

УДК 622.267, 622.831.24, 622.822.34

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)

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)

**ТЕХНОЛОГИЯ ИНЪЕКЦИОННОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ
НАРУШЕННОЙ ПРИКОНТУРНОЙ ЗОНЫ БЕЗВРУБОВЫХ
ПЕРЕМЫЧЕК ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
INJECTION GROUTING TECHNOLOGY IN DISTRIBUTED BORDER
AREA OF NO-CUT BRIDGES OF MINE EXCAVATIONS**

Аннотация

Рассмотрены вопросы управления физико-механическим состоянием
приконтурного массива горных пород и технологии его последующего
инъекционного цементационного упрочнения и уплотнения при возведении и
эксплуатации безврубовых перемычек.

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

Abstract

Direction on physical and chemical state of border rock massif and
technology of following injection cementing hardening and compacting in
construction and operation of no-cut bridges have been reviewed in the article.

Key words: bridge, mineral mixture, massif, cracks, hardening, compacting,
safety.

Оценивая сложившуюся в настоящее время ситуацию, на шахтах Кузбасса очевидна необходимость дальнейшего развития технологий скоростного качественного возведения качественных монолитных изолирующих взрывоустойчивых безврубных перемычек.

Учитывая многолетний опыт работы специалистов КузНИИшахтострой, МакИСИ, Кафедры теоретической и геотехнической механики КузГТУ, ИУ СО РАН в направлении развития инъекционного упрочнения и тампонажа горных пород, НИИГД (РосНИИГД) в области изоляции выработок и выработанных пространств [1, 2, 3], опыт специалистов угольных предприятий Кузбасса, можем констатировать, что именно составы на основе активированных цементов универсальны для создания тела перемычки, упрочнения и уплотнения нарушенного приконтурного массива горных пород.

Для дальнейшего развития указанного направления необходимо решение первоочередных задач:

- разработать рациональный состав сухих минеральных смесей на основе цемента и добавок из местного сырья;
- разработать способ скоростного возведения безврубных высокопрочных взрывоустойчивых перемычек;
- разработать способ инъекционной цементации нарушенного массива пород, обеспечивая качественное уплотнение и упрочнение приконтурной зоны.

Для реализации технологии разработаны два минеральный композиционный состав на микроцементном вяжущем со специализированными добавками из местного сырья: сухая смесь УГМ-П для возведения монолитных перемычек и сухая смесь УГМ для инъекционной цементации нарушенного массива пород. Составы отличаются высокой долговечностью, высокой прочностью, относительно низкой стоимостью, термостойкостью, взрывобезопасностью, водонепроницаемостью, безопасностью ведения горных работ, относительной безвредностью для здоровья и доступностью для Кузбасса – организовано их производство в г. Кемерово. Смесь УГМ-П более двух лет стабильно поставляется на угольные предприятия Кузбасса в промышленном масштабе, относится к классу легких бетонов, имеет высокие показатели набора прочности, долговечности и адгезии. Компоненты смеси не горючи, не взрывоопасны и не содержат токсичных веществ. Для возможности практического внедрения составов получена необходимая техническая и разрешительная документация: заключение экспертизы промышленной безопасности на продукцию (Ростехнадзор РФ), паспорт безопасности химической продукции и санитарно-эпидемиологическое заключение (ООО «Сертификация продукции СТАНДАРТ-ТЕСТ»), сертификат соответствия продукции (ООО «Кузбасс-ТЕСТ»), инструкция по применению (ООО НПК «УГМ» – ОАО «НИИГД»).

Основными критериями оценки качества и эффективности технологии скоростного возведения высокопрочных безврубных перемычек горных

выработок являются прочность конструкции, сроки возведения сооружения (особенно важно в аварийных условиях), простота и низкая трудоемкость технологических операций при их максимальной механизации с применением взаимоувязанного комплекта оборудования.

Самый конструктивно простой вариант – это монолитная безврубная перемычка без создания зоны упрочнения и уплотнения в приконтурном массиве горных пород. Значительная экономия времени, снижение трудоемкости и упрощение технологических операций возможны за счет унификации конструкции опалубки и применения современных облегченных материалов. Одна из ключевых характеристик – высокие адгезионные свойства разработанных составов – 0,8-0,9 МПа для контакта с горными породами.

