

3. Р и б С.В., Ф р я н о в В.Н. Разработка комплекса проблемно-ориентированных программ для численного моделирования напряженно-деформированного состояния неоднородных угольных целиков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 3. С. 367 – 372.
4. Р и б С.В., Ф р я н о в В.Н., В о л о ш и н В.А., Ч е р е п о в А.А. Закономерности формирования зон повышенного горного давления под влиянием угольного целика-штампа при отработке свиты пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 7. С. 23 – 29.
5. Н и к и т и н а А.М., Ф р я н о в В.Н. Геомеханическое обеспечение устойчивости подземных горных выработок в неоднородном углепородном массиве. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2009. – 199 с.
6. В е р ж б и ц к и й В.М. Основы численных методов: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2002. – 840 с.
7. И с и к а в а К. Японские методы управления качеством / Сокр. пер. с англ. Под ред. А.В. Гличева. – М.: Экономика, 1988. – 214 с.
8. Математика и САПР. В 2-х кн. Кн. 2. / Пер. с франц. / П. Ж е р м е н-Л а к у р, П.Л. Ж о р ж, Ф. П и с т р, П. Б е з ь е. – М.: Мир, 1989. – 264 с.
9. Ш а й д у р о в В.В. Многосеточные методы конечных элементов. – М.: Наука, 1989. – 288 с.

© 2015 г. С.В. Риб, В.В. Басов
Поступила 2 декабря 2015 г.

УДК 622.83:622'112

Е.М. Жуков¹, И.А. Лугинин¹, Ю.И. Кропотов¹, К.А. Зырянов¹, В.В. Басов²

¹ООО «ЭО «Экспертпромуголь»

²Сибирский государственный индустриальный университет

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТРЕЩИН НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОРОД В КРОВЛЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Горные породы в естественном состоянии под влиянием циклических геотектонических процессов и изменяющихся при этом знакопеременных деформаций сжатия и растяжения подвергаются дезинтеграции с формированием системы блоков, границами которых являются трещины [1]. Возникшие на предыдущем геотектоническом цикле линеаменты могут служить каналами для миграции флюидов из земных недр или заполняться минеральными включениями. В структурированном блочном геомассиве в процессе поэтапного эволюционного изменения земных недр под влиянием знакопеременных напряжений формируются и прорастают новые трещины с пересечением линеаментов предыдущего геотектонического цикла. Указанные процессы являются следствием проявления общего закона универсаль-

ной фрактальной делимости нагружаемых твердых тел и сред [1, 2]. Таким образом, углепородный массив до начала ведения горных работ следует рассматривать как систему блоков, границами которых являются трехмерные сопряженные элементы: повреждения, трещины, разломы.

В процессе проведения и эксплуатации горных выработок возникают дополнительные техногенные напряжения, которые совместно с природными приводят к изменению иерархической структуры геосреды. Напряжения или силы, возникающие внутри массива горных пород вследствие проведения выработки и вызывающие деформации окружающих выработку горных пород, принято называть горным давлением.

Под действием горного давления породы в кровле пройденной горизонтальной или наклонной выработки деформируются. Длительное действие постоянных нагрузок приводит к постепенному росту деформации. При этом также наблюдается постепенный переход упругой деформации в пластическую и далее в разрушающую, сопровождающуюся нарушением сплошности вследствие возникающих в горных породах новых поверхностей раздела и трещин – структурных линейментов. По мере расширения трещин (структурных линейментов расслоения) происходит нарушение связи между частицами пород, выпадение отдельных ее кусков и обрушение кровли. После обрушения пород кровля выработки часто принимает форму свода. Наиболее правильная форма свода наблюдается в однородных породах, равномерно разбитых трещинами, а пластичные и вязкие породы не обрушаются, а прогибаются. Устойчивость горных пород, окружающих горную выработку, в том числе в пределах свода естественного равновесия, в значительной степени зависит от их трещиноватости [3 – 5].

Для предотвращения обрушения пород кровли и сохранения заданной формы и размеров выработок в неустойчивых породах в горной практике широко применяются различные типы крепей: в виде стоек, арок, анкеров. На стадии проектирования паспорт крепления выработок разрабатывается с учетом обеспечения сохранности горной выработки в продолжение всего срока ее службы и для создания безопасных условий работ персонала.

Для выбора типа и параметров крепи на стадии разработки паспорта проведения, крепления и поддержания выработки на шахтах России используют федеральные нормы и правила [6 – 8], в которых влияние трещин в углепородном массиве учитывается посредством коэффициентов, зависящих от неоднородности и слоистости пород, параметров дизъюнктивных геологических нарушений, обводненности выработок и других факторов. Указанные коэффициенты приняты на основе многолетних натурных наблюдений деформаций крепи, аварийных обрушений пород кровли. Реальное состояние трещиноватых пород кровли оценивалось по кернам, что также не полностью отражало иерархическую структуру породного массива.

