

*д.т.н., проф. Ширин Л.Н.
(НГУ, г. Днепропетровск, Украина),
д.т.н., проф. Корнеев С.В.,
к.т.н., доц. Варченко Ю.Э.,
к.т.н., доц. Тугай В.В.
(ГФ УИПА, г. Стаханов, Украина)*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Наведені рекомендації з удосконалення конструкції анкерного кріплення та способів його установки

Увеличение глубины разработки на угольных шахтах Донбасса вызвало качественное и количественное изменение характера проявления горного давления в горных выработках. Переход с глубины 500 м на глубину 1000 м привел к увеличению смещения пород в горных выработках почти в 3 раза и, как следствие, к необходимости увеличения предельной несущей способности шахтной крепи до 900 кН. При этом стоимость крепления возросла в 2,3, а трудоемкость работ в 3,7 раз.

Для крепления горных выработок в основном применяется металлическая рамная податливая крепь из специальных взаимозаменяемых профилей. Объем применения крепи достигает 75%.

К существенным недостаткам металлических крепей можно отнести: большой расход металла; подверженность коррозии; значительный коэффициент аэродинамического сопротивления крепи и, соответственно, повышенный расход электроэнергии при вентиляции шахты; большое число элементов крепи на 1 м длины выработки, что препятствует созданию эффективных средств механизации для возведения крепи; большой, свыше 50%, объем ручного труда при креплении выработок арочной крепью из-за низкого уровня механизации процессов забутовки закрепляемого пространства и установки затяжек.

Из мирового и отечественного опыта известно, что альтернативой указанным шахтным крепям является анкерная крепь. В горных выработках со слоистыми и неслоистыми породами кровли, которые находятся в зоне свода естественного равновесия, породы кровли прикрепляются металлическим стержнем (анкером или, что одно и то же –

штангой) к устойчивой основной кровле за пределами этого свода. В выработках с породами кровли, имеющими слоистую структуру, породы могут скрепляться анкерами в одну монолитную плиту, которая способна воспринимать нагрузки от внешних пород.

Анкерная крепь при равной степени надежности и безопасности обеспечивает: возможность ее установки непосредственно у забоя с наименьшей опасностью повреждения при взрывании; наибольшую производительность труда при установке крепи благодаря применению средств механизации; отсутствие помех горным машинам и транспортным средствам в забое при их работе; снижение площади поперечного сечения выработки; наименьший объем, вес и стоимость материалов крепи; срок службы, отвечающий требуемому сроку существования выработки; наименьшие эксплуатационные расходы по поддержанию закрепленных выработок; наличие обнаженной поверхности облегчает наблюдение за состоянием выработки.

Ввиду отмеченных достоинств анкерной крепи перед угольной промышленностью в рамках действующей отраслевой программы «Анкер» [1] стоит задача постепенного перехода от традиционного арочного крепления к более прогрессивному анкерному креплению.

Различают металлические анкеры распорного и клинощелевого типов, а также на основе быстротвердеющих материалов. Крепи первых двух типов вследствие недостаточного сцепления замка анкера с породами не способны полностью исключить смещения пород, расположенных между замком и устьем шпура, следовательно, имеют невысокую несущую способность и малый срок службы [2]. Отмеченные недостатки в значительной мере устраняются при закреплении конца металлической штанги в шпур с помощью какого-либо быстротвердеющего материала.

Установка анкерной крепи с замком из быстротвердеющих материалов осуществляется как инъекционным, так и патронированным способами. В первом случае в скважину под избыточным давлением вводят связующий состав, а затем размещают в ней армирующий стержень. Однако данный способ в настоящее время находит все меньшее применение и чаще заменяется патронированным, который позволяет устранить мокрые процессы, связанные с приготовлением в забое закрепляющего состава, и его инъекции в шпур. При этом повышается надежность технологических процессов и существенно сокращаются трудозатраты на возведение крепи.

