

УДК 622.016.22: 620.179

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ КРЕПИ ОБВОДНЕННЫХ СТВОЛОВ

Филатов В. Ф.

(УкрНИИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

У статті проаналізовано вживані в даний час способи і засоби контролю стану кріплення вертикальних стволів шахт. Наведено схему георадара для дослідження кріплення обводнених стволів.

Currently employed methods and facilities for monitoring conditions of vertical mine shaft supports are reviewed. The circuit of georadar for penetration into supports of the watered shafts is shown.

Шахтный ствол – уникальное, ответственное и дорогостоящее сооружение горного предприятия, от состояния которого зависят эффективная работа шахты и безопасность людей. В процессе эксплуатации ствола его крепь испытывает активное влияние геомеханических и гидрогеологических процессов, происходящих в массиве вмещающих пород, и воздействие динамических нагрузок, возникающих при движении подъемных сосудов по направляющим его армировки. Эти факторы при достижении критических значений могут вызвать нарушение ее целостности и, как следствие, – негативно повлиять на эксплуатационные возможности ствола.

Самыми распространенными типами крепи вертикальных стволов являются монолитная бетонная и железобетонная, доля которых в Донбассе составляет 93 % общего объема крепи стволов [1].

Основные причины нарушения крепи:

- некачественная информация о горно-геологических и гидрогеологических условиях зоны заложения ствола на стадии инженерно-изыскательских работ;
- ошибочные решения на стадии проектирования крепи;
- отступления от норм и проектов (заниженная толщина крепи, низкое качество бетона, отсутствие арматуры в предусмотренных проектом местах, и т.д.) на стадии сооружения вертикального ствола;
- влияние очистных работ при ведении их в пределах зоны опасного влияния на ствол, без конструктивных мер защиты крепи, при пересечении стволом старых выработанных пространств, а также при целиках недостаточных размеров;
- воздействие околоствольных выработок при их строительстве, эксплуатации, ремонте или расширении;
- несвоевременное проведение мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту крепи в процессе эксплуатации ствола.

Нарушение крепи, как правило, происходит вследствие комплекса причин, одна или несколько из которых являются преобладающими [2].

Дефекты крепи обычно проявляются в виде: микротрещин и трещин, заколов и вывалов, вздутий, наплывов, проемов и отверстий в крепи, выпучивания арматуры, ослаблений в заделках расстрелов армировки, и т. п.

На современном этапе развития угольной промышленности Украины применяемые способы и технические средства исследования состояния крепи [3] ориентированы в основном на визуальное ее обследование. В результате устанавливаются повреждения и деформации крепи уже проявившиеся на ее поверхности. В тоже время для своевременного принятия эффективных, профилактических мер по поддержанию работоспособности крепи необходима информация о состоянии закрепного массива и крепи на начальной стадии развития деформационных процессов.

«Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем» [4] рекомендует для решения этой задачи устройство глубинного визуального исследования состояния крепи, содержащее видео-

камеру с источником света и базовый блок. В состав базового блока входят компьютер, система управления, источник электрической энергии и насадка бокового наблюдения для видеокамеры. Дополнительно устройство снабжено буровым механизмом, досылающим приспособление, а также силовым, информационным и управляющим кабелями. С помощью бурового механизма в крепи ствола на всю его толщину выбуривают скважину, вводят в нее досылающим приспособлением видеокамеру, включают подсветку и видеокамеру. Получаемая видеоинформация о состоянии крепи и закрепного пространства в зоне скважины поступает по кабельной сети в базовый блок, где происходит ее обработка и вывод на монитор компьютера. Для детального обследования полости в закрепном пространстве, при ее наличии, на видеокамеру устанавливают насадку бокового наблюдения.

Недостатки этого устройства: сложность производства диагностических исследований состояния крепи и закрепного пространства шахтного ствола, обусловленная необходимостью бурения специальных скважин в крепи, а также низкая информативность, поскольку объем получаемой информации о состоянии крепи и горного массива ограничен поверхностью скважины. К тому же вынужденное разрушение крепи ствола при бурении скважин частично ее ослабляет.