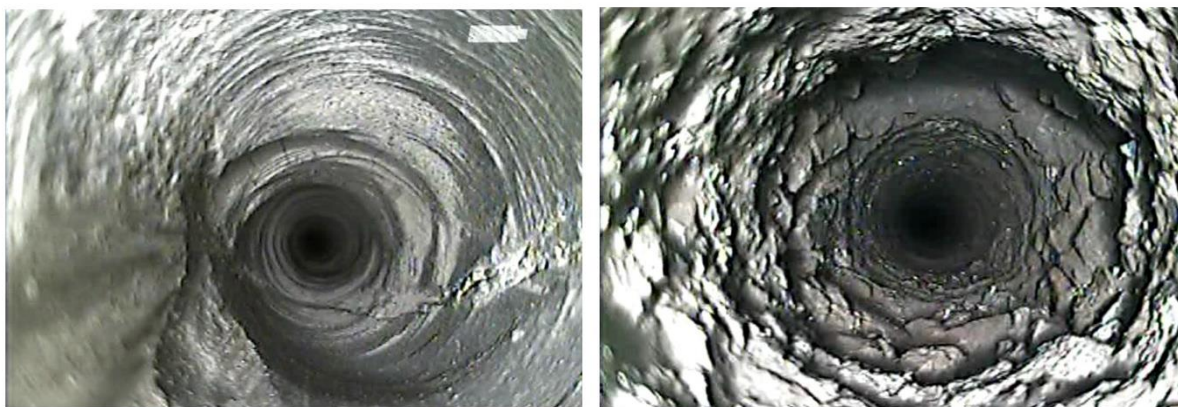
С расширением области применения анкерной крепи возник ряд гипотез ее взаимодействия с породами кровли [3, 5, 9 – 14]: подвешивание анкерами нарушенной части породного массива, скрепление разнородных слоистых пород, армировка массива для повышения связности и устойчивости. С учетом результатов последних

исследований [10] механизм работы анкерной крепи заключается в представлении об анкерах как об элементах, изменяющих структуру массива, препятствующих его разрушению и формированию вокруг выработки зоны разрушенных пород. Различные схемы анкерования массива позволяют при минимальном количестве анкеров максимально использовать несущую способность породного массива. Этим обеспечивается значительное повышение несущей способности заанкерowanego массива разрушенных пород за счет повышения их остаточной прочности. Устойчивость пород кровли, усиленной анкерами, значительно возрастает.

По результатам широкого применения анкерной крепи и анализа причин аварийных обрушений пород кровли на угольных шахтах России установлено, что основными факторами, влияющими на устойчивость закрепленной анкерами пород кровли, являются слоистость и трещиноватость, которые лишь качественно учитываются в действующих методических документах набором коэффициентов [6 – 8, 15].

С появлением технических средств видеоэндоскопической съемки трещин на стенках скважин, пробуренных в кровлю выработки, появилась возможность оценки иерархической структуры породного массива (см. рисунок). Идея предлагаемой методики оценки состояния горных выработок для разработки профилактических мероприятий по обеспечению их устойчивости состоит в установлении и использовании зависимости смещений пород кровли от параметров трещин. Для этого в подготовительной выработке по пикетам проводится с помощью видеоэндоскопа текущий мониторинг изменения параметров трещин, а также с помощью глубинных и контурных реперов измеряются деформации углепородного массива.

По результатам многолетних исследований зависимостей смещений пород кровли от типа и динамики трещин установлено, что параметры полученных зависимостей для разных горно-геологических условий существенно отличаются. Проблема несоответствия связана с неоднозначностью идентификации количественных параметров трещин, которые характеризуются индивидуальными особенностями. В этой связи проведена качественная классификация этих индивидуальных особенностей трещин, для чего выделены их классификационные признаки (табл. 1). На основе данных табл. 1 и результатов многочисленных наблюдений и измерений в натурных условиях для угольных месторождений Кузбасса разработана классификация трещин с количественной оценкой их параметров и оценка



Фрагменты видеоэндоскопической съемки пород на стенках скважин

устойчивости пород кровли подготовительных выработок (табл. 2).

Выводы. Использование результатов эндоскопической съемки позволяет реализовать новый подход к оценке устойчивости пород кровли посредством идентификации качества геомассива в своде выработки по следующим параметрам трещин: форма, размеры, интенсивность, степень открытости, поверхности ослабления. Разработана и предлагается для использования классификация пород кровли, позволяющая прогнозировать эксплуатационное состояние выработки по критерию безопасности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нелинейная механика геоматериалов и геосред / Макаров П.В., Смолин И.Ю., Стефанов Ю.П. и др.; Под ред. Л.Б. Зуева. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – 235 с.
2. Х а ч а й О.А., Х а ч а й О.Ю. Геосинергетика: теория, методы, эксперименты при решении проблем отработки горных массивов // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2015. С. 45 – 51.
3. В и т т к е В. Механика скальных пород. – М.: Недра, 1990. – 439 с.
4. Физико-технические свойства горных пород и углей / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров. – М.: Недра, 1994. – 447 с.
5. Геомеханика / Егоров П.В., Штумпф Г.Г., Ренев А.А. и др. – Кемерово: изд. КузГТУ, 2002. – 339 с.
6. Методика расчета и выбора параметров крепи на сопряжениях горных выработок при одинарной и парной подготовке выемочных столбов /. – СПб.: изд. ВНИМИ, 2004. – 84 с.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Приказ Ростехнадзора от 17.12. 2013 № 610 (зарегистрировано в Минюсте России 19.02.2014 № 31354).