Необходимым атрибутом патронированного способа являются ампулы различной конструкции с закрепляющими материалами, в качестве которых обычно используются высокопрочные быстротвердеющие составы на основе синтетических терморезактивных смол. При установ-

ке крепи закрепляющий состав вводится в скважину в специальных двухкамерных ампулах. Ампулы применяются полиэтиленовые, стеклянные или бумажные. Наполнителем в смоле и отвердителе могут быть такие инертные материалы, как песок, тальк, шлак и др. Диаметр ампул зависит от диаметра обуренных скважин и составляет 23-36 мм, длина ампулы – 300-500 мм. Анкеру при его подаче в скважину сообщается вращательное движение, благодаря чему оболочки ампул разрушаются, и происходит смешивание компонентов закрепляющего состава. Основными недостатками всех видов смол следует считать их высокую стоимость и дефицитность, токсичность, многокомпонентность закрепляющего состава, ограниченность срока годности при хранении, что существенно сужает область их применения.

Для закрепления металлического анкера в шпуре при патронированном способе получили распространение цементные смеси. В этом случае полиэтиленовый патрон, содержащий закрепляющую смесь, также состоит из двух отделений, одно из которых заполнено гранулированным доменным шлаком и портландцементом, а другое – жидким стеклом. Технология установки анкера аналогична рассмотренной ранее. Как показали исследования, такая анкерная крепь имеет достаточно надежное закрепление через 2-3 часа после ее установки, причем в слабых и средней устойчивости породах при использовании в шпуре только одного патрона усилие выдергивания составляет 20...40 кН.

Российским Институтом горного дела (ИГД) им. А.А. Скочинского разработан и прошел промышленные испытания способ установки анкера с применением быстротвердеющего состава на основе фосфогипса, который является наиболее дешевым из всех известных расширяющихся при затвердении вяжущих. Закрепляющий состав упаковывают в стеклянные или полиэтиленовые ампулы. При использовании стеклянных ампул в одной (меньшей) находится вода. Эта ампула помещается в большую, в которой находится фосфогипсовое вяжущее. При использовании полиэтиленовых ампул в одно отделение помещается фосфогипсовое вяжущее, а в другое – вода. При вращении устанавливаемого анкера с головкой в виде «ласточкина хвоста» происходит разрушение ампулы и перемешивание закрепляющего состава. По данным ИГД им. А.А. Скочинского продолжительность схватывания состава – 8...11 минут при содержании воды 35...37% и 3...5 минут при содержании воды 25%, через 1 час состав набирает до 30% прочности, а через сутки – до 50%.

Известна также разновидность этого способа установки анкера [3], отличающегося тем, что в ампулах находится только фосфогипс, который затворяется водой перед введением ампул в шпур.

Недостатками способов установки анкера, предложенных ИГД им. А.А. Скочинского, являются: необходимость применения в забое бурильных машин вращательного действия; потери вяжущего при установке анкеров в восходящих шпурах; снижение прочности замка вследствие нецентрального расположения анкера относительно стенок шпура, неравномерного смачивания вяжущего водой и нарушения связи анкера с вяжущим при его вращении; необходимость удерживания анкера в шпуре до полного затвердения закрепляющей смеси.

Для повышения несущей способности анкерной крепи на основе фосфогипсового вяжущего, снижения трудоемкости ее установки необходимо произвести совершенствование конструкции замковых крепей и способа ее установки.

Для совершенствования способа установки анкера с замком на основе фосфогипсового вяжущего предлагается [4] предварительное перфорирование бумажной оболочки патронов; затворение сухой смеси в патронах водой; размещение патронов в шпуре и уплотнение их специальным забойником; введение в шпур анкера с заостренным концом и его закрепление.

Лабораторные исследования анкерной крепи, закрепляемой фосфогипсовым вяжущим по новой технологии, проведены на стенде (рис. 1).

