крепью, для ремонта действующих горных выработок с бетонной крепью, а также для крепления и ремонта наземных и подземных сооружений в условиях, когда невозможно применить механический способ набрызгбетонирования.

Рекомендуемые условия применения:

- поперечные размеры выработок: ширина (диаметр) — не более 9 м, высота — не ограничена;
- приток воды в забое: нет ограничений при отсутствии непрерывного движения воды вдоль обрабатываемой поверхности выработки;
- взрывоопасность выработок: нет ограничений;
- место нанесения набрызгбетонной крепи: как в призабойном пространстве, так и на всем протяжении выработок;
- наличие энергии: не требуется;
- крупность твердого заполнителя: не более 20 мм.

### Библиографический список

1. Шевцов Н.Р. Взрывозащита горных выработок: Учебное пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Донецк: Норд Пресс, 2002. — 280 с.
2. Александров В.Е., Шевцов Н.Р., Вайнштейн Б.И. Безопасность взрывных работ в угольных шахтах. — М.: Недра, 1986. — 150 с.
3. Шевцов Н.Р., Антоневич Ю.И., Хоменчук О.В. Диаграмма распыления бетонной смеси взрывом свободно подвешенного заряда // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю, 2002. — № 1. — С. 28–31.
4. Стрельцов В.В., Казакевич Э.В., Пономаренко Д.И. Крепление горных выработок угольных шахт набрызгбетоном. — М.: Недра, 1978. — 273 с.

© Шевцов Н.Р., Хоменчук О.В., 2002

УДК 551.242+553.08

КОЗАР Н.А., СТРЕКОЗОВ С.Н., ГРЕБЕНЮК А.Н. (КП «Южукргеология»), АЛЕХИН В.И., ПАНОВ Б.С. (ДонНТУ)

### НОВЫЕ ДАННЫЕ О РУДОНОСНОСТИ ЮЖНО-ДОНБАССКОГО ГЛУБИННОГО РАЗЛОМА

Южно-Донбасский глубинный разлом является составной частью более крупной тектонической структуры — Припятско-Маньчского трансрегионального глубинного разлома. По этой структуре Приазовский блок Украинского кристаллического щита граничит с Донбассом. Зона Южно-Донбасского глубинного разлома имеет протяженность в несколько сотен километров при ширине до 20–30 км и характеризуется развитием крупных разрывных нарушений, брахиформной мелкой складчатостью, значительным проявлением магматизма, резким изменением фациального состава и мощности палеозойских отложений, а также многочисленными эндогенными проявлениями (флюорита, барита, руд черных, цветных и благородных металлов и т.д.) [1]. Практически все эти проявления, за исключением Покрово-Киреевского месторождения флюорита, до сих пор не представляли практического интереса для промышленности.

Согласно Концепции наращивания минерально-сырьевой базы Украины и учета региональных особенностей Донецкой области сбалансированное развитие минерально-сырьевой базы региона требует выделения среди множества мелких рудопроявлений наиболее перспективных по предполагаемым ресурсам, с возможной комплексной отработкой сырья, относительно малыми затратами на освоение рудного объекта, с возможным использованием отходов добычи и переработки сырья [2]. Таким условиям, на наш взгляд, отвечает недавно вскрытое в карьере Комсомольского рудоуправления свинцово-цинковое рудопроявление. Рудопроявление расположено в зоне влияния Волновахской зоны разломов, входящих в структуру Южно-Донбасского глубинного разлома.

Рудопроявление обнаружено при проведении Приазовской КГП поисковых работ на золото. В процессе обследования западного фланга Северного карьера флюсового сырья среди известняков стратиграфических горизонтов  $C_1^1c-C_1^1b_2$  на горизонте +30 м выявлена жила с галенит-сфалеритовой минерализацией. По данным химического анализа 3 бороздовых проб длиной 0,5–0,6 м в жиле установлены следующие содержания полезных компонентов: PbO — 0,12–22%; ZnO — 0,35–1%;