С начала 2015 года ежемесячно устанавливается около 30 перемычек из смеси УГМ-П. Доказана технологичность ее применения, транспортируемость, укладываемость. Подтверждены заявленные на основе лабораторных испытаний физико-механические характеристики. По разработанной методике [4] производятся систематические диагностика и контроль состояния установленных перемычек.

Наибольшую сложность и трудоемкость представляет технология скоростного возведения взрывоустойчивых перемычек в нарушенных трещиноватых горных породах, где необходимо дополнительное упрочнение и уплотнение приконтурной зоны горной выработки с изоляцией прилегающей поверхности для исключения перетоков метано-воздушной смеси и повышения ее прочности. В особых случаях применима система с дополнительным каркасом из связанной системы анкеров – данная технологическая схема отличается от предыдущей наличием внутреннего армирования, используя ряд анкеров существующей или специально возведенной системы крепления. При этом к хвостовикам противоположных анкеров через соединительные резьбовые муфты монтируют «анкерную сталь», создавая облегченный внутренний клетчатый каркас перемычки.

Вариант конструкции перемычки в процессе заливки опалубки и схема расположения оборудования приведены на рис. 1. На нижней части рисунка показано поперечное сечение выработки по ряду анкеров.

Серии шпуров, пробуренные во вмещающих породах по периметру места возведения перемычки, используют не только для анкерования, но и для инъекционного нагнетания специализированного состава УГМ. Принципиально важным является начало процесса – с центрального анкера, из самой нижней точки создаваемой цементационной завесы (на рисунке обозначено цифрой 1). Далее, спаренными нагнетательными шлангами производится инъектирование состава в скважины под номерами 2, 3 и так далее, до завершения процесса. Более подробно теория инъекционного упрочнения массива нарушенных горных пород представлена в [1]. В зависимости от окружающих условий, в ряде случаев необходимо нанесение изоляционной рубашки.

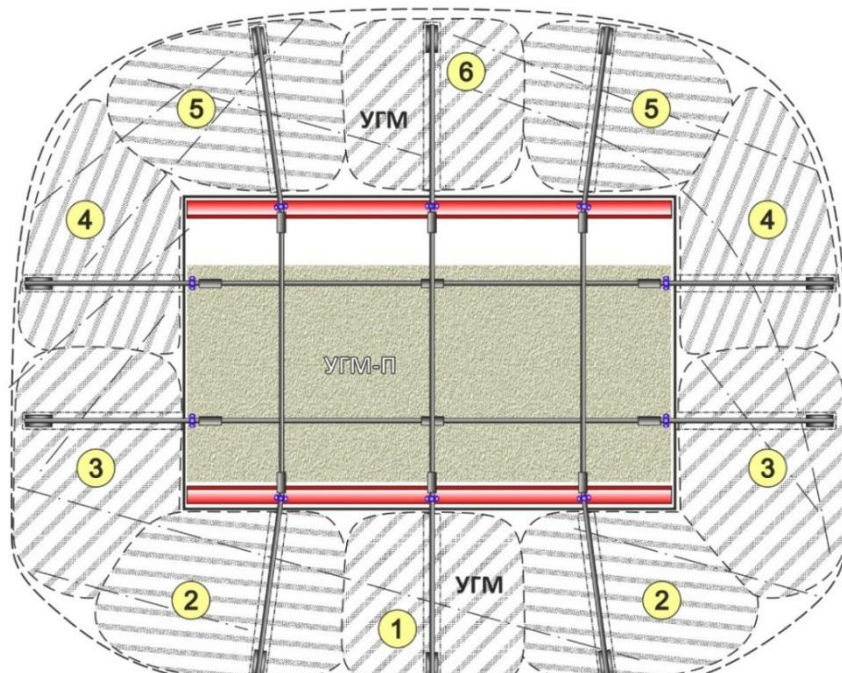
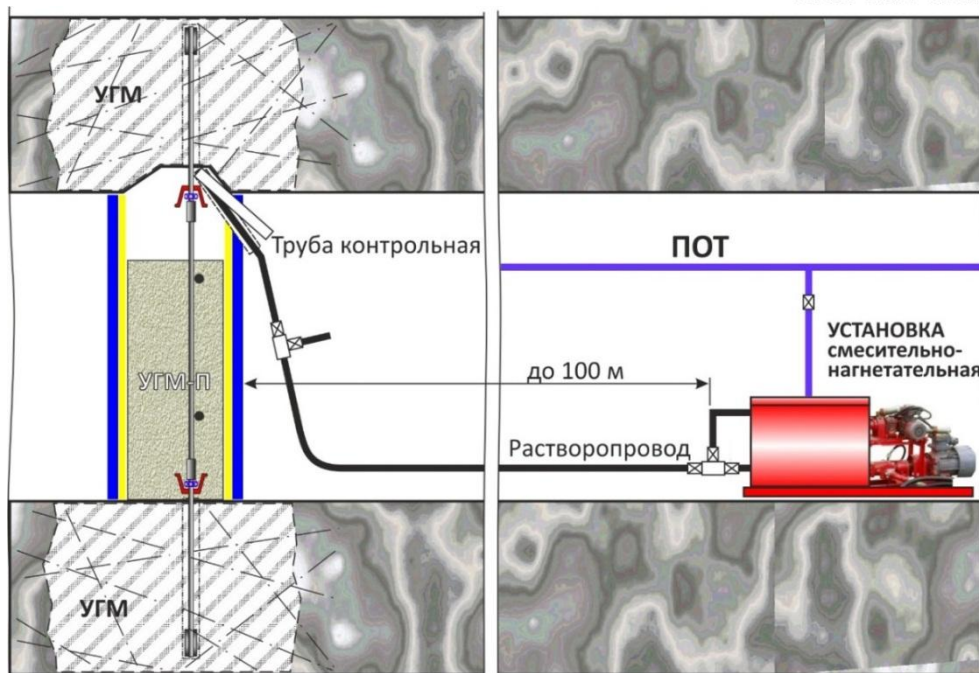


