

Вывод. В настоящее время наметилась тенденция к повышению коэффициента использования металлокрепей из профиля СВП. Проведенный анализ работы замковых соединений показывает, что этого можно достигнуть за счет нормирования обтяжки болтовых соединений замков и исключения перекоса скоб.

Список литературы

1. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. – Мінвуглепром України. – К., 2007. – 113 с.
2. Компанец, В.Д. Оборудование и методика лабораторных испытаний металлических рамных податливых крепей / В.Д. Компанец, Ю.А. Шевелинда // Технология обработки тонких угольных пластов на шахтах Донбасса. Сб. научных статей. – Донецк: Дон УГИ. – 1988. – с. 130-136.
3. Литвинский Г.Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г.Г. Литвинский, Г.И. Гайко, Н.И. Кулдыркаев. – К.: Техника, 1999. – 216 с.
4. Сытник, А.А. Рамные крепи горных выработок: обзорная информация и справочные материалы [Текст] / А.А. Сытник, Ф.С. Зигель, В.Ф. Компанец, В.С. Поляковский. – Донецк: ЦБНТИ. – 1992. – 36 с.
5. Справочные материалы по продукции горнотехнического назначения, выпускаемой предприятием «Донбасскрепь» // Составитель Иванов И.Е. – Донецк. – 2013. – 20 с.
6. Алиев Н.А. Концептуальные основы повышения производительности и безопасности подземной разработки месторождений полезных ископаемых / Н. А. Алиев, В. А. Джангиров, М. И. Щадов, А. Б. Зудиков // Горный журнал. – №6. – 2009. – С. 5–10.
7. Wojtusik A., Ciałkowski B. Czynniki powodujące nadmierne wyłężenie strzemion w obudowie ŁP. Nowoczesne Technologie Górnicze materiały seminaryjne, Ustroń, 2006. – P. 7-16
8. Халимендик Ю.М. Безопасное использование замковых соединений арочной крепи / Ю.М. Халимендик, А.С. Барышников, В.Ю. Халимендик // Уголь Украины. – №1-2. – 2017. – С. 31-34.
9. Халимендик Ю.М. Оценка работоспособности металлической крепи / Ю.М. Халимендик, С.В. Бегичев, В.Ю. Халимендик // Науковий вісник НГАУ. – № 6. – 2002. – С. 48-50
10. Кириченко В.Я. Направление создания эффективных соединительных элементов для податливых крепей / В.Я. Кириченко, М.В. Шишов // Геотехнічна механіка. – №112. – 2013. – С.173-185.

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОВТОРНОЙ ЛИКВИДАЦИИ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ ЗАКРЫТЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

П.Н. Должиков, А.Ю. Прокопов, Донской государственный технический университет, Россия

На основе аналитических и технологических исследований разработаны методика проектирования и технологическая схема повторной ликвидации наклонных выработок закрытых шахт способом тампонажа ресурсосберегающими безуглеводородными смесями. Технология позволяет обеспечить геомеханическую устойчивость породного массива.

По результатам системного мониторинга за состоянием ликвидированных вскрывающих выработок на территориях закрытых шахт установлены возникшие горно-экологические проблемы, причем широкорегионального масштаба.

Визуальное обследование этих выработок показывает, что их устьевые части обрушены, а на промышленных площадках в большом количестве имеются провалы и оседания земной поверхности. Основной причиной возникновения повреждения земной поверхности являются: неудовлетворительное, а зачастую аварийное, состояние вскрывающих наклонных стволов на момент их ликвидации, полное изменение фактического контура горных выработок, непредсказуемое, хаотичное пространственное положение пустотного канала выработок, наличие завалов, куполов обрушения, разрушения крепи, наличие зон «пережима» горных

пород, расслоений и снижение механической прочности и несущей способности пород кровли [1,2].

Схема современного горнотехнического состояния вскрывающих наклонных горных выработок закрытых шахт показана на рис.1.

