

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.235

Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, Л. Д. Филина

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ КРЕПЛЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОДНЫХ ОБНАЖЕНИЙ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

При сооружении подземных горных выработок одним из главных условий является обеспечение устойчивости образованных породных обнажений. Массив горных пород в нетронутом состоянии сосредотачивает в себе сложные физические процессы, связанные с различными полями напряжений, зависящими от целого ряда факторов – физико-механических свойств горных пород; условий геологического формирования и залегания породных пластов; степени нарушенности; склонности к геодинамическим проявлениям и др. При проведении горных выработок в таких условиях могут возникать различные непредвиденные обстоятельства, из-за которых стены горных выработок теряют свою несущую способность и начинают разрушаться.

На устойчивость породных обнажений существенное влияние оказывает степень обводненности породного массива, которая приводит к интенсивному расслоению и обрушению горных пород. За счет этого в угольных шахтах неоднократно происходили вывалы участков пород кровли как при проходке горных выработок, так и при их эксплуатации, ликвидация которых требует значительных трудовых и денежных затрат, а в некоторых случаях приводит к тяжелым аварийным последствиям.

Очень важным фактором является качество оконтуривания горной выработки, особенно при применении взрывных работ. Если контур выработки будет получен неровный, то концентрация напряжений вокруг горной выработки будет совершенно иной, чем при гладком контуре.

Известно, что в нетронутом массиве горные породы находятся в состоянии всестороннего объемного сжатия. При проведении горной выработки условия равновесного состояния нарушаются и в призабойной зоне формируется поле статических напряжений, вид и величина которых зависит от формы и размеров поперечного сечения горной выработки, а также физико-механических свойств горных пород. Напряженное состояние горных пород существенно влияет на прочностные характеристики горных пород.

В процессе проведения горной выработки нарушается равновесное состояние породного массива и за счет этого происходит перераспределение действующих напряжений, как вокруг выработки, так и впереди забоя [1]. При этом, в зависимости от прочностных свойств породного массива, вокруг

выработки выделяются два вида состояния среды – упругое и неупругое.

Упругое состояние характерно для горных выработок, проводимых в монолитных породах повышенной крепости, неупругое – в менее прочных породах. При проведении горных выработок в таких породах буровзрывным способом на устойчивость породных обнажений влияют как действующее горное давление, так и волны напряжения от взрыва комплекта шпуровых зарядов ВВ.

В устойчивых породах, когда напряжения не превышают длительной прочности горных пород, а деформации не выходят за пределы упруго-ползучих, породный контур является устойчивым, и крепь, как несущая конструкция не всегда нужна. В тех же случаях, когда вокруг выработки образуется зона неупругих деформаций, необходимо устанавливать крепь, обладающую податливостью, чтобы горная порода в обнажении имела возможность некоторого смещения, иначе крепь может быть разрушена или повреждена.

При рассмотрении системы «крепь-массив» в различных горно-геологических условиях, выделяется два основных режима работы крепи: режим заданной нагрузки и режим взаимовлияющей деформации (крепь и породный массив работают совместно, нагрузка на крепь определяется ее деформацией со смещающимся породным массивом). Основными параметрами крепи являются податливость и несущая способность. Эти режимы могут чередоваться и комбинироваться. Так, например, в первый период работы крепь может поддерживать только отслоившиеся участки пород кровли и работать в режиме заданной нагрузки, а затем из-за нарастания деформаций вышележащих слоев породы перейти в режим взаимовлияющей деформации.

Многолетний опыт изучения механизма взаимодействия системы «крепь-массив» дал возможность сформировать основные требования к крепи горных выработок, который сводится к следующему:

- обеспечивать сохранность формы и размеров поперечного сечения горной выработки на протяжении всего срока службы;
- не требовать увеличения поперечного сечения горной выработки при ее возведении;
- обладать малой сопротивляемостью движению воздушной струи при проветривании;
- не требовать больших инвестиционных вложений.

Правильный выбор того или иного вида крепи с учетом отмеченных условий занимает особое место при сооружении горных выработок, но не всегда эти условия соблюдаются. На практике, зачастую используются такие виды крепей, которые стали уже традиционными для тех или иных предприятий и применяют их чаще всего из-за того, что к ним уже привыкли работники предприятий. Но они не всегда экономичны и не всегда соответствуют горно-геологическим условиям, при этом, иногда выработки, проводимые в устойчивых породах необоснованно крепят дорогостоящими материалоемкими крепями.