НТЦ «Подземиндустрия» Академии горных наук Украины разработано устройство ИСК-1Ш [5] для виброакустической диагностики состояния крепи, состоящее из механического возбудителя ударных колебаний и блока приема вибраций. До начала измерений производится разметка контролируемой поверхности крепи ствола по сетке. Величина вертикального шага сетки обычно принимается равной шагу яруса армировки. В горизонтальной плоскости кольцевой участок крепи разбивается на 6 – 8 секторов. Базу контроля располагают в горизонтальной плоскости и выбирают в пределах 1,5 – 2,5 м. Далее одиночными механическими ударами в каждой расчетной точке возбуждают колебания в массиве крепи, и в блоке приема вибраций осуществляется регистрация колебаний с последующим анализом их характеристик. Признаком наличия пустот в пределах базы контроля является изменение амплитуды свободных колебаний.

Сложность производства исследований в специфических условиях вертикального шахтного ствола, связанная с необходимостью возбуждения механических колебаний в массиве крепи, а также низкая информативность, обусловленная пошаговым, точечным исследованием состояния крепи, являются причиной того что это устройство не находит широкого применения.

Наиболее перспективным является способ радиолокационного исследования состояния крепи ствола и закрепного массива с помощью георадаров [6]. Георадар представляет собой блок приемопередающих антенн, соединенный информационным и управляющим кабелями с блоком управления и отображения информации (ноутбуком). Блок приемопередающих антенн располагают на поверхности крепи шахтного ствола, и по управляющему кабелю подают сигнал на его включение. В процессе перемещения блока, его передающая антенна излучает электромагнитный импульс и направляет в массив крепи ствола. При встрече с аномалиями в исследуемом массиве, электромагнитный импульс отражается от границы слоев, улавливается приемной антенной блока и поступает по информационному кабелю в блок управления и отображения информации. Здесь производится его регистрация, анализ и визуализация информации в виде непрерывного разреза исследуемой среды с отображением трещин и пустот.

Рынок георадаров на Украине представлен разнообразной по назначению продукцией, как зарубежных фирм, так и стран СНГ [7]. Для использования в горном деле, по нашему мнению, из-за малых габаритов, блочного исполнения и простоты конструкции наиболее приемлемы георадары серии «ОКО» производства компании «ГЕОТЕХ-ЛОГИС» (Москва, Россия). В таблице 1 приведена краткая характеристика георадаров модификации "ОКО - М1".

Приёмная и передающая антенны георадара оснащаются легкосъёмными аккумуляторными батареями ёмкостью 2,2 А·ч и напряжением 12 В. Для снижения энергопотребления включение всех основных узлов в приборе происходит только в те промежутки времени, когда осуществляется зондирование. Ёмкости аккумуляторов хватает более, чем на 4 часа непрерывной работы.