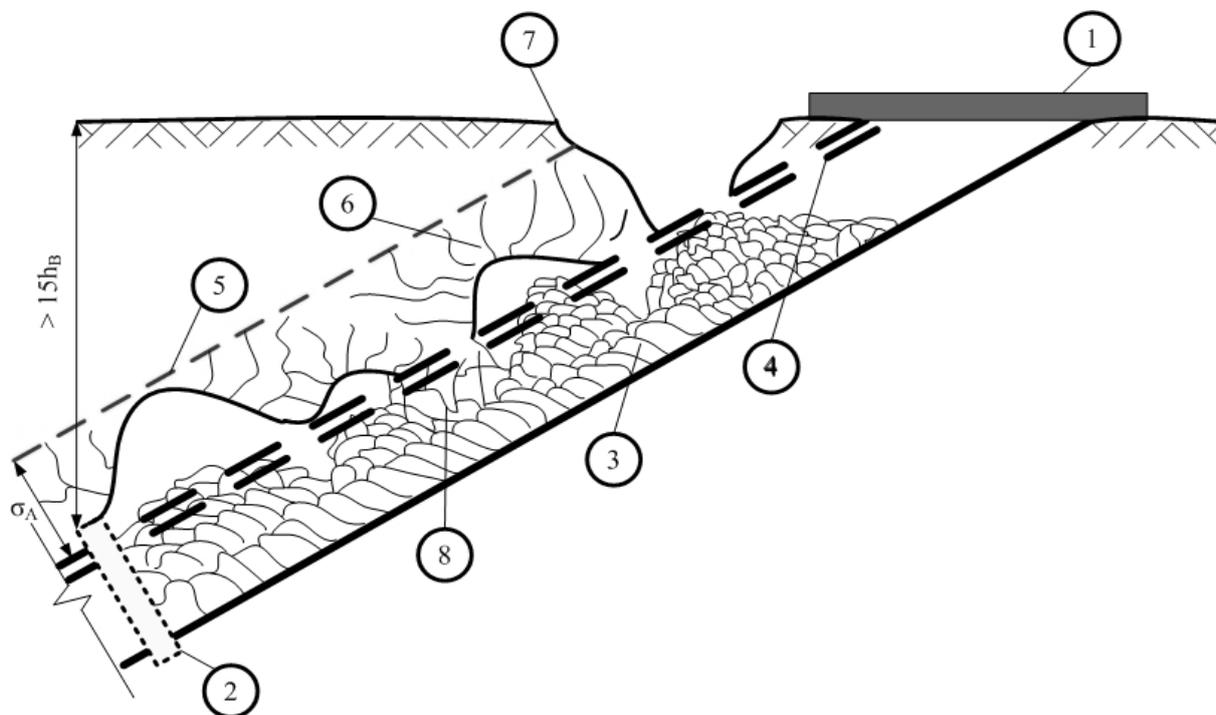


Рис.1. Схема фактического состояния наклонных шахтных стволов закрытых угольных шахт: 1 - полок перекрытия устья ствола; 2 - изолирующая перемычка, подвергшаяся разрушению; 3 - закладочный материал, частично вынесенный в прилегающие выработки; 4 - крепь ствола, подвергшаяся разрушению; 5 - граница зоны активных деформаций; 6 - купол обрушения; 7 - воронка провалообразования; 8 - зона пережима горных пород

Геомеханическая устойчивость массива горных пород в районах ликвидированных (изолированных) вскрывающих наклонных горных выработок закрытых угольных шахт, как показывает практика, сегодня достигается путем повторной ликвидации выработок методом тампонажа безусадочными суспензиями на основе золошлаковых отходов ТЭС и горелой породы. Успех во многом определяется горно-геологическими условиями проведения тампонажно - закладочных работ и научно обоснованным выбором технологических параметров тампонажа пустотного канала выработок [3].

Цель работы – обосновать методику проектирования и технологическую схему повторной ликвидации наклонных выработок закрытых угольных шахт.