В настоящее время широкое применение находит анкерная крепь. Известно много различных конструкций анкерных крепей, но не всегда они

таким образом, чтобы металлический клин полностью вошел в прорезь. За счет этого стенки головки анкера раздвигаются и зубья, имеющиеся на ее поверхности внедряются в стенки шпуря, обеспечивая прочное и надежное закрепление анкера в шпуре и его максимальную несущую способность.

Наличие зубьев на стенах головки анкера обеспечивает надежное закрепление анкера даже в обводненных шпурах и в тех случаях, когда стени шпуров покрыты глинистыми образованиями. В этих условиях анкера с гладкостенными поверхностями неприменимы, поскольку коэффициент трения металла о такую породу резко снижается и несущая способность анкера будет недостаточна.

При сооружении горных выработок в монолитных породах с повышенной крепостью и с незначи-

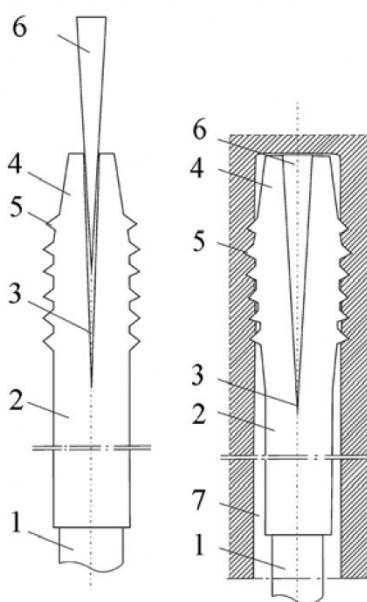


Рис. 1. Клиновраспорный анкер

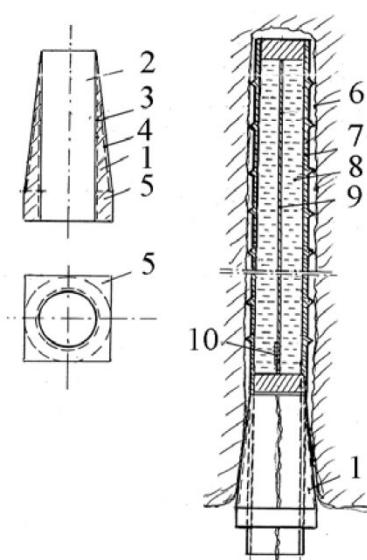


Рис. 2. Гидровзрывной трубчатый анкер

удовлетворяют предъявляемым требованиям, имея те или иные недостатки.

Нами были внесены конструктивные изменения в некоторые из них и разработаны принципиально новые конструкции с определением их области применения.

Для горных пород слабых и средней крепости разработан клиновраспорный анкер (рис. 1) [2], который состоит из металлического стержня 1, головки 2 с продольной прорезью 3, концевой части 4 в форме усеченного конуса. На наружной поверхности головки 2 имеются зубья 5, а в продольную прорезь 3 вставлен металлический клин 6.

Работа с клиновраспорными анкерами производится в обычном режиме, как и с другими подобными анкерами. Перед размещением в шпур, клин 6 вставляют в прорезь 3 и слегка вдавливают, чтобы он занял требуемое вертикальное положение. После этого анкер вставляют в шпур 7 и металлический стержень 1 задавливают или забивают любым способом – перфоратором, домкратом и т.п.,

тельной трещиноватостью рекомендован гидровзрывной трубчатый анкер (рис. 2) [4, 5]. Анкер выполнен в виде металлической трубы, на наружной поверхности которой имеются зубчатые выступы. Верхний торец и нижняя часть трубы на удалении 30-40 см от нижнего торца закрыты герметично пробками, к которым прикреплен детонирующий шнур с электродетонатором в нижней его части. Внутренняя полость трубы заполнена водой.

Установка трубчатых анкеров производится следующим образом. Трубчатый анкер вставляют в шпур (скважину) и на нижний торец трубы для предварительного удержания анкера в шпуре накручивается удлиненная коническая гайка с резьбой на внешней ее поверхности, за счет которой коническая гайка одновременно врезается в горную породу устья шпуря, что и обеспечивает надежное удержание анкера в шпуре.

После размещения гидровзрывных трубчатых анкеров в шпурах, выходящие из труб концы проводников электродетонаторов соединяют во взрывную цепь

и производят их инициирование. При детонации детонирующего шнура возбуждаемая мощная ударная волна создает через водяную массу гидравлический удар, действующий на стенки металлической трубы.