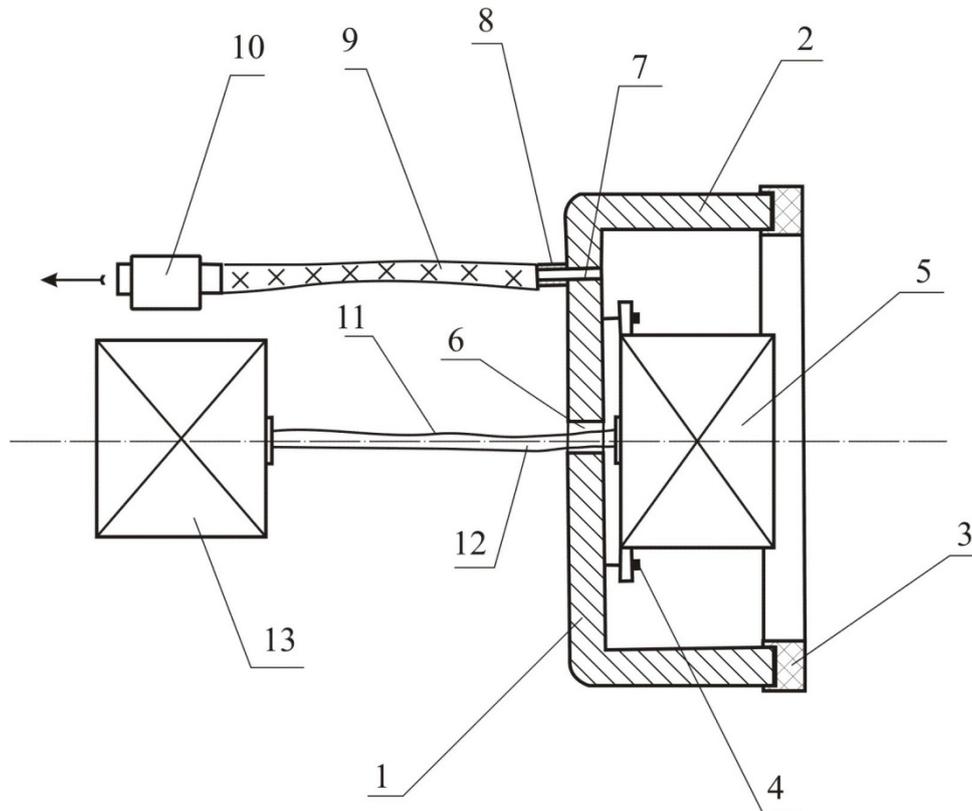
Все варианты георадаров "ОКО-М1" в качестве устройства управления и отображения информации используют Note Book любого типа.

Таблица 1
Характеристика георадаров «ОКО-М1» с различной моделью антенных блоков

Антенные блоки	Габариты, мм	Глубина зондирования, м	Масса, кг	Потребляемая мощность, Вт
АБ-400	680/275/120	5	4,2	6,0
АБ-700	470/160/170	3	2,2	5,0
АБ-1200	205/165/135	1.5	0,8	5,0
АБ-1700	205/165/135	1	0,8	5,0

Однако область применения георадаров в горном деле ограничена сухими, не обводненными стволами, где отсутствуют капез воды в пространстве ствола и потоки воды на поверхности его крепи. В то время как в подавляющем большинстве вертикальные стволы шахт Украины сооружены в сложных горно-геологических условиях, с пересечением водоносных горизонтов. Подземные воды дренируют через крепь по стыкам крепи и каскадом струятся по стенкам ствола. Очень часто эти воды сильно минерализованы и обладают агрессивными свойствами. Анализ изменения притока воды при строительстве стволов [8] показывает, что в большинстве случаев на небольших глубинах в зоне гидравлической активности приток составляет до 30 м³/ч. С увеличением глубины приток уменьшается. На глубине 400–500 м он составляет 10–15 м³/ч, а на глубине более 800 м – 0,5–2 м³/ч. Примерно 65–80 % воды, фильтрующейся через крепь, распределяется в виде капеза на удалении 0,3 м от стен, 15 % – на расстоянии 1,2 м и только около 5 % воды стекает в центральной части ствола.

В інституті УкрНІМІ на базі георадара «ОКО-М1» розроблено пристрій [9] для контролю стану кріпи шахтного ствола в обводнених умовах (рис. 1).



1 – водонепроникний короб; 2 – бортик коробки; 3 – еластичний ущільнювач; 4 – фіксатор; 5 – блок прийомопередаючих антенн; 6 – кабельний канал; 7 – отвір; 8 – штуцер; 9 – воздуховод; 10 – вакуумуюче пристрій; 11 – кабель інформаційний; 12 – кабель керуючий; 13 – блок управління і відображення інформації.

Рис. 1. Пристрій для контролю стану кріпи шахтного ствола

Пристрій містить блок прийомопередаючих антенн, зв'язаний інформаційним і керуючим кабелями з блоком управління і відображення інформації. Блок прийомопередаючих антенн встановлений на фіксаторах всередині жорсткого водонепроникного коробки. По контуру бортика коробки закріплено еластичний ущільнювач. В корпусі коробки виконано канал для

информационного и управляющего кабелей блока управления и отображения информации, и отверстие со штуцером, соединенным воздухопроводом с вакуумирующим устройством.

