

УДК 622.281.4:693.546.3

*А.В. Быков***ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЙ ОСНОВНОЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТЕМПОВ СООРУЖЕНИЯ
КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Семинар № 14

В настоящее время в Украине объемы прохождения и крепления капитальных горных выработок резко сократились, более чем в три раза упали темпы, закладка новых шахт и их строительство не ведется в связи с отсутствием средств на эти цели.

Однако все понимают, что это явление временное. Наметилась положительная тенденция в деле финансирования горно-капитальных работ в угольной промышленности уже при формировании бюджета на 2004 год, хотя до ранее утвержденной программы «Украинский уголь» эти цифры явно не дотягивают. Поэтому важно как никогда изыскание и внедрение ресурсосберегающих технологий при проходке и креплении капитальных горных выработок. На наш взгляд необходимо в первую очередь использовать то хорошее и полезное, что наработано наукой и опробовано на практике в предыдущие годы.

Это в первую очередь контурное взрывание, набрызгбетонные крепи, анкерные и в комбинации и крепи регулируемого сопротивления, которые позволяют наиболее рационально использовать имеющиеся ресурсы.

В докладе обобщены результаты работы более чем за 20 лет, начиная с 1965 года по созданию ресурсосберегающих технологий, накоплен большой фактический материал натурных исследований, который требует дальнейшего анализа, осмысления и внедрения в производство.

В отечественной и зарубежной практике буровзрывной способ проведения выработок продолжает широко применяться.

Отечественный и зарубежный опыт строительства горизонтальных и наклонных выработок за последние 25-30 лет показал, что общая производительность труда при строительстве выработок возросла незначительно: с 0,7-0,8

м³/чел.-смену готовой выработки до 1,1-1,3 м³/чел.-смену. Крепление горных выработок является сложным и трудоемким процессом в цикле горнопроходческих работ. Трудозатраты на крепление составляют 30-50 % трудозатрат, на строительство выработок с помощью буровзрывных работ.

С увеличением глубины горных работ за последние 10-15 лет давление на крепь возросло в 2 раза, стоимость крепления возросла в 2,3 раза, трудоемкость – в 3,7 раза, расход металла – в 2 раза. В связи с этим в Донбассе, Кузбассе и других бассейнах СНГ все большее распространение

получают способы крепления выработок набрызгбетоном, что является одним из эффективных способов уменьшения трудоемкости и стоимости крепления выработок повышение устойчивости массива вмещающих пород путем его разгрузки.

Для решения вопроса о значительном снижении переборов пород и чрезмерного их разрушения, начиная с 1965 г. исследовалось образование трещин в массиве при взрывных работах.

Пробуренные в стенках выработки скважины позволили обнаружить в массиве трещины ранее неизвестного вида – параллельные или почти параллельные стенкам выработок. Глубина их расположения, считая от линии оконтуривающих шпуров, достигала 40-50 см, а иногда и более 1 м, то есть в 3-4 раза превышала глубину проникновения в массив радиальных трещин.

Так при проходке полевого бремсберга на шахте «Игнатьевская» было пробурено в кровле, почве и главным образом, в стенках 108 скважин. Они позволили хорошо изучить новый вид трещин и убедиться. Что чем они ближе к контуру выработки, тем гуще, чем в глы-

бине массива. У поверхности выработки трещины располагаются свитами на расстоянии 2-4 мм одна от другой.

По мере удаления от поверхности выработки вглубь массива количество трещин постепенно уменьшается, а расстояние между ними увеличивается, и далее наблюдается лишь одиночные трещины, параллельные или почти параллельные стенкам выработки.

Глубина зоны трещинообразования существенно зависит как от характера и крепости пород, так и вида ВВ.

В результате проведенных исследований возникло и укрепилось мнение о необходимости проходить выработки проектным сечением с наименьшими нарушениями окружающих выработку пород, то есть методом щадящего контурного взрывания. Целесообразность разработки этого метода с точки зрения повышения устойчивости выработки не вызвала сомнений.

Все методы контурного взрывания, применявшиеся во время выполнения описанных работ и применяемые в настоящее время в подземных выработках. Можно разделить на две группы: первая – контурное взрывание с последующим оконтуриванием и вторая – контурное взрывание с предварительным оконтуриванием выработки (образованием щели по контуру выработки).

В шахтах, опасных по газу и пыли, контурное взрывание впервые начали применять в 1965 г. по методу. Разработанному под руководством П.Я. Таранова и Е.М. Гарцуева. Это метод контурного щадящего взрывания с последующим оконтуриванием путем взрывания в оконтуривающих шпурах зарядов мощных ВВ малого диаметра или зарядов маломощных ВВ, как малого диаметра, так и серийных.