Повторная ликвидация наклонных вскрывающих горных выработок осуществляется без присутствия людей в забое - через скважины, пробуренные с земной поверхности, в безнапорном и напорном режимах движения тампонажно - закладочных гидросмесей. При этом по направлению оси горной выработки бурится необходимое количество скважин, обеспечивающих высокоэффективное заполнение пустотного канала выработок за счет соединения его разрозненных участков и зоны активной деформации над выработкой.

По результатам аналитических и технологических исследований разработана новая методика проектирования технологических параметров процесса повторной ликвидации старых вскрывающих наклонных горных выработок закрытых угольных шахт. Методика проектирования и технологическая схема повторной ликвидации наклонных стволов закрытых угольных шахт основаны на принципиальных положениях Комплексного метода тампонажа горных пород [4].

Тампонажно - закладочная гидросмесь при нагнетании через скважину в пустотный канал горной выработки испытывает действие гидродинамических и массовых сил. Исходя из этого, для ограничения ликвидационного интервала выработки, на его нижней границе $H \geq h_1 + h_2 + 15h_g + h_{АДЗ}$ осуществляется формирование нижней грузонесущей перемычки и упорного слоя, затем производится ликвидация пустотного канала старой наклонной горной выработки тампонажно - закладочным раствором на основе золошлаковых отходов ТЭС. Рациональным является порционное нагнетание раствора для предотвращения его выноса вглубь выработки за счет растекания по почве. Проектирование технологических параметров повторной ликвидации наклонных выработок целесообразно осуществлять в две стадии:

- на первой стадии осуществляется проектирование технологических параметров постановки нижней перемычки;
- на второй стадии проектируются технологические параметры тампонажа пустотного канала горной выработки.

Проектирование параметров формирования нижней грузонесущей перемычки производится по уравнениям, полученных в результате аналитических исследований. Последовательность этапов расчета следующая:

- вычисляется объем тампонажно - закладочного раствора (бетонной смеси) для формирования «опорного слоя»;
- определяется высота «конуса течения», объем порции гидросмеси и суммарный объем тампонажно - закладочного раствора, движущегося в безнапорном режиме течения;
- рассчитывается минимальная толщина нижней грузонесущей перемычки L_{min} , площадь контакта перемычки с кровлей горной выработки $S = aL_K$, суммарный объем бетонной смеси, давление на насосе и на устье скважины.

Расчет технологических параметров тампонажа пустотного канала старой наклонной горной выработки производится в следующей последовательности. Выполняется расчет радиуса течения тампонажно - закладочного раствора в безнапорном режиме по формуле:

$$R = \frac{atg\varphi_0 \cos\varphi}{2} (ctg(\varphi_0 - \varphi) - ctg(\varphi_0 + \varphi)).$$

где a - пролет горной выработки, м; φ - угол наклона выработки.

Толщина слоя тампонажно - закладочного раствора с учетом гидродинамического давления, высоты выработки, динамического напряжения сдвига раствора рассчитывается по формуле:

$$h = \frac{\tau_0}{\rho g \left(\left(1 - \frac{2\tau_0}{\rho g r} \right) \frac{H + h_B / \cos\varphi}{R} + \sin\varphi \right)}.$$

где H - глубина заложения наклонной горной выработки, м;

h_B - высота выработки «вчерне», м.

Зная длину интервала L_i повторной ликвидации старой наклонной горной выработки, можно рассчитать количество тампонажно - закладочных скважин:

$$N_C = \frac{L_i}{\alpha_3 R},$$

где α_3 - коэффициент запаса раствора, учитывающий потери при формировании конуса и его геометрическое несовершенство;

R - радиус распространения тампонажно - закладочного раствора, м;

Объем тампонажно - закладочного раствора, подаваемого в одну скважину, равен:

$$V_{Pi} = \alpha_3 R S,$$

где S - площадь сечения горной выработки, м²;