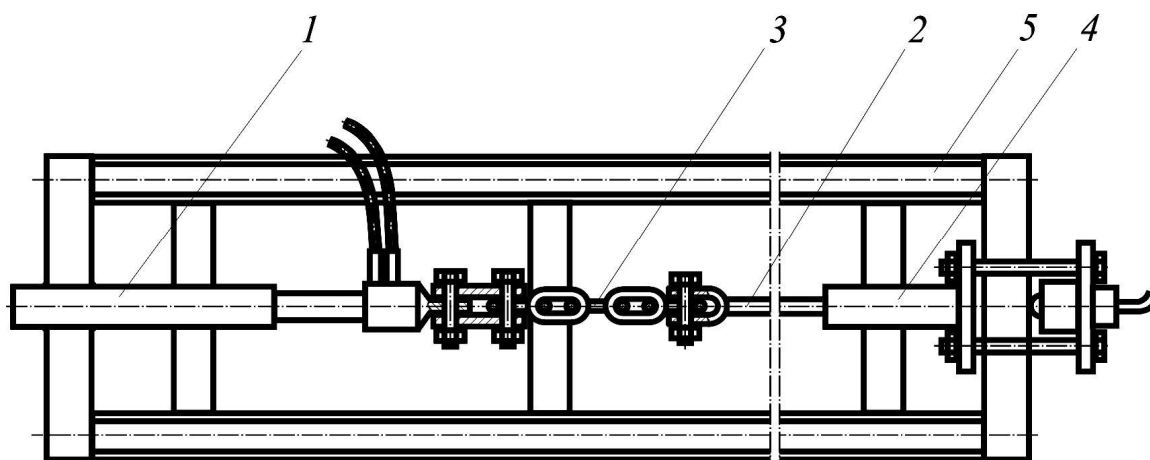


Рисунок 1 – Стенд для исследования несущей способности анкерной крепи с фосфогипсовым вяжущим

В состав стенда входят насосная станция, позволяющая развивать давление свыше 50 МПа, рама 5 из рельсов Р33, на которой закреплен силовой гидроцилиндр 1 двухстороннего действия. Штанга 2 соединяется с гидроцилиндром 1 отрезком цепи 3. Свободный конец штанги 2 заделывается в трубу 4, в которую предварительно закладывается затворенное в воде вяжущее. Усилие, развиваемое гидроцилиндром при вы-

дергивании штанги из трубы, измеряется тензометрическим узлом ЭТВУ 1Б-09.012-0,5, включающим датчик ДСТВ-С-016-20 5 и самопишущий прибор КСТ4.

Максимальное усилие, развиваемое гидроцилиндром при извлечении штанги, достигало 110 кН и ограничивалось прочностью трубопроводов, соединяющих насосную станцию с гидроцилиндром.

Штанги диаметром 32 мм изготавливались из арматурной стали периодического профиля. Характеристики фосфогипсового вяжущего (марка Г-10 А 111), установленные экспериментальным путем, соответствовали стандарту. При этом насыпная плотность составляла 1,18 г/см³, плотность в отвердевшем состоянии – 1,65 г/см³, началу и окончанию процесса схватывания раствора соответствовали 6 и 25...30 мин, предел прочности на сжатие образцов в виде кубиков с размером ребра 100 мм после двадцати четырех часов выдержки с момента их образования составил в среднем 40 МПа.

Фосфогипсовое вяжущее патронировалось в бумажную оболочку цилиндрической формы. Диаметр патрона – 36 мм, длина – 190...200 мм, масса – 0,3 кг. В отдельных случаях, обусловленных задачами исследований, изготавливались патроны длиной 10 мм (полпатрона). Перед закладкой патрона в трубу, имитирующую шпур, специальным дыроколом производилась перфорация оболочки. Затем в течение 1,5...2,0 мин (до прекращения выделения пузырьков воздуха) патрон выдерживался в воде. Как показал опыт, при меньшей выдержке затрудняется внедрение штанги в вяжущее, а при большей увеличивается срок начала его схватывания. Смоченный патрон вставлялся в трубу, нижнее отверстие которой запиралось резиновой пробкой, и уплотнялся забойником. При этом оболочка разрывалась, вяжущее выдавливалось из оболочки, заполняя трубу на полное сечение. Затем штанга с небольшим напорным усилием вставлялась в трубу.

Время схватывания и расширения фосфогипса – 2...6 мин. После получасовой выдержки, соответствующей окончанию процесса схватывания вяжущего, труба соединялась с тензометрическим узлом. По истечении времени, определяемого программой эксперимента, в гидроцилиндр подавалась под давлением рабочая жидкость, и штанга извлекалась из трубы. При этом измерялись усилие выдергивания и фактическая глубина заделки штанги в вяжущем.