Работы по исследованию состояния крепи в стволе производят с крыши подъемных сосудов, из сопрягающихся со стволом выработок, или непосредственно из подъемных сосудов. Перед началом обследования состояния крепи ствола блок приемопередающих антенн размещают внутри водонепроницаемого короба и закрепляют в нем фиксаторами. Информационный и управляющий кабели, подсоединенные к блоку приемопередающих антенн, пропускают через кабельный канал короба и подсоединяют к блоку управления и отображения информации. После выполнения подготовительных операций водонепроницаемый короб с блоком приемопередающих антенн устанавливают на поверхности крепи в зоне исследований и приводят в действие вакуумирующее устройство. В процессе работы вакуумирующее устройство удаляет воздух из внутреннего пространства короба, и за счет разницы атмосферного давлений внутри короба и снаружи эластичный уплотнитель плотно прилегает к поверхности крепи ствола. В результате струящиеся по поверхности крепи потоки воды не попадают внутрь короба, что в сочетании с осушенным при вакуумировании воздухом внутри короба, создает благоприятные условия для эффективной работы блока приемопередающих антенн. Затем по управляющему кабелю подают сигнал на включение блока приемопередающих антенн. В процессе работы блока его передающая антенна излучает вырабатываемый блоком электромагнитный импульс и направляет его в массив крепи ствола. При встрече с аномалией в исследуемом массиве, электромагнитный импульс отражается от границы слоев, улавливается приемной антенной блока и поступает по информационному кабелю в блок управления и отображения информации. Здесь производится его регистрация, анализ и визуализация информации в виде непрерывного разреза исследуемой среды с отображением трещин и пустот. Пошагово перемещая водонепроницаемый короб с блоком приемопередающих антенн по поверхности крепи, выполняют исследование состояния всего заданного участка крепи ствола и закрепного массива.

Выводы. Практическое применение георадара приспособленного к работе в специфических условиях обводненного вертикального ствола позволит с минимальными трудозатратами получать качественную информацию о состоянии его крепи и закрепного массива, в том числе и на начальной стадии развития деформационных процессов. Это даст возможность своевременно принимать эффективные, профилактические меры по поддержанию работоспособности крепи и контролировать качество ее ремонта, обеспечивая тем самым устойчивое функционирование шахтного ствола.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Борщевский С. В., Прокопов А. Ю. Исследование основных причин нарушений крепи вертикальных стволов угольных шахт Донбасса // Проблемы експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: Збірник наукових праць. Вип. 101. – Донецьк : ВАТ «НДІГМ ім. М. М. Федорова», 2007. — с. 54—62.
2. Пособие по восстановлению крепи и армировки вертикальных стволов: РД 12.18.073–88. — Утв. Минуглепромом СССР 11.07.88. — Харьков, 1989. — 106 с.
3. Акимов А. Г., Хакимов Х. Х. Обеспечение безопасной эксплуатации шахтных стволов. — М. : недра, 1988. — 216с.
4. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем.— Днепропетровск, ИГТМ им. Н. С. Полякова НАН Украины, 2004. — С. 10—12.
5. Манец И. Г., Грядущий Б. А, Левит В. В. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. Донецк. — «Юго-Восток» 2008 г. — с. 422—427.
6. Захаров Е. П., Мухин Е. П., Голубева Л. В., Фурсов Н. Ф. Оценка состояния массива горных пород по результатам радиолокационных исследований // Уголь Украины. — 1998. — № 8—9. — с. 28—31.

7. Использование георадара в горном деле [Электронный ресурс] / ООО «Геофизпроект». — Режим доступа: www.georadar.com.ua/?id=57 — 10.09.2012 г. — Загл. с экрана.
8. Седов В. И., Борщевский С. В., Пшеничный Ю. А., Левит В. В. Снижение водопритоков в вертикальных стволах шахт // Уголь Украины — 2006. — № 11. — С. 49—52.
9. Пристрій для контролю стану кріплення шахтного ствола : Україна, МПК E21D 7/00/ Дрібан В. О., Кулібаба С. Б., Філатов В. Ф., Хохлов Б. В. (Україна). — заявка на корисну модель № u201211392, від 08.02.2013.