УДК 622.023, 622.822.34, 622.267

Нургалиев Евгений Илдарович
генеральный директор Научно-производственной компании
«Упрочнение Горного Массива», аспирант Института угля
(ООО НПК «УГМ», ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово)
Nurgaliev Evgeny
Director general SPC «UGM», graduate student of Coal Institute
(Ltd SPC «UGM», FRC CCC SB RAS, Kemerovo)

Майоров Александр Евгеньевич
заместитель директора по направлению добычи и обогащения угля
Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского
отделения Российской академии наук, профессор кафедры теоретической и
геотехнической механики Кузбасского государственного технического
университета им. Т.Ф. Горбачёва, д.т.н., профессор РАН
(ФИЦ УУХ СО РАН, КузГТУ, г. Кемерово)
Mayorov Alexander
Vice director of Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, professor KuzSTU
DEA, RAS professor
(FRC CCC SB RAS, KuzSTU, Kemerovo)

ДИАГНОСТИКА И КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ НАРУШЕННОГО ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА ПОРОД ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЗВРУБОВЫХ ПЕРЕМЫЧЕК

DIAGNOSTICS AND CONTROL OF DISTRIBUTED BORDER ROCK MASSIF STATE IN CONSTRUCTION AND OPERATION OF NO-CUT BRIDGES

Аннотация

Даны рекомендации по проведению оперативной диагностики и контролю состояния приконтурного массива горных выработок с оценкой его фактической трещиноватости и фильтрационных свойств. Разработаны методические указания, позволяющие обосновать качество последующего инъекционного упрочнения и уплотнения приконтурного массива горных выработок при возведении и эксплуатации безврубовых перемычек.

Ключевые слова: перемычка, минеральная смесь, массив, трещины, диагностика, упрочнение, уплотнение, безопасность.

Abstract

There are recommendations about fast diagnostics and control over state of border rock massif of mine excavations with evaluation of real fracturing and filtration characteristics. Guidelines, which allow to justify quality of the next

injection hardening border rock massif of coal excavations in construction and operation of no-cut bridges, have been developed.
Key words: bridges, mineral mixture, massif, cracks, diagnostics, hardening, compacting, safety.

Изоляция выработок является одной из важных технологических задач при ведении горных работ. При плановой изоляции неизбежно возникают вопросы:

– где возводить перемычку и какова степень нарушенности приконтурного массива пород?

– какой состав смеси и какая технология инъекционного упрочнения и уплотнения приконтурного массива пород наиболее эффективны?

– как проконтролировать реальное качество проведенного инъекционного упрочнения и уплотнения приконтурного массива?

Ключевым моментом в решении вопросов безопасности ведения горных работ, функционирования горных выработок и подземных сооружений является своевременная организация оперативного геомеханического мониторинга физического состояния природных и техногенных массивов горных пород шахт и рудников (далее – массив горных пород), включающего:

– контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) массива пород в процессе проходки и поддержания горных выработок, а также, оценка его свойств (физико-механические, фильтрационные) и состояния (характер и степень трещиноватости, устойчивости, обводненности);

– диагностирование и контроль состояния зон нарушений, карстов и пустот;

– диагностирование и контроль состояния системы крепления горных выработок, а также, зон изоляции, упрочнения, тампонажа горных пород и искусственных массивов (перемычки, бутовые полосы, закладочные зоны, основания фундаментов и т.д.) в процессе строительства и эксплуатации;

– диагностирование и контроль динамических явлений (горных ударов) при ведении горных, в том числе и буровзрывных работ.

При этом важной характеристикой физико-механического состояния приконтурного массива пород горной выработки является трещиноватость. Наряду с прочностью, трещиноватость – главный критерий устойчивости горных пород. Соответственно, актуальны вопросы оперативной диагностики состояния приконтурной зоны, позволяющие оценить реальные интенсивность трещиноватости и фильтрационные свойства массива, включают в себя:

