

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 возбуждателя 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.

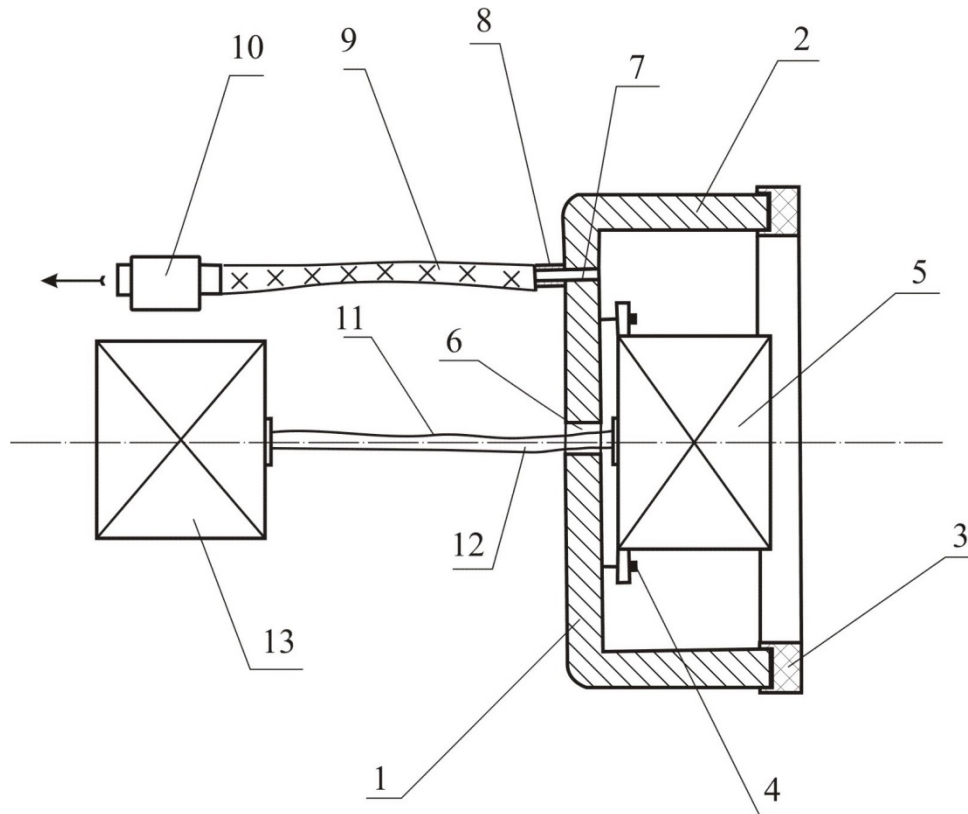
Все варианты георадаров "ОКО-М1" в качестве устройства управления и отображения информации используют Note Book любого типа.

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 м<sup>3</sup>/ч. С увеличением глубины приток уменьшается. На глубине 400–500 м он составляет 10–15 м<sup>3</sup>/ч, а на глубине более 800 м – 0,5–2 м<sup>3</sup>/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 інституте УкрНИМИ 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. Минуглепром 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](http://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.