Рис. 1. Конструкция армированной перемычки с инъекционным упрочнением и уплотнением приконтурной зоны, схемой расположения оборудования

Основные этапы технологии тезисно можно отразить в следующем. Установка для приготовления и подачи смеси конструктивно состоит из растворосмесителя и растворонасоса, обеспечивает приготовление и подачу смеси на расстояние от 5 до 100 м по горизонтали. Главное из требований – равномерность и непрерывность подачи смеси в опалубку и при нагнетании в инъекционные скважины. Перед возведением опалубки в кровле выработки классически формируют вруб размером 0,2x0,2x1 м, в который заводят на одном уровне контрольную и нагнетательные трубы. В процессе возведения перемычки необходимо производить отбор проб в специальные пенопластовые или металлические формы в начале заливки, в середине, и на

завершающей стадии. По окончании рабочей смены пробы выносят на поверхность и передают в лабораторию для испытаний на изгиб и одноосное сжатие. Параметры взрывоустойчивости перемычки определяются ее толщиной, рассчитанной в соответствии с Инструкцией [4] и учетом параметров прочности отобранных натуральных образцов.

Согласно инструкциям по приготовлению и применению составов важно соблюдение требуемых пропорций, способа приготовления и нагнетания смеси в опалубку. Отклонения соответственно приводят к нарушению технологии и изменению итоговых физико-механических характеристик перемычки. Перечисленное известно любому специалисту, но именно выполнение простых общих требований является особо важным на практике.

Как уже было отмечено, для качественной изоляции горных выработок с нарушенным приконтурным массивом необходимо его уплотнение и упрочнение. До настоящего времени практически не реализована идея создания технологии управляемой инъекционной цементации трещиноватых горных пород. Для более эффективного развития данного направления разработан новый способ [5], включающий бурение нагнетательных и вокруг них дренажных скважин, нагнетание цементационного раствора в породы через нагнетательные скважины, отфильтровывание и удаление жидкой фазы цементационного раствора через фильтрующий материал дренажных скважин. При этом удаление жидкой фазы цементационного раствора производят одновременно и совместно с удалением газовой среды из цементируемых трещин при плавном увеличении величины разрежения в дренажных скважинах. Изобретение позволяет управлять направлением движения потока раствора, тем самым повышая качество инъекционного упрочнения и тампонажа трещиноватых горных пород приконтурной зоны горных выработок цементационными растворами.