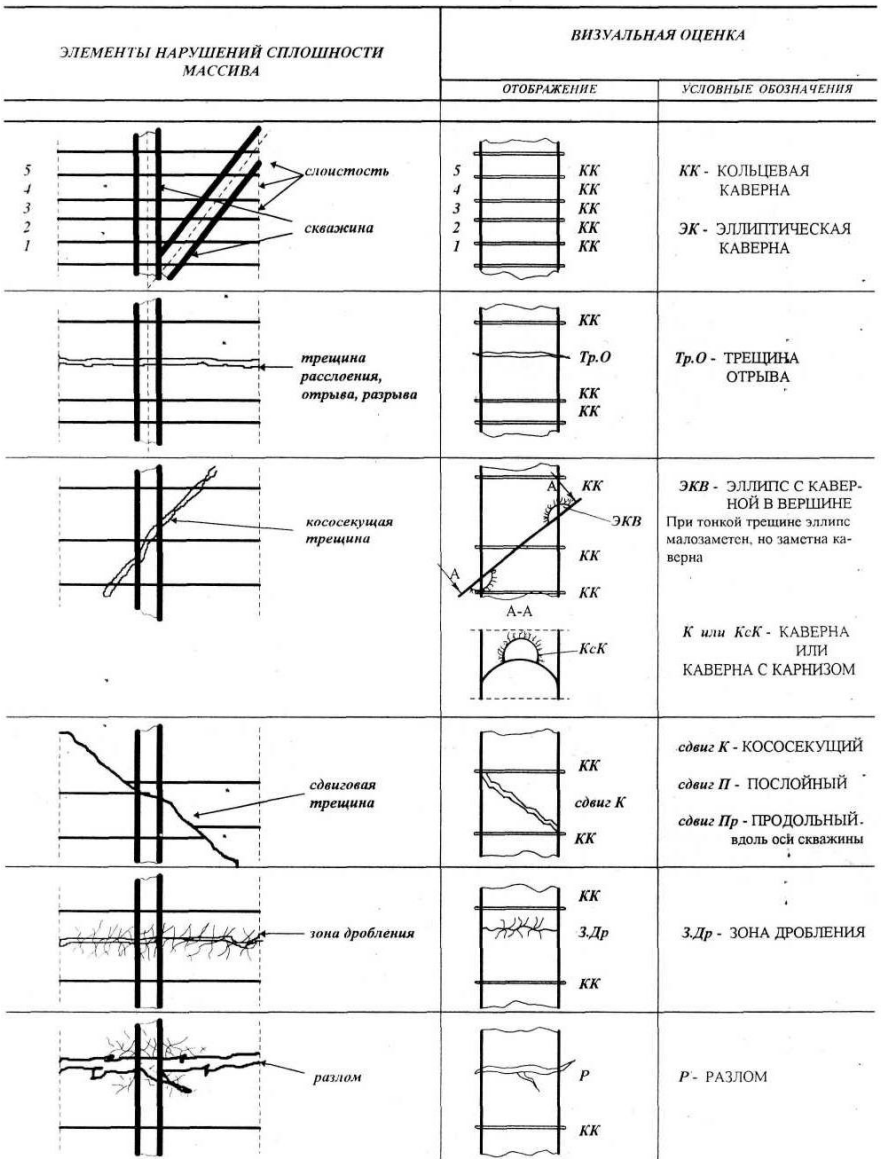
– визуально-измерительный контроль поверхности контура горной выработки и состояния внутренней поверхности диагностических скважин объекта при проведении его эндоскопического обследования, позволяющего определить расположение и величину раскрытия трещин, наличие зеркал скольжения и ослабленных контактов, оценить общую геометрию зоны нарушений;

– контроль трещинной проницаемости (трещиноватости и фильтрационных свойств) массива горных пород реометрическим методом, в котором используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через трещины, вскрытые диагностическими скважинами.

Визуально-измерительный контроль является базовым методом неразрушающего контроля при диагностике технического состояния объекта. Проводится для оперативного выявления факта наличия нарушений при определении целостности тела конструкции и прилегающего массива горных пород; определения границ зон НДС массива, границ зон трещиноватости; оперативной оценке интенсивности трещиноватости до инъекционного упрочнения/уплотнения и качества проведенных инъекционных работ после; и т.д. В процессе обработки результатов контроля возможно также определение среднеарифметического значения величины раскрытия трещин на обследуемом участке скважины.

В качестве средств контроля используется портативный автономный измерительный видеоэндоскоп (проталкиваемая видеокамера) с полужестким зондом длиной не менее 5 м, встроенным источником света и нанесенной на наружной оболочке миллиметровой шкалой. Эндоскопический зонд выполнен в искробезопасном (Ex) и водонепроницаемом (IP68) исполнении. Запись видео в формате MPEG4, фото в формате JPEG. Угол поля зрения камеры не менее 60° при условии прямого обзора стенок диагностической скважины.

В процессе обследования диагностической скважины обязательно составляют стратиграфическую колонку с соответствующими обозначениями, пример которых представлен в таблице.