Зависимости удельного усилия сцепления вяжущего с анкером и гладкой трубой представлены на рис. 2.

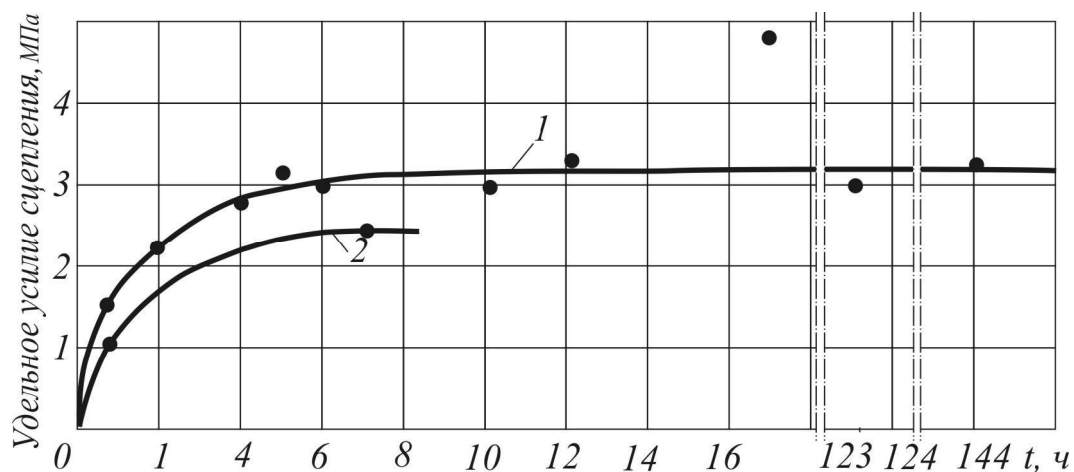


Рисунок 2 – Зависимость удельного усилия сцепления фосфогипсового вяжущего с металлическим стержнем периодического профиля (кривая 1) и с гладкими стенками металлической трубы (кривая 2) от времени t

Как видно из графика, через 45 мин удельное усилие сцепления штанги с вяжущим достигает 4,85 МПа, что составляет 50% от усилия, соответствующего 144-х часовой выдержке.

Вместе с тем следует отметить, что и данному способу присущи многооперационность и высокая трудоемкость работ, связанных с перфорированием ампул, последовательной и отдельной заправкой в шпур ампул и анкера. Кроме того, для всех замков на основе вяжущего эпюра нагружения заделки в процессе работы имеет вид треугольника, причем наибольшие напряжения приходятся на свободную поверхность заделки [5]. При таком характере нагружения прочность замкового соединения, работающего на свободную поверхность заделки, определяется прочностью вяжущего, в основном, на растяжение, которая на порядок меньше его прочности на сжатие. Следствием этого является сравнительно низкая прочность замка, и в соответствии с эффектом «слабейшего звена» выкрашивание затвердевшего материала со свободной поверхности заделки.

Таким образом, основная задача совершенствования анкерного крепления заключается, по-прежнему, в повышении несущей способности крепи и снижении трудоемкости процесса установки анкеров.

Для исключения операции перфорирования оболочки патрона на горном факультете УИПА предложено размещать вяжущее в ампулах из водопроницаемого материала, которые перед установкой анкера погружаются в воду до прекращения выделения пузырьков воздуха. Для поджатия, уплотнения вяжущего и удержания анкера в шпуре до схватыва-

ния вяжущего на анкере устанавливается распорный элемент в виде кольца с упругими зацепами.

Для исключения операций перфорирования патронов, отдельного введения их в шпур и уплотнения забойником, для снижения потерь вяжущего и обеспечения центрального расположения анкера в вяжущем предложен новый способ установки анкера [6], который заключается в следующем (см. рис. 3).