Проработана принципиальная схема организации работ при упрочнении нарушенного приконтурного массива по предложенной технологии (рис. 3). По «кругу» отбуривают скважины, которые вскрывают трещины, образуя единую систему каналов. Далее производят инъекционное нагнетание цементационного раствора с нижней скважины. Одновременно производят откачивание газовой среды из соседних скважин. Поток раствора от нагнетательной скважины продвигается по пути наименьшего сопротивления к зоне разрежения.

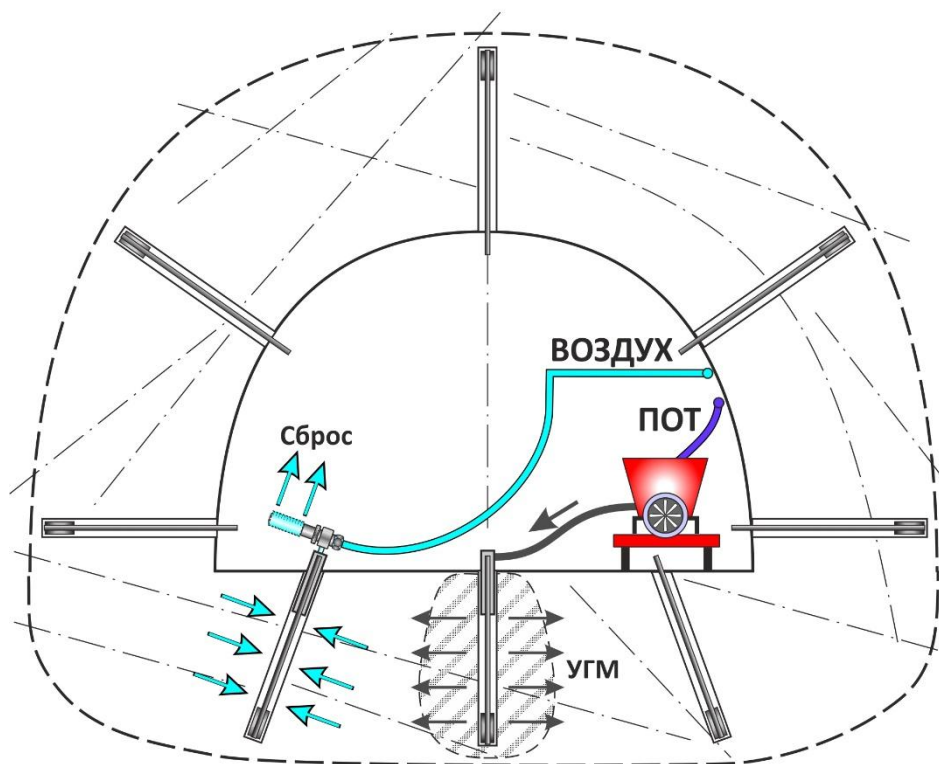
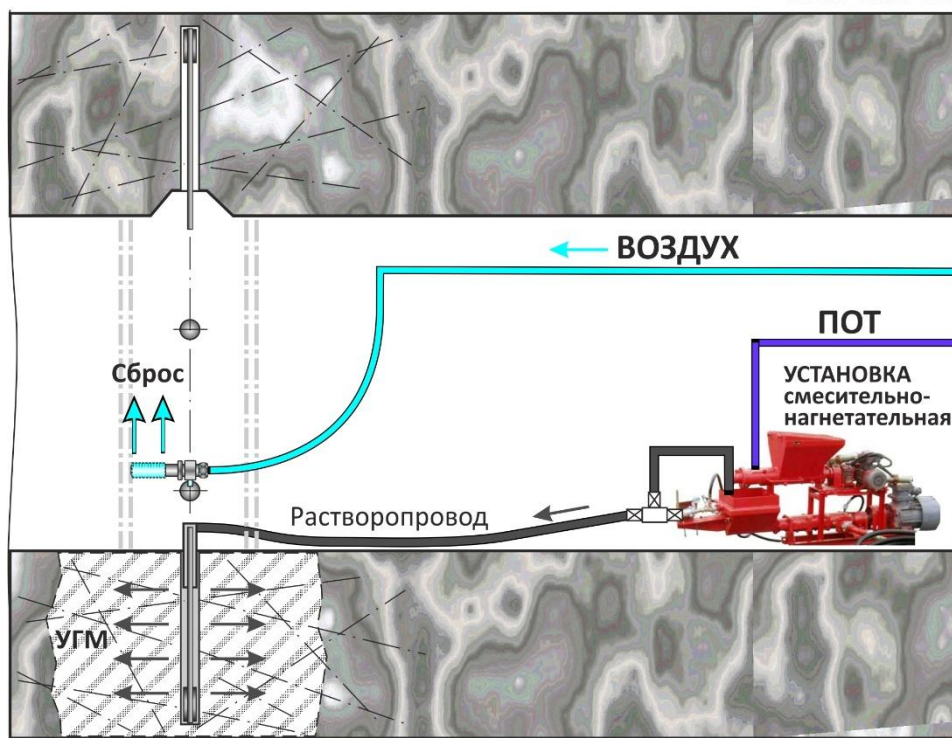