Результаты этих экспериментов показали, что наименьшая глубина трещинообразования получается при взрывании патронов аммонита ПЖВ-20 диаметром 25-26 мм в шпурах нормального диаметра (40-42 мм). Более гладкой получается и поверхность выработки.

Глубина трещинообразования при контурном взрывании в слабых сланцах уменьшилась в 2,5 раза. В песчаниках – в 8 раз (рис. 2). Детонит 10А в патронах диаметром 26 мм дал лучшие результаты.

Промышленные эксперименты. Проведенные на шахте №5 им. В.И. Ленина в породах различной крепости. Позволили разработать метод расчета параметров БВР при контурном

взрывании для пород с коэффициентом крепости 3-12 при ВВ различной работоспособности и бризантности.

Исследования, проведенные на шахте им. Абакумова при проходке штрека сечением вчерне 9.7 м комбайном ПК-3 в слабо плотных трещиноватых аргиллитах с коэффициентом крепости 3,2-3,4 при осмотре их стенок прибором РПВ-451 показали полное отсутствие техногенных трещин.

По-видимому, впервые в угольной промышленности, одновременно с внедрением контурного взрывания как естественного развития прогрессивного способа проходки в 1965 г. на шахте Карла Маркса для крепления выработки был применен набрызгбетон, так как стенки и кровля выработки были менее нарушены. Результаты внедрения контурного взрывания прямо привели шахтостроителей к идее крепить такие выработки более дешевой крепью – набрызгбетоном, анкерами или комбинированной (анкера и набрызгбетон). Кроме всего прочего эти крепи обеспечивают более высокую производительность труда проходчиков.

Благодаря этим экспериментам и полученным положительным результатам трест «Горловскуглестрой» начал более широко применять крепление выработок набрызгбетоном. Анализ результатов инструментальных наблюдений показал, что в первой стадии существования выработки интенсивно формируется область неупругих деформаций, и ее образование в основном заканчивается в течение двух месяцев. Дальнейшие смещения поверхности выработки происходят за счет деформации ползучести.

В результате натурных исследований установлено, что при использовании набрызгбетонного покрытия представляется возможным облегчить конструкцию крепи, в соответствии с коэффициентом эффективности, за счет уменьшения ее параметров (по сравнению с традиционными конструкциями): необходимой несущей способности на 10-30 % и податливости на 17-25 % было введено понятие: «Критическое смещение пород»- смещения (опускание) пород кровли выработки, при которых наблюдались нарушения набрызгбетона.

Уже в конце 90-х годов было посчитано, что 70% набрызг-бетона в мире наносилось с помощью «мокрого» набрызга.

Достоинства «мокрого способа»:

- возможность точной дозировки, прежде всего воды и добавок, что позволяет получать расчетные и, соответственно, более высокие характеристики бетона.

- Меньшая зависимость от профессионализма оператора, регулирующего на месте ряд параметров, в частности, водоцементное соотношение.

- Меньший отскок смеси при ее нанесении и ниже пылеобразование.

- Возможность использовать фибры, что позволяет отказаться от стальных армирующих сеток, при этом сохранив или даже улучшив показатели отделки.

- Лучшие санитарно-гигиенические условия при выполнении работ.

Основной недостаток такой технологии – необходимость в более дорогостоящем оборудовании. Набрызг бетонные крепи целесообразно применять в сочетании со специальными добавками, такими как ускорители схватывания (самая распространенная добавка силикат натрия или жидкое стекло), микрокремнезем, улучшающий сцепление и позволяющий наносить слои большей толщины, снижающей расход цемента с сохранением той же прочности, пластификаторы, позволяющие увеличить прочность за счет снижения водоцементного фактора.

Производство опытных работ

При использовании технологии «мокрого» набрызгбетонирования снижается доля ручного труда, значительно возрастает производительность, снижается отскок.

Идея усиления набрызг-бетонной крепи (табл. 4) и определения условий применения крепи по величине критических (для данной конструкции) смещений пород кровли выработки получила дальнейшее развитие в совместных с кафедрой СПС Московского горного института (теперь – государственный горный университет) исследованиях.

Крепь регулируемого сопротивления

В общем случае крепь регулируемого сопротивления представляет собой совокупность вариантов сочетаний отдельных конструкций крепи, устанавливаемых по длине выработки с рациональными для различных ее участков параметрами, определяемыми на основании непрерывного контроля смещений поверхности (кровли).