За счет этого стенки металлической трубы расширяются и плотно прижимаются к стенкам шпура, а зубчатые выступы внедряются в породу, обеспечивая эффективное и надежное закрепление гидровзрывного трубчатого анкера в шпуре.

В настоящее время широкое применение находит анкерная крепь различных модификаций. Недостатком известных конструкций анкерной крепи является то, что они выполняют лишь одну функцию – роль несущей конструкции, поддерживающую определенную толщу горных пород законтурного пространства горной выработки. Однако, при проведении горных выработок встречаются различные условия залегания горных пород – слоистость, трещиноватость, различные степени нарушенности. Если выработку проводят с применением буровзрывных работ, то в законтурном массиве создается зона трещиноватости от действия энергии взрыва на глубину до 1,0–1,5 м, что значительно снижает устойчивость породных обнажений.

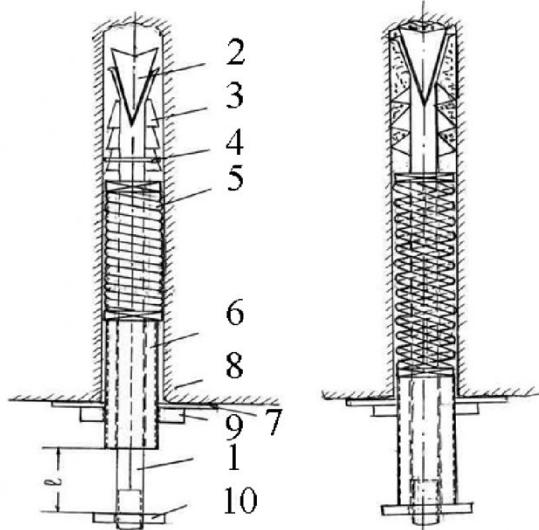


Рис. 3. Распорно-прижимной анкер

В таких случаях необходимо создавать условия для стабилизации геологической структуры породного массива за контуром горной выработки. Это является второй функцией, которую должна выполнять анкерная крепь. Такую функцию, в некоторой степени, призваны выполнять канатные предварительно напряженные анкеры. Но в таких конструкциях существенным недостатком является сложность натяжения многослойного металлического каната при установке анкеров. Нами разработан принципиально новый тип анкера – распорно-прижимной [3], который состоит из металлического стержня 1 (рис. 3), металлического клина 2, вставленного в прорезь на верхнем торце металлического стержня, двух ребристых полумуфт 3, соединенных монтажным кольцом 4 (закрепляющее устройство может иметь любую другую конструкцию). На ме-

таллическом стержне 1 закреплена пружина 5, конструктивные параметры которой принимаются в зависимости от длины анкера и структурного состояния породного массива.

На нижнем торце пружины закреплена цилиндрическая втулка 6 с резьбой на внешней поверхности, на которой расположена опорная плита 7, контактирующая с породным массивом 8 и натяжная гайка 9.

На нижнем торце металлического стержня с помощью резьбового соединения установлена ограничительная гайка 10, фиксирующая длину растяжения пружины 5 и ограничивающая ход цилиндрической втулки 6. Величина ограничительного расстояния l рассчитывается при разработке паспортов крепления породного обнажения при сооружении горных выработок с учетом структурного состояния породного массива и величины необходимого «стягивания» его в зависимости от степени трещиноватости и нарушенности.

Анкер вставляют в шпур и закрепляют с помощью металлического клина 2 и ребристых полумуфт 3 в донной части шпура. Для более прочного закрепления головной части анкера в шпуре могут быть применены ампулы с полизэфирными смолами. После закрепления анкера в шпуре, натяжная гайка 9 накручивается на цилиндрическую втулку 6, которая по металлическому стержню 1 смещается в нижнее положение до ограничительной гайки 10, растягивая при этом пружину, одновременно прижимая опорную плиту к закрепляемому породному массиву.

В процессе эксплуатации, растянутая пружина стремясь сжаться, сдавливает нарушенные слои горной породы, уменьшая трещины и предотвращая их дальнейшее развитие, что значительно повышает устойчивость породных обнажений в течении всего срока службы горных выработок.

Нами разработана выдвижная предохранительная крепь, которая может применяться в комплексе с постоянной или временной анкерной крепью любой конструкции при проведении горных выработок [6, 7, 8].