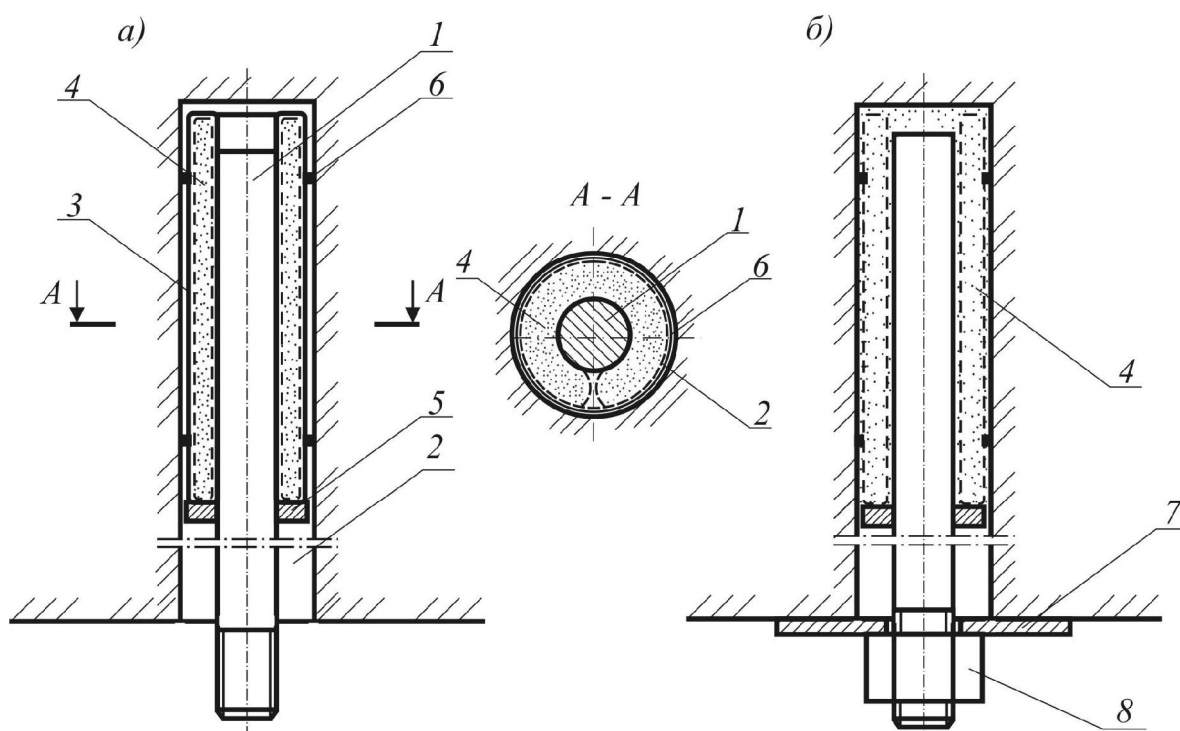


Рисунок 3 – Новый способ установки анкера

Конец стержневого анкера 1, который вводится в шпур 2, обворачивается плоским водопроницаемым пакетом 3 с вяжущим 4. При этом пакет образует трубу, которая одним концом касается закрепленного на стержне упора 5 в виде кольца, и фиксируется пружинными зажимами 6. Другой конец трубы выходит за границы стержня (см. рис 3,а). Конец штанги с пакетом погружается в воду до затворения вяжущего. Затем штанга толчком вводится в шпур, труба с вяжущим упирается в дно шпура. При этом вяжущее выдавливается с пакета, заполняя пространство между анкером и стенками шпура. После затвердения вяжущего и образования, таким образом, замка устанавливается подхват 7 и затягивается гайка 8 (см. рис. 3,б).

Для повышения несущей способности крепи в соответствии с заявкой на изобретение [7], рекомендуется на конец анкера 1, который вводится в шпур, надевать трубу 2, выполненную снаружи в виде усеченного конуса, меньшее основание которого обращено к устью шпура

(см. рис. 4). Труба опирается на уплотнительное кольцо 3, закрепленное на анкере, и поджимается фиксирующей гайкой 4. Затем труба закрепляется в вяжущем. При такой конструкции замка имеет место эффект подклинивания вяжущего, а максимум эпюры нагружения вяжущего приходится на опорную поверхность в глубине заделки. Благодаря работе вяжущего, в основном, на сжатие, повышается несущая способность крепи.