Также, составляют схему контроля, состоящую из эскиза объекта, дополненного разверткой контура горной выработки с нанесенными на нее пронумерованными выходами трещин, нарушениями, с относительными координатами места их расположения и геометрическими размерами.

При визуально-измерительном контроле необходимо обращать внимание на общее состояние объекта исследований, наличие и характер расположения трещин и нарушений, наличие зон повышенной влажности, потеков и высолов, мест коррозионных разрушений материала, и т.д. При контроле диагностических скважин необходимо фиксировать наличие зон интенсивной трещиноватости (НДС – их мощность, локализация), зеркал скольжения, форму и углы расположения трещин относительно оси скважины, величину их раскрытия, форму и углы кольцевых сколов, образованных буровой коронкой при прохождении плоскостей переслаивания горных пород и зон нарушений, глубину расположения описываемого объекта относительно устья скважины, степень шероховатости и цвет (текстуру и фактуру) стенок. Схему контроля необходимо дополнять сводной таблицей, описывающей в порядке расположения все выявленные дефекты и замеренные величины.

Реометрический контроль относится к числу наиболее эффективных, простых и доступных инженерных методов контроля параметров нарушенной зоны объекта исследований с оценкой его фактической трещинной проницаемости при помощи прямых наблюдений.

Учитывая многолетний опыт работы специалистов различных научных и научно-производственных организаций [1-6], в том числе необходимость выполнения требований инструкций [7, 8], для реализации метода разработаны специальные средства контроля и вспомогательное оборудование – установка реометрическая УР-1 на базе автономного портативного цифрового манометра-регистратора Crystal XP2i с даталоггером, термокомпенсацией, в искробезопасном исполнении (Ex), пылевлагонепроницаемом корпусе (IP67) (рис. 1). Установка состоит из следующих элементов: 1 – емкость с сжатым воздухом; 2 – переходник с ниппелем; 3 – калибратор цифровой автоматический; 4 – манометр стрелочный контрольный; 5 – шланг; 6 – пакер механический (пневматический). Установка укомплектована насосом ручным пневматическим (на рисунке не показан) для автономного заполнения аккумулирующей емкости воздухом при проведении контроля.

В процессе замера показаний изменения (скорости падения) давления в аккумулирующей емкости манометр-регистратор автоматически фиксирует 4 показания в секунду, рассчитывая среднее значение, по которому и выстраивает соответствующий график. По каждой диагностической скважине после реометрического контроля получают отчет, пример которого представлен на рис. 2.

Перед проведением замера выполняют механическую очистку и подготовку диагностической скважины. Место монтажа пакера – на устье скважины или в глубине – определяется на основании результатов визуально-измерительного контроля и поставленных задач исследования.

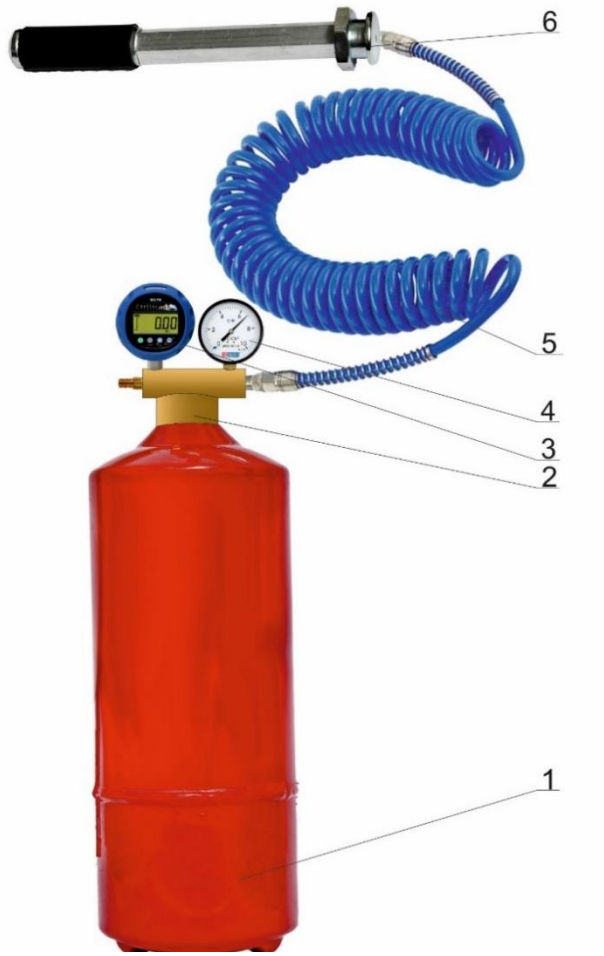


Рис. 1. Установка реометрическая

Отчет по сбору данных

Информация об измерительном приборе		Информация о работе	
Серийный номер	685773	Время начала	8.8.16 10:04:51 AM
Модель	20BARXP2I-S2	Время остановки	8.8.16 10:09:20 AM
Банк сообщений	----------	Регистрационный интервал	1
Единицы	bar	Объект исследования	1