Первая задача исследования – прогноз ожидаемых смещений пород.

Расхождение величин смещений контура сечения выработок, рассчитанных по эмпирическим формулам с фактическими, замеренными в натуре, не превышало 25 %, что свидетельствует об их пригодности для практических расчетов.

Далее, на стадии проектирования по расчетным минимальным смещениям контура сечения выработки выбирается базовая крепь регулируемого сопротивления, а по максимальным значениям – варианты усиления крепи и определяются их параметры.

На последнем этапе проектирования производится определение величины сигнальных смещений для базовой крепи. Сигнальные смещения – это максимально допустимые смещения породного контура, при которых базовая крепь еще обеспечивает устойчивое состояние выработки.

Серийный датчик имеет ряд недостатков, поэтому была предложена новая конструкция измерительного устройства.

В 1984 году было начато опытно-промышленное внедрение крепи регулируемого сопротивления на шахте «Комсомолец Донбасса-2» в наклонном и конвейерном квершлагах комплекса перегрузки угля. Всего было испытано и внедрено 6 вариантов крепи. Большей частью в качестве базовой была принята набрызгбетонная крепь толщиной 6 см в сочетании с анкерами.

Установлено, что набрызгбетонная крепь горизонтальных капитальных выработок обеспечивает экономию ресурсов за счет:

- значительного уменьшения толщины слоя крепи из набрызгбетона, чем при обычно применяемой монолитной бетонной или железобетонной крепи.

- Меньшей трудоемкости нанесения набрызгбетонной крепи на стенки выработок из сопла трубопровода по сравнению с укладкой за опалубку монолитного бетона или железобетона.

- Экономии энергии из-за отсутствия необходимости вибрирования набрызгбетона вибраторами.

- Повышения устойчивости выработки из-за лучшего проникновения цементного молока в зону трещинообразования в массиве вмещающих пород, а также из-за формирования требуемой толщины слоя набрызгбетона с помощью энергии.

При одинаковом сечении выработки в свету приходится меньше вынимать породы

вчерне из-за меньшей толщины слоя набрызгбетона по сравнению с толщиной крепи из монолитного бетона или железобетона.

Анализ эффективности показателей проходок, осуществленных Горловскими ГТЭС с использованием ресурсосберегающих технологий.

№ п/п	Наименование шахты и горизонта	Наименование не выработанных	Месяц и год окончания проходки	Характер достижения	Конечное число рабочих дней в месяце	Конечное количество затраченных выходов	Оплата	Достигнутые темпы проходки		Средние по темпу		Достигнутая протяженность в м/мес	Средняя стоимость выработки в руб/м	Кр	Средняя протяженность по трассе ГЭС, м/мес	Кр	Средняя стоимость выработки в руб/м	К1	По коэффициенту эффективности $k = (k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5)$	
								Мес. в свету	Среднедневная в свету	Мес. в свету	Среднедневная в свету									
№2	Им. Давыдовского гор.816	Восточная обстановка	Июль 1964	Рекорд по длине траншеи в Давыдовку	28	1180	45	801,0	30,8	198	7,8	17,0	4,06	4,06	13,8	0,54	1,26	53,2	0,96	5,34
№2	Там же	Там же	Там же	Там же	27	1370	51	1003,0	37,1	198	7,8	19,7	5,10	5,10	13,8	0,54	1,42	51,2	0,93	7,37
№2	Там же	Камера электровазопроводного параша	Сентябрь 1964	Там же	26	1560	60	1187,0	46,0	176	6,9	19,8	6,85	6,85	13,8	0,54	1,42	54,6	0,92	10,5
№3	Им. Гаврилово горисонт 840 м.	Пароизводящая камера	Май 1965	Рекорд по длине траншеи в Давыдовку	25	1800	72	1402,0	56,0	256	10,2	19,5	5,5	5,5	14,0	0,55	1,42	58,8	1,07	7,46
№3	Камары ева-Новая, горисонт 620 м.	Камера электровазопроводного параша	Август 1965	Восстановительный рекорд	26	1534	59	1552,0	59,5	211	8,3	26,4	7,35	7,35	14,0	0,55	1,84	55,9	0,91	15,28
№3	Им. Румянцева, горисонт 730 м	Камера электровазопроводного параша	Март 1966	Там же	26	1432	55	1653,0	63,5	206	8,0	29,9	8,0	8,0	14,3	0,56	2,06	37,8	0,78	21,50
№3	Там же	Камера электровазопроводного параша	Сентябрь 1967	Там же	26	1916	74	2110,2	81,0	235	9,2	28,51	8,95	8,95	15,8	0,61	1,09	51,4	0,87	18,92
№3		Камера электровазопроводного параша	Июль 1968	Там же	27	2035	77	2530,0	94,0	257	10,1	32,85	9,80	9,80	15,9	0,62	2,0	52,5	0,85	24,41
№3	№1-2 Крестный Осирия, горисонт 780м	Там же	Октябрь 1970	Рекорд по длине траншеи в Давыдовку	31	2353	87	3704,0	119,0	300	11,8	42,6	12,4	12,4	17,4	0,68	2,31	52,19	0,96	29,2
№3	Шахта Кошарь-Александровская-Новая	Камера электровазопроводного параша с притоком воздуха	Апрель 1972	Восстановительный рекорд	31	2980	96	4203,0	135,6	300	10,0	43,8	14,0	14,0	19,2	0,71	1,99	42,4	0,81	34,4