Т а б л и ц а 1

Качественная классификация природных и техногенных трещин и расслоений пород в окрестности горной выработки [3, 16, 17]

Форма трещин	Размеры трещин	Интенсивность трещиноватости по среднему расстоянию между трещинами	Степень открытости трещин	Поверхности ослабления
Прямые	Длина	Слаботрещиноватые	Открытые	Поверхность напластования
Дуговидные	Ширина	Среднетрещиноватые	Закрытые	Трещины отрыва
Кольцевые	Малые (внутрипластовые)	Сильнотрещиноватые	Скрытые	Трещины скола
Изломанные	Большие	Весьма сильнотрещиноватые	Рассланцованные	Трещины сдвига

Т а б л и ц а 2

Количественная классификация природных и техногенных трещин и расслоений пород в окрестности горной выработки

Протяженность трещин, мм	Ширина трещин, мм	Расстояние между трещинами, мм	Заполнение трещин	Степень открытости трещин	Смещения пород кровли, мм	Характеристика признаков опасности	Состояние выработки
>1000	> 2,00	< 50	Механическое	Открытая	> 300	Прогиб подхватов и прорыв гаек анкеров через них, полное смятие опорных шайб, прогиб решетчатой затяжки более 15 см, разрывы решетчатой затяжки	Опасно
601 – 1000	1,01 – 2,00	51 – 100	Органогенное	Закрытая	251 – 300	Шайбы вдавлены, прогиб верхняков, прогиб решетчатой затяжки до 15 см	Требуется усиление крепи
401 – 600	0,51 – 1,00	101 – 200			201 – 250		
201 – 400	0,11 – 0,50	201 – 300			151 – 200		
101 – 200	0,02 – 0,10	301 – 500			101 – 150		
51 – 100	0,002 – 0,01	501 – 800			71 – 100		
					51 – 70		
< 50	< 0,001	> 1000	Химическое или физико-химическое	Скрытая	< 50	Отсутствуют видимые деформации верхняков, решетчатой затяжки и опорных элементов	Не опасно

8. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок / – СПб.: изд. ВНИМИ, 1991. – 125 с.
9. Широков А.П., Лидер В.А., Писляков Б.Г. Расчет анкерной крепи для различных условий применения. – М.: Недра, 1976. – 208 с.
10. Майоров А.Е., Хмяляйнен В.А. Консолидирующее крепление горных выработок. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 258 с.
11. Механизация проведения подготовительных выработок / А.И. Петров, Г.Г. Штумпф, П.В. Егоров, Г.Н. Архипов. – М.: Недра, 1988. – 249 с.
12. Першин В.В. Организация строительства горных выработок. Справочное пособие. – М.: Недра, 1992. – 224 с.
13. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нужишин А.Г. Крепление ка-
питальных и подготовительных горных выработок. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 571 с.
14. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. – М.: Недра, 1994. – 382 с.
15. Фармер Я. Выработки угольных шахт / Пер. с англ. Е.А. Мельникова. – М.: Недра, 1990. – 269 с.
16. Фисенко Г.Л. Предельное состояние горных пород вокруг выработок. – М.: Недра, 1976. – 272 с.
17. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. – М.: Недра, 1970. – 160 с.

© 2015 г. Е.М. Жуков, И.А. Лугинин,
Ю.И. Кропотов, К.А. Зырянов, В.В. Басов
Поступила 2 декабря 2015 г.

УДК 622.281.74:519.876.5

С.В. Риб, А.Н. Домрачев, В.А. Волошин

Сибирский государственный индустриальный университет

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ПАРАМЕТРОВ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ, ПРИНЯТЫХ ПО НОРМАТИВНЫМ ДОКУМЕНТАМ И ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сложная экономическая ситуация, сложившаяся в экономике нашей страны, предъявляет повышенные требования к эффективности и безопасности работы угольных шахт. Одним из условий эффективной и безопасной работы шахты является применение оптимальных технологических решений по проведению и поддержанию горных выработок. За последние годы широкое распространение в угольной промышленности разных стран, в том числе и России, получила сталеполимерная анкерная крепь: в России – от 60 % (в Печорском бассейне) до 95 % (в Кузбассе); в Германии – до 60 % (в составе комбинированной крепи) [1]; в США — до 100 %. Этот вид крепи по сравнению с другими имеет ряд явных преимуществ:

– увеличение скорости проведения горных выработок;

- связывание и упрочнение массива пород в кровле и боках выработки сразу после установки крепи;
- противодействие развитию смещений и деформаций пород;
- возможность полной механизации процесса крепления;
- низкая трудоемкость проходческих работ;
- сравнительно невысокая стоимость;
- высокая надежность крепи;
- снижение расхода материалов и объема работ по поддержанию горных выработок.

В течение последних 10 лет успешно решаются задачи поддержания подземных горных выработок в различных горно-геологических и горнотехнических условиях с помощью анкеров второго уровня (канатные анкеры).