

УДК 622.257.12

И.А. Мартыненко, И.И. Мартыненко, И.А. Капралова
РАБОТА АРОЧНОЙ КРЕПИ ПРИ АНКЕРОВАНИИ
КРОВЛИ

Приведены результаты работы арочной крепи с традиционной установкой и сплошным или частичным заполнением закрепного пространства и анкерованием кровли замоноличенными анкерами.

Ключевые слова: шахта, закрепное пространство, распорно-замковый анкер.

На балансе шахт Восточного Донбасса находится 665 млн. т. угля, в том числе перспективных для отработки 573,6 млн т. В геологическом строении этого региона принимают участие осадочные и изверженные породы. Они представлены толщей переслаивающихся песчаников, песчаных и глинистых сланцев с подчиненными им прослойками, известняками и пластами углей, мощностью 0,7—2,2 м и углом падения до 45°. Кровли пластов сложены песчаными, песчано-глинистыми и глинистыми сланцами, реже песчаниками и известняками. В большинстве случаев они характеризуются как среднеустойчивые.

Для устойчивой добычи угля ежегодно проходилось 42-43 км выработок, в настоящее время — 19,2 км. Средняя площадь поперечного сечения в свету выемочных выработок составляет 12,7 м². В зависимости от устойчивости и условий залегания вмещающих пород имеют сводчатую, трапециевидную или прямоугольную форму поперечного сечения. В качестве крепи выработок со сводчатой формой используется металлическая арочная (80 %), трапециевидной-металлическая или сборная железобетонная с металлическим верхняком ($\approx 10\%$), прямоугольной — металличе-

ская анкерная, распорно-замковая (8,5 %) и сталеполимерная ($\approx 1,5\%$).

В выемочных выработках все перечисленные виды крепи не всегда обеспечивают эксплуатационное состояние, безопасность горных работ, высокие коэффициенты извлечения и повторного использования металлических рам. Более 40 % крепи деформируется и для создания устойчивого и безопасного состояния выработки перекрепляются. В более устойчивом состоянии находятся выработки с металлической арочной крепью, закрепное пространство которых заполнено твердеющим материалом (цементно-песчаными, фосфогипсовыми растворами).

Установлено, что верхняя граница технической эффективности способов арочного крепления с заполнением закрепного пространства твердеющим материалом, производимым в сочетании с анкерованием пород кровли выработки выше, чем без анкерования. Это утверждение правомерно лишь при соответствии параметров анкерной крепи требованиями действующих Инструкций. Получившие распространение способы установки распорно-замковых анкеров часто не позволяют создать достаточное предварительное напряжение штанг и не обеспечивают быстрого

нарастания их сопротивления при смещениях пород, поэтому была предложена их установка с заданным начальным осевым усилием P_h . По результатам испытаний, установленных предложенным способом анкеров типа ЭС-1 (АШ-1) в шахтных условиях, характеризующихся пределом пород на одноосное сжатие — более 60 МПа; незначительной обводненностью пород кровли, сроком службы выработки — менее одного года, определена стохастическая связь между сопротивлением распорно-замкового анкера P , смещением его резьбового конца Δ и начальным натяжением P_h :

$$P = 3,2 \ln \Delta + 0.9 P_h - 3,5,$$

где Δ — смещение нижнего конца анкера, $\Delta = 0 \dots 48$ мм; P_h — начальное напряжение анкера, $P_h = 10 \dots 60$ кН.

Характеристики зависимости:

$$t = 16.48 > t^m = 1.6;$$

$$F = 20.20 > F^m = 1.2,$$

Выявлено, что при установке распорно-замкового анкера экспериментальным способом с начальным натяжением $P_h \geq 40$ кН деформационно-силовая характеристика удовлетворяет требованиям инструктивных документов.