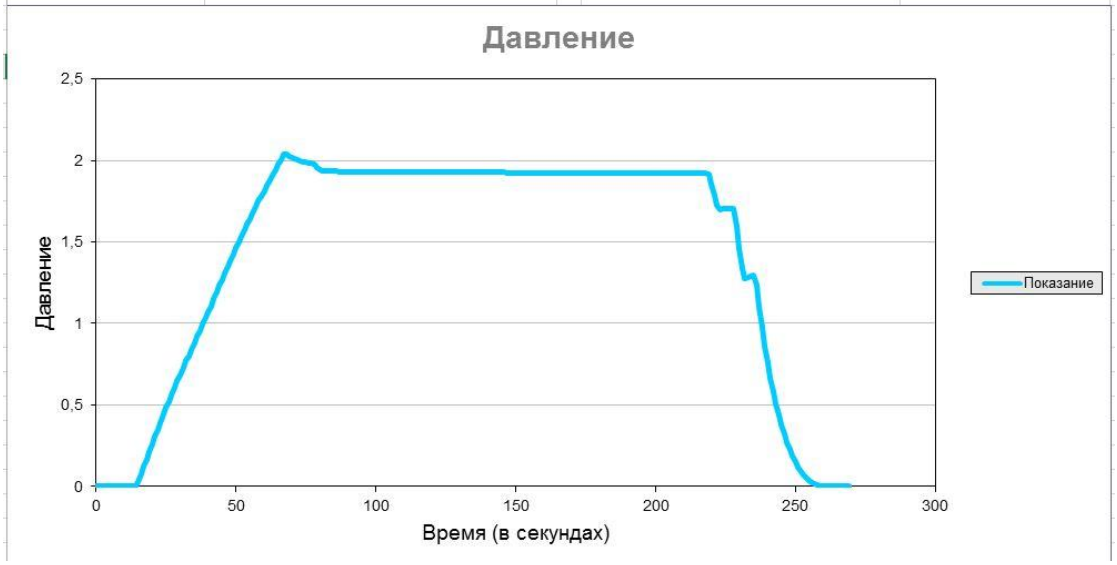


Рис. 2. Пример отчета реометрического контроля диагностической скважины

При необходимости определения трещиноватости именно в определенной зоне, используют пакер с двумя герметизирующими манжетами, между которыми располагается участок контроля. Пример схем подключения установки в выработке представлен на рис. 3 и 4.