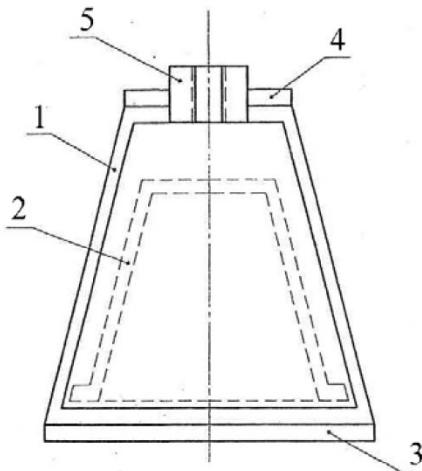


Рис. 4. Опорный элемент для выдвижной крепи

Назначение временной предохранительной крепи – предохранение от вывалов кусков породы после взрыва комплекта шпуровых зарядов в процессе погрузки разрушенной горной массы и оформления призабойного пространства до момента установки временной и постоянной крепи. Такая крепь состоит из выдвижных консольных балок, изготавливаемых из спецпрофиля СВП, с защитным перекрытием в виде металлической решетки, закрепляемых на концевых частях анкерной крепи с помощью специальных опорных элементов (рис. 4).

Опорный элемент состоит из двух боковых наклонных элементов 1, соединенных нижней 3 и верхней 4 параллельными площадками. На верхней площадке имеется гайка 5 с резьбой, аналогичной резьбе на концевиках анкерной крепи. Опорные элементы навинчиваются на выступающие из шпуров концевики анкеров, а внутрь опорных элементов размещают выдвижные консоли 2 из спецпро-

филя СВП. На выступающие перед забойной частью выработки консольные части навешивают металлическую решетку, предотвращающую попадание в рабочую зону отслаивающихся кусков породы.

По мере продвижения горной выработки, опорные элементы легко свинчиваются и переносятся на следующие вновь установленные ряды анкеров.

Выдвижная временная предохранительная крепь легко возводится на анкерной крепи и передвигается без применения каких-либо механизмов, а форма опорных элементов, повторяющая форму выдвижных консолей из СВП, предотвращает их смещение и переворачивание в процессе эксплуатации, что повышает безопасность труда шахтеров.

Применение разработанных видов облегченных крепей позволяет снизить материалоемкость и стоимость крепления горных выработок при обеспечении требуемой несущей способности системы крепь-массив и безопасности труда шахтеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Масаев, Ю. А. Условия проведения горных выработок в напряженном породном массиве // Вестник Кузбасского государственного технического университета, № 3, 2013. – С. 24-27.*
2. Клинераспорный анкер / Положительное решение о выдаче патента на полезную модель от 06.11.2014 г. по заявке № 2014136169/03 (058522), авт. Ю. А. Масаев, А. П. Политов, В. Ю. Масаев.
3. Патент № 138709, Россия, МПК E21D 21/00. Распорно-прижимной анкер / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, С. А. Соколов. Опубл. 20.03.2014. Бюл. № 8.
4. Патент № 122697, Россия, МПК E21D 21/00. Гидровзрывной трубчатый анкер / Ю. А. Масаев, В. В. Першин, В. Ю. Масаев, Е. В. Курехин. Опубл. 10.12.2012. Бюл. № 34.
5. Патент № 128243, Россия, МПК E21D 20/00. Устройство для предварительного закрепления в шпуре гидровзрывного трубчатого анкера / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев. Опубл. 20.05.2013. Бюл. № 14.
6. Патент № 76073, Россия, МПК E21D 19/04. Временная предохранительная крепь при возведении постоянной анкерной крепи / С. Н. Баканяев, Е. В. Паршикова, Ю. А. Масаев, М. Д. Войтов. Опубл. 10.09.2008. Бюл. № 25.
7. Патент № 102679, Россия, МПК E21D 19/00. Временная предохранительная крепь / В. В. Першин, Ю. А. Масаев, М. Д. Войтов, В. Ю. Масаев, Е. В. Паршикова. Опубл. 10.03.2011. Бюл. № 7.
8. Патент № 107282, Россия, МПК E21D 19/00. Опорный элемент для выдвижной крепи / Ю. А. Масаев, В. Ю. Масаев, Е. В. Паршикова. Опубл. 10.08.2011. Бюл. № 22.

Авторы статьи:

Масаев Юрий Алексеевич,
канд. техн. наук, профессор каф. строительства подземных сооружений и шахт КузГТУ, тел. 8-951-594-09-4539-63-78

Масаев Владислав Юрьевич,
канд. техн. наук, доцент каф. экономики и управления на предприятии, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова (Кемеровский институт), тел. 8-953-068-68-77

Филина Любовь Дмитриевна,
канд. экон. наук, доцент каф. экономики и управления на предприятии, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова (Кемеровский институт), тел. 8-913-302-65-67