Крепь регулируемого сопротивления:

- основана на принципе ресурсосберегающей и безотходной технологии;
- предназначена для обеспечения устойчивого состояния капитальных горных выработок в различных по сложности горно-геологических условиях шахт за счет регулирования (в сторону увеличения) несущей способности крепи в зависимости от изменения геомеханических ситуаций по длине выработки на основе непрерывного контроля за состоянием породного массива;
- позволяет повысить производительность труда проходчиков на 25-30 %, сэкономить на 1 м выработки 0,3-0,6 тонн и в отличие от аналогичных образцов (включая иностранные), крепь регулируемого сопротивления позволяет строго дифференцировать несущую способность крепи в соответствии с конкретными геомеханическими условиями сооружения выработок.
- «Суходольская Восточная» п.о. «Краснодонуголь».
- «Комсомолец Донбасса» п.о. «Шахтерскантрацит». Общий объем применения – 3290 м. Полученный экономический эффект составляет 411,3 тыс. рублей.
- устройство набрызгбетонных крепей высокомеханизированно и позволяет организовать скоростные проходки горизонтальных выработок в угольных шахтах;

- контроль динамики смещений пород кровли при набрызгбетонной крепи позволяет сократить расход материалов за счет выявления участков выработки, только на которые и требуется установка крепи;

- инструментальные замеры и анализ смещений пород кровли позволяет научно управлять процессом устройства набрызгбетонной крепи в процессе проведения выработок на угольных шахтах.

На основании проведенных исследований определены параметры технологических схем проходки выработок, рекомендуемых для скоростного проведения выработок на угольных шахтах.

В прилагаемой таблице приведены в хронологическом порядке результаты наиболее показательных проходок, с использованием научных разработок по ресурсосберегающим технологиям сооружения капитальных горных выработок и их сравнительный анализ по общепринятой методике.

Применение контурного взрывания свело к минимуму переборы породы, обеспечило получение после взрывных работ гладкой поверхности выработки без существенного нарушения прилегающего к ее контуру породного массива, что особенно важно в наиболее слабых породах – глинистых и песчаных сланцах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быков А.В.* Применение контурного взрывания трестом Горловскуглестрой. Шахтное строительство 1969 №12 стр.19-21.
2. *Быков А.В.* Горловскуглестрой внедряет передовую технологию горнопроходческих работ. Шахтное строительство 1970, №3 стр. 26-27
3. *Быков А.В.* Организация и технология строительства горизонтов угольных шахт в Центральном районе Донбасса. Проектирование и строительство угольных предприятий.1970.№9-10,стр.8-11.
4. *Быков А.В.* Трест Горловскуглестрой совершенствует работы по подготовке новых горизонтов. Шахтное строительство.1971 №73 стр.18-19
5. *Быков А.В.* Совершенствование технологии проведения горных выработок с помощью буровзрывных работ. М. ЦНИЭИуголь.1972 бс.
6. *Быков А.В.* Анализ конструкций крепей и пути их совершенствования. Шахтное строительство 1981 г. №9 стр.7-10
7. *Быков А.В.* Крепь регулируемого сопротивления. Шахтное строительство 1982 №12, стр 11-12
8. *Быков А.В.* Ускорить внедрение крепей регулируемого сопротивления на шахтах Донбасса. Шахтное строительство.1986 г. №3 стр 3-6.