С целью предотвращения фактического снижения плотности анкерования в зоне интенсивного смещения пород кровли первой лавы, обусловленного «обыгрыванием» штанг, «обрывом» натяжных гаек и опорных элементов, предложено производить позади линии очистного забоя на расстоянии шага вторичных осадок основной кровли усиление установленных при проходке выемочной выработки анкеров нагнетанием в шпуры твердеющего материала [1]. Стендовые испытания показали, что замоноличивание цементным раствором состава Ц:В = 1:0,4 (по объему) даже некачественно установленного ($P_h = 10$ кН) анкера типа АШ-

1 повышает уже через сутки его сопротивление до требуемого уровня при условии близкого к полному заполнению шпуря:

$$P_{1cym} = 3 \ln \Delta + 17.2\alpha - 26.7,$$

где α — расстояние от верхнего торца полумуфты установленного в кровлю анкера типа АШ-1 (ЭС-1) до цементного раствора в шпуре, принимается равным от 0 до 1.60 м; Δ — смещение нижнего конца анкера, которое колеблется от 0 до 48 мм.

Характеристики зависимости:

$$t = 5.82, \quad F = 7.11.$$

На основании экономико-математического моделирования (с учетом установленных закономерностей влияния величины закрепных пустот в своде выемочных выработок на проявления горного давления в них) определены границы областей эффективного применения в условиях шахт региона способа арочного крепления с заполнением закрепного пространства, в том числе производимого в сочетании с анкерованием кровли. Наибольшая эффективность достигается использованием крепления с частичным заполнением в установленных для них областях. С учетом особенностей условий региона предложены следующие способы крепления с частичным заполнением:

- арочное крепление с гидромеханическим заполнением только над рамами с помощью эластичных оболочек;
- арочное крепление с гидромеханическим ленточным заполнением;
- арочное крепление с гидромеханическим заполнением только в своде выработки.

При широком внедрении высоконесущих ограниченно-податливых охраняющих конструкций, например, тумб из деревянно-бетонных блоков БДБ, а также искусственных ограждений в виде деревянно-бетонных и деревянно-блочных костров [2,3], перечис-

ленные способы крепления с частичным заполнением, в том числе производимым в сочетании с анкерованием кровли, могут эффективно применяться в 90 % выемочных выработок со сводчатой формой поперечного сечения.

На основании установленных зависимостей разработана методика инженерного расчета относительного уменьшения (в сравнении с традиционным креплением) смещений пород кровли выемочной выработки со сводчатой формой поперечного сечения при применении крепления с заполнением закрепленного пространства. Установлено, что максимально возможное относительное уменьшение смещений пород кровли выемочной выработки за весь срок ее службы составляет:

а) без анкерования пород
70 % — при применении полного заполнения;

51 % — при заполнении только в своде выработки;

32 % — при заполнении только над верхняками каждой рамы;

б) с анкерованием пород

76 % — при применении полного заполнения;

60 % — при заполнении только в своде выработки;

47 % — при заполнении только над верхняками каждой рамы.

Испытания инновационных способов крепления выемочных выработок были проведены на шахтах им. Л.Б.Красина, им. Октябрьской революции и «Юбилейная». Они подтвердили достоверность предложенного метода расчета уменьшений смещений пород кровли выемочной выработки при применении вместо традиционного арочного крепления крепление с заполнением и анкерованием кровли (достигается приемлемая для практики сходимость расчетных и фактических параметров).

Экономический эффект от внедрения разработок составил 80,3 тыс. руб. в ценах 1998 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2 069 758 (РФ), Е21 Д11/00. Способ крепления выемочных штреков / Луганцев Б.Б., Мартыненко И.И.. Савин В.А. — Опубл. 27.11.96. Бюл. № 33.

2. А.с. 1 788 275 (СССР), Е21 Д15/48. Костер для поддержания кровли горных

выработок / Быковский В.В., Мартыненко И.И. — Опубл. 15.01.93. Бюл № 2.

3. Патент 2 079 665 (РФ), Е21 Д15/48 .Костер для охраны выемочных выработок / Луганцев Б.Б., Мартыненко И.И., Савин В.А. — Опубл. 20.05.97. Бюл. № 14. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мартыненко Иван Андреевич — кандидат технических наук, профессор,
Мартыненко Игорь Иванович — кандидат технических наук, доцент,
Капralова Ирина Александровна — старший преподаватель,
Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасский политехнический институт), siurgtu@siurgtu.ru