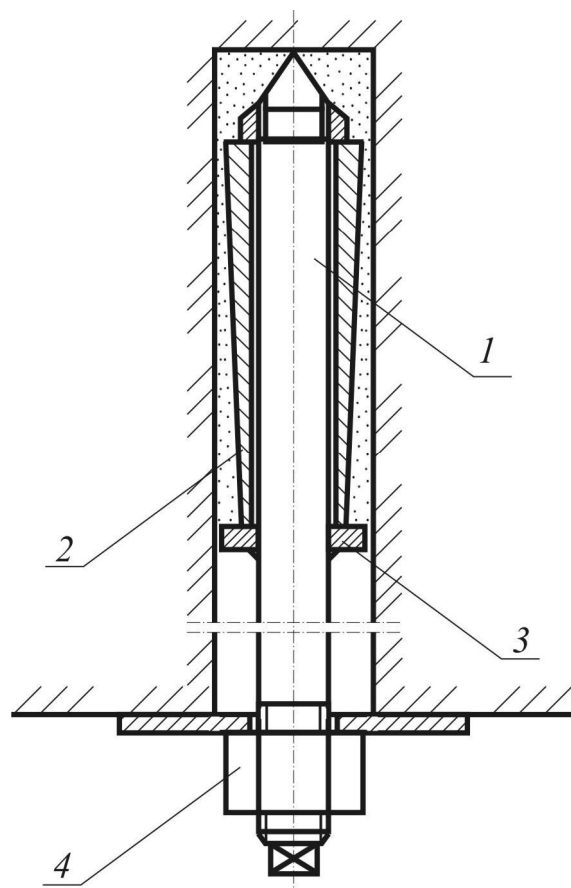


Рисунок 4 – Анкерное крепление

Проведенный анализ известных способов установки анкерной крепи, позволяет остановить выбор на крепи с замком, выполняемым из быстротвердеющих материалов, как наиболее прогрессивных и эффективных. Внедрение рекомендаций [6, 7] по совершенствованию конструкции анкерной крепи, закрепляемой фосфогипсовым вяжущим, и способов ее установки позволит повысить несущую способность крепи и снизить трудоемкость процесса ее установки.

Приведены рекомендации по совершенствованию конструкции анкерной крепи и способов ее установки.

Anchor lining and methods of its setting perfection construction recommendations are resulted.

Библиографический список.

1. Булат А.Ф. О внедрении новой технологии опорного крепления анкерами (Программа «Анкер»)/Уголь Украины. -2000. -№9.

2. Югон А., Кост А. Штанговое крепление горных пород. М.: Госгортехиздат. 1962.

3. А.С. 1390370 СССР. МКИ E21 D20/00. Способ установки анкера. Ш.А. Арипов. Опубл. 23.04.1988. Бюл. №15.

4. А.С. 1601383 СССР. МКИ с. Способ установки анкера. Е.М. Гарцуев. Опубл. 23.10.1990. Бюл. №39.

5. Мирзаев Г.Г. Режим работы железобетонной штанги под нагрузкой/Сб. инф. матер. «Опыт усовершенствования проходки горных выработок на рудниках цветной металлургии». ЦНИИ информации и технико-экономических исследований цветной металлургии. –М., 1966. с. 45-48.

6. Патент України: 77479. МПК E21D 21/00. Спосіб установки анкера/С.В. Корнєєв, Л.Н. Ширін, Ю.Е. Варченко, М.В. Плетньов, В.В. Тугай, О.Г. Петров. №200407059554 заявл. 19.07.2004; Опубл. 15.02.2006. Бюл. № 12. – 4 с.

7. Патент України: 81236. МПК E21D 21/00. Анкерне кріплення/Л.Н. Ширін, С.В. Корнєєв, М.В. Плетньов, Ю.Е. Варченко, О.Г. Петров, В.В. Тугай, №20040705925 заявл. 19.07.2004; Опубл.25.12.2007. Бюл. №21.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Гайко Г.И.