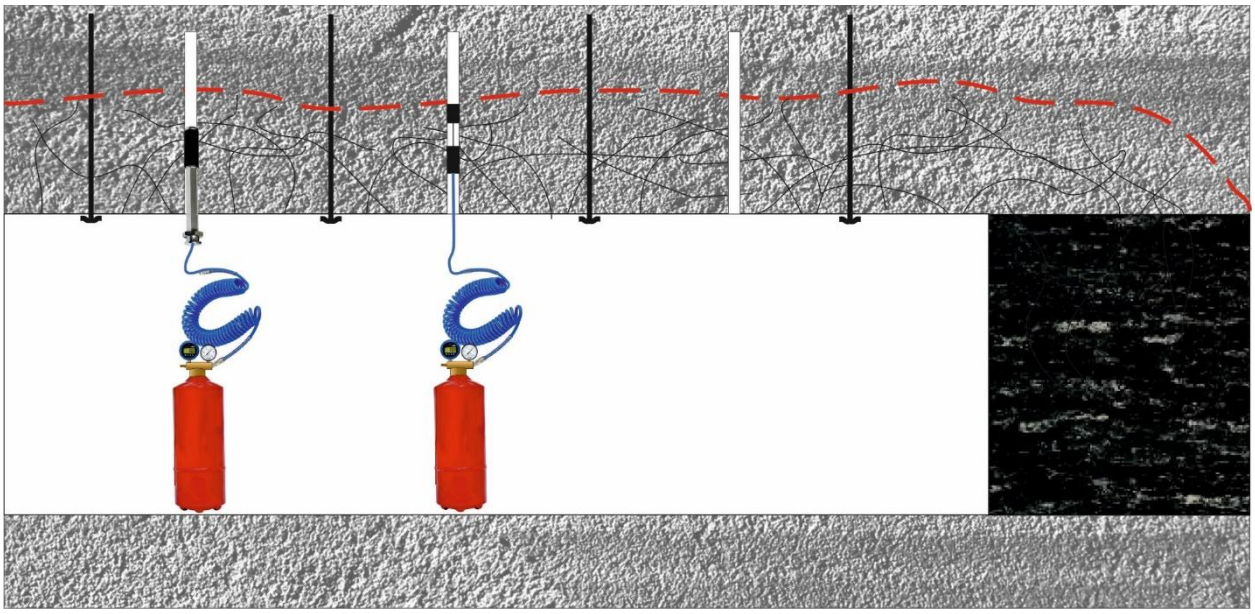


Рис. 2. Схема проведения замеров в кровле выработки

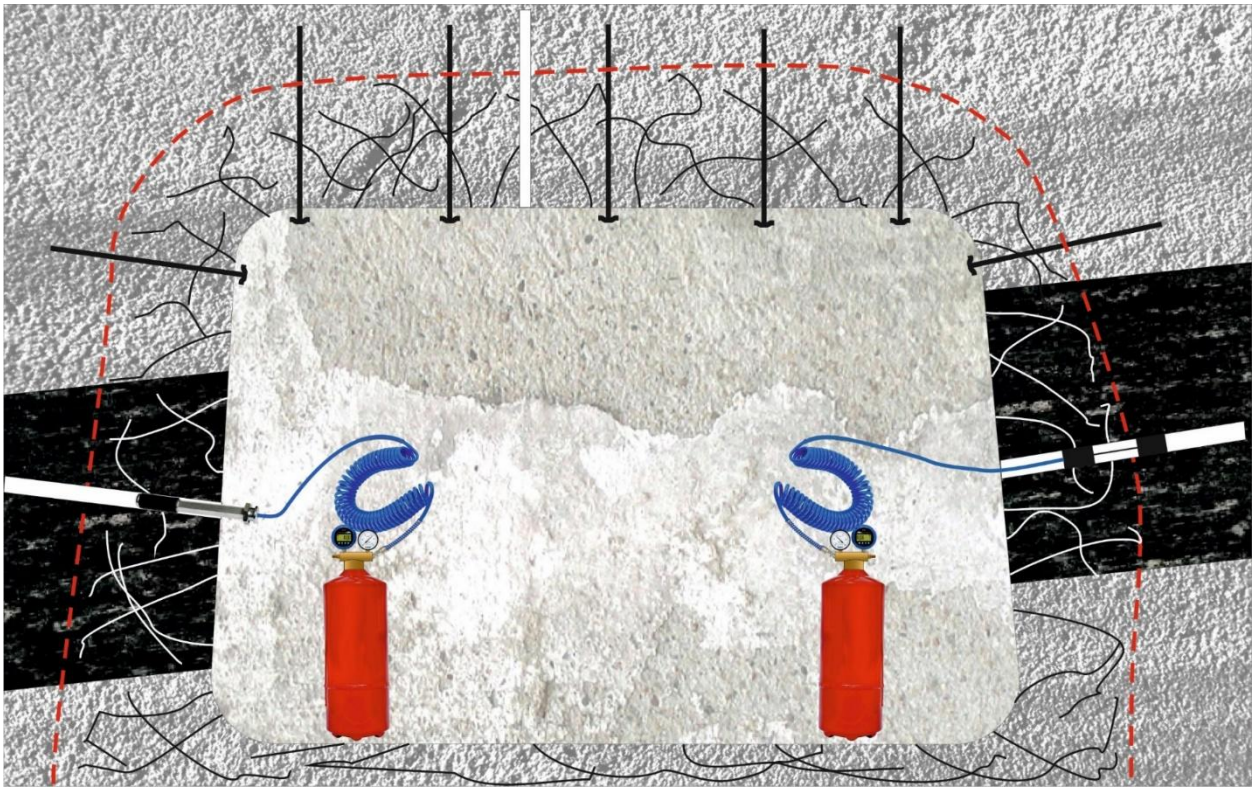


Рис. 3. Схема проведения замеров перед перемычкой

При проведении замеров в нетронутом массиве горных пород отбуривают две скважины на расстоянии 1 метр – нагнетательная и сбросная,

для возможности перетока воздуха по трещинам. При проведении замеров в выработке, закрепленной анкерами, от диагностической скважины до любой соседней должно также соблюдаться расстояние не менее одного метра. При наличии изолирующего сооружения диагностические скважины бурятся на расстоянии перед ним не более двух метров в бортах и кровле выработки.