Рис. 2. Принципиальная схема вакуум-инъекционной цементации нарушенной приконтурной зоны перед возведением перемычки

Таким образом, решенные этапы исследований создают научно-практическую базу для решения указанных основных задач.

Дальнейшая работа будет направлена на разработку новых инъекционных составов и технологий цементации.

О перспективах развития рассматриваемого в статье направления работ в Кузбассе также отметим нижеследующее.

1. Учитывая высокие прочностные характеристики образцов смеси УГМ-П толщина перемычек может быть уменьшена в 1,5-2 раза при прочих равных условиях. За счет более низкой материалоемкости стоимость возведения перемычки из УГМ-П получается ниже при более высоких показателях долговечности и качества. Составы УГМ на основе активированного микроцемента при сохранении прочностных показателей на уровне известных химических составов имеют в 2 раза более низкую стоимость при значительно большей теплостойкости и долговечности.

Разработанные минеральные составы расширяют материальную базу проводимых Институтом угля ФИЦ УУХ СО РАН совместно с Кафедрой теоретической и геотехнической механики КузГТУ исследований для научного обоснования процессов управления физико-механическим состоянием массива инъекционным упрочнением, уплотнением и напряженным армированием нарушенных горных пород.

2. Вопросы обеспечения промышленной безопасности на опасных производственных объектах – вечная тема для обсуждения. Следующим, еще полноценно не решенным направлением для Кузбасса является мониторинг, диагностика и контроль состояния подземных и заглубленных сооружений. Обеспечение надежности и долговечности работы перемычек для горных выработок является одним из важных этапов обеспечения безопасной эксплуатации угольных шахт и рудников. При этом организация своевременного оперативного неразрушающего контроля качества основных материалов и общего состояния конструкций указанных перемычек в процессе эксплуатации является важной задачей. ООО НПК «УГМ» совместно с Институтом угля сделан небольшой шаг – выпущены внутренние «Методические указания по неразрушающему контролю состояния перемычек в шахтах и рудниках» [4]. Будущее видим в создании соответствующей нормативной базы, создании интегрированных в общую конструкцию перемычек систем мониторинга и контроля, решении методологических вопросов диагностики и контроля их состояния.

Список литературы:

1. 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.
2. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса // ФГУП РосНИИГД, ФГУП НЦ ВостНИИ. – Кемерово, 2007. – 77 с.
3. Нургалиев, Е.И. Технология скоростного возведения высокопрочных безврубных перемычек с использованием специализированных цементных смесей / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров, Г.Н. Роут // Журнал Уголь. – 2014. – №6. – С 20-23.
4. Методические указания по неразрушающему контролю состояния перемычек в шахтах и рудниках / ООО НПК «УГМ». – Кемерово, 2014. – 14 с.
5. Пат. 2387838 Российская Федерация, МПК Е 21 D 1/16, Е 21 D 9/00, Е 02 D 3/12. Способ упрочнения трещиноватых горных пород / В.А. Хямяляйнен, А.Е. Майоров; заявитель и патентообладатель ГУ КузГТУ. – № 2008152490/03; заявл. 29.12.2008; опубл. 27.04.2010, Бюл. № 12. – 5 с.