9. *Быков А.В., Фесенко И.А.* Опыт применения крепей регулируемого сопротивления шахтостроительным управлением №2 треста «Артемшахтострой» Обзорная информация ЦБНТИ Минуглепрома УССР, Донецк 1986 4 с.
10. Временное руководство по применению контурного взрывания при проведении горных выработок в угольных шахтах. П.Я. Таранов, Е.М. Гарцуев, А.Г. Гуздь, А.В. Быков и др. Донецк ДПИ 1969 с 23.
11. Временное руководство по проектированию крепи регулируемого сопротивления капитальных горных выработок на шахтах Донбасса. Картозия Б.А., Корчак А.В., Пшеничный В.А., Свирский Ю.И., Быков А.В., Цейтлин Г.Т. М. МГИ. 1987, 23с
12. *Заславский И.Ю., Быков А.В., Компанец В.Ф.* Набрызгбетонная крепь.М. «Недра».1986. 198 с.
13. Контурное взрывание в угольных шахтах. Таранов П.Я., Гарцуев Е.М., Гуздь А.Г., Лавриненко В.В., Афендиков С.М., Быков А.В., Шлендарев В.В., Шмитко В.Г. Донецк. Изд. «Донбасс», 1972 г. 88с.
14. Контурное прочностное взрывание. Таранов П.Я., Гарцуев Е.М., Гуздь А.Г., Быков А.В., Шлендарев В.В., Стрельцов С.Д. Безопасность труда в промышленности.1967 №3 стр.39-40.

15. Рекомендации по применению облегченных набрызгбетонных крепей и технологии для возведения в условиях шахт Минуглепрома УССР. Казакевич Э.В., Жукова И.В., Быков А.В., Кривой Рог. 1985. 68с.

16. А.С.№935619 СССР. Устройство для нанесения бетонной смеси на стенки вертикальных горных выработок. Гарцуев Е.М., Гарцуев В.Е., Валуконис Г.Ю., Быков А.В., СССР №2999593, Заявл.29.10.80. Оpubл. 16.02.82

17. А.с. № 10955709 СССР. Способ повышения устойчивости горной выработки. Литвинский Г.Г., Бабинок Г.В., Быков А.В., Абрамзон Е.М., СССР - №3542421. Заявл.19.01.83. опубл.01.02.84.

18. А.с. № 1239204 СССР. Устройство для нанесения покрытия из набрызг-бетона. Гарцуев Е.М., Гарцуев В.Е., Валуконис Г.Ю., Быков А.В., СССР -№ 3827057. Заявл. 17.12.84. Оpubл 22.02.86

19. А.с. №1384772 СССР. Способ крепления горных выработок. Картозия Б.А., Пшеничгый В.А., Корчак А.В., Буков А.В., Цейтлин Г.М., Свирский Ю.И. СССР № 4068065. Заявл. 29.05.86. Оpubл. 01.12.87.

20. Жуков В.Н., Магдиев Ш.Р. Современные технологии набрызгбетонных работ в подземном строительстве. Метро и тоннели. №4 2003.

Коротко об авторах

Быков Алексей Владимирович – кандидат технических наук, НТЦ «Шахтострой», Украина.

НОВИНКИ

**ИЗДАТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Лавров А.В., Шкуратник В.Л., Филимонов Ю.Л. Акустоэмиссионный эффект памяти в горных породах. — 456 с.: ил.

ISBN 5-7418-0312-1 (в пер.)

Проанализирован и обобщен мировой опыт в области изучения эффектов памяти в горных породах. Основное внимание уделено полученным в последние годы результатам исследований акустоэмиссионного эффекта памяти. Разработана трехмерная теоретическая модель эффекта на основе концепции трещинообразования в горных породах при сжатии вследствие роста трещин растяжения, порождаемых начальными трещинами сдвига. С использованием численного моделирования установлены закономерности акустоэмиссионного эффекта памяти при трехосном неравнокомпонентном нагружении горных пород и воздействии помеховых факторов различной физической природы. С привлечением метода разрыва смещений проведены также теоретические исследования эффекта на базе модели, учитывающей взаимодействие трещин и неоднородное дискретное строение горных пород. Представлены результаты экспериментальных исследований акустоэмиссионного эффекта памяти с использованием различных схем и режимов нагружения, а также «бразильского метода».

Рассмотрены методические вопросы практического использования эффектов памяти для оценки напряженного состояния и структурных свойств горных пород.

Для научных и инженерно-технических работников, аспирантов и студентов вузов, специализирующихся в области геомеханики и геофизики.

УДК 622.02:539.2