При реометрическом контроле фактическое состояние нарушенного массива горных пород может быть оценено по нижеследующим критериям [1-3].

Коэффициент проницаемости пород по результатам замеров:

$$K_{\text{пр}} = \frac{\Delta P}{\Delta l \cdot t}$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент проницаемости пород, МПа/м·с; ΔP – падение давления воздуха на исследуемом интервале шпура, МПа; Δl – длина отрезка шпура, находящегося под давлением, м; t – время истечения воздуха из емкости, с.

Коэффициент трещиноватости пород в исследуемом интервале шпура:

$$K_{\text{тр}} = 80 \cdot \frac{S_{\text{экв}}}{\pi \cdot r_{\text{ш}} \cdot \Delta l}$$

где $S_{\text{экв}}$ – площадь эквивалентного отверстия, определяемая по тарировочной кривой для данной реометрической установки по известному значению $K_{\text{пр}}$, м^2; $r_{\text{ш}}$, – радиус шпура, м.

Замеряя давление воздуха и его изменение с течением времени в подключенной к скважине емкости, используя тарировочные зависимости, можем рассчитать указанные выше коэффициенты.

Использование дополнительного критерия оценки состояния массива в виде соотношения коэффициентов трещиноватости до ($K^0_{\text{тр}}$) и после ($K^n_{\text{тр}}$) проведения инъекционного упрочнения $K = K^0_{\text{тр}} / K^n_{\text{тр}}$ позволяет оценить степень нарушенности объекта исследований во времени и пространстве.

Дальнейшая работа направлена на отработку методики реометрического контроля фактического состояния нарушенного массива пород и оценку основных параметров технологии инъекционного упрочнения приконтурной зоны горных выработок при возведении и эксплуатации изолирующих сооружений. Кроме того полученные критерии оценки фактического состояния нарушенного массива горных пород и их изменение с течением времени имеют более широкую область применения, в том числе выходящую за рамки тематики данной статьи, позволяя: оценить степень и размеры нарушенной приконтурной зоны горной выработки, рост количества трещин на 1 погонный метр (удельную трещиноватость), устойчивость контура (категорию устойчивости) и причины ее снижения, осуществлять районирование горных пород по категориям нарушенности и проницаемости, производить более обоснованный выбор и расчет параметров крепления,

контроль его технического состояния, а также, оценивать качество инъекционного упрочнения и тампонажа нарушенных горных пород, изоляции и восстановления технического состояния горных выработок и других подземных сооружений, эффективность проведения дегазационных работ.

Список литературы:

1. Турчанинов И.А., Козырев А.А. Каспарьян З.В. Руководство по определению нарушенности пород вокруг выработок реометрическим методом / АН СССР, Кол. Фил. Горно-мет. Ин-т. – Апатиты: изд. Кольского филиала АН СССР, 1971. – 44.

2. Хямяляйнен, В.А. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок / В.А. Хямяляйнен, Ю.В. Бурков, П.С. Сыркин. – М.: Недра, 1994. – 400 с.

3. Хямяляйнен, В.А. Физико-химическое упрочнение пород при сооружении выработок / В.А. Хямяляйнен, В.И. Митраков, П.С. Сыркин. – М.: Недра, 1996. – 352 с.

4. Майоров А.Е. Консолидирующее крепление горных выработок / А.Е. Майоров, В.А. Хямяляйнен; науч. ред. В.А. Хямяляйнен; Сиб. отд-ние РАН, КемНЦ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 260 с.

5. Нургалиев, Е.И. Технология скоростного возведения высокопрочных безврубовых перемычек с использованием специализированных цементных смесей / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров, Г.Н. Роут // Журнал Уголь. – 2014. – №6. – С 20-23.

6. Методические указания по неразрушающему контролю состояния перемычек в шахтах и рудниках / ООО НПК «УГМ». – Кемерово, 2014. – 14 с.

7. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса // ФГУП РосНИИГД, ФГУП НЦ ВостНИИ. – Кемерово, 2007. – 77 с.

8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах и контролю изолирующих перемычек». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2014 г. №530.