При порционном нагнетании тампонажно - закладочного раствора в пустотный канал горной выработки объем порции раствора составит:

$$V_{II} = a R h,$$

где a - пролет горной выработки, м

Суммарное количество порций тампонажно - закладочного раствора рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{k \sum_{i=1}^n V_{Pi}}{aRh} = \frac{kV_{\text{Л}}}{aRh},$$

Суммарный объем тампонажно - закладочного раствора для заполнения пустотного канала наклонной горной выработки равен:

$$V_{\text{СУМ}} = \lambda k S L_{\text{г}} = \sum_{i=1}^{N_C} V_{Pi},$$

где k - коэффициент, учитывающий форму сечения горной выработки;

λ - коэффициент, учитывающий наличие «зон пережима» и завалов в пустотном канале выработки.

При переходе режима движения тампонажно - закладочного раствора из безнапорного в напорный режим на конечном этапе тампонажа, определяется давление на насосе:

$$P_H = \frac{2\tau_0 a}{h} - \rho g H + P_T + P_C,$$

где P_T - потери напора в нагнетательном трубопроводе, Па;

P_C - потери напора в тампонажно - закладочной скважине, Па.

Далее оценивается общий объем ухода тампонажно - закладочного раствора в кровлю выработки и зону активных деформаций.

Конструкция тампонажно - закладочных скважин должна быть предельно простой, при этом следует предусматривать возможность герметизации устья для создания избыточного давления для закачки раствора в напорном режиме по зажимной схеме. При бурении по четвертичным отложениям выполняется обсадка скважин с цементацией пространства за обсадной трубой, при бурении по коренным породам необходимость обсадки скважин отсутствует. При этом за основу может быть принята следующая примерная конструкция: устье скважины оборудуется направляющей трубой длиной 2 м с наружным диаметром 219 - 243 мм; её устьевая часть должна быть закреплена кондуктором из обсадных труб диаметром 127 - 146 мм (длину кондуктора определяется расчетным путем); тампонажно - закладочную скважину от башмака кондуктора до проектной глубины следует бурить буровым инструментом диаметром не менее 93 мм.

Точки бурения скважин выносятся инструментально с погрешностью ± 20 см от оси наклонной горной выработки с учетом данных маркшейдерских съемок. При малых глубинах скважин залогом попадания тампонажно - закладочной скважины в выработку является вертикальность бурового инструмента.

При вскрытии горной выработки через буровой инструмент изучается степень засыпки, наличие куполов обрушений, плотность закладочного материала при наличии такового и плотность, а также степень усадки, разрыхленной горной массы. При необходимости в скважинах выполняются гидродинамические исследования. Полученные данные закладываются в основу расчётов технологических параметров повторной ликвидации выработки путем тампонажа.

Оборудование тампонажных скважин и нагнетание в них раствора, в зависимости от глубины залегания выработки, мощности и состояния горных пород, состояния кровли выработки и режима нагнетания, выполняются по двум технологическим схемам [5].

Первая технологическая схема, предусматривает оборудование скважины кондуктором и дальнейшее её бурение на полную глубину до кровли горной выработки. После вскрытия горной выработки и изучения геологического состояния пород и кровли нагнетание тампонажного раствора осуществляется в безнапорном режиме.

Вторая технологическая схема предусматривает оборудование скважин кондуктором необходимой длины и бурение до вскрытия засыпанной горной выработки. В данном случае

нагнетание раствора выполняется в напорном режиме через пакер, установленный в кровле выработки [5].

Разработка перспективной технологической схемы повторной ликвидации вскрывающихся наклонных горных выработок выполнена в соответствии с вышеизложенной теоретической концепцией и разработанных на её основе методики расчёта тампонажа подземных пустот. Технологические схемы имеют различные варианты в зависимости от фактического горнотехнического состояния выработки, геологических условий, состава тампонажно-закладочного материала и оборудования для ведения работ.

Весь технологический комплекс работ по повторному тампонированию наклонных стволов закрываемых шахт подразделяется на два основных периода: подготовительный и период производства тампонажно - закладочных работ.

В основной период выполняются работы по повторной ликвидации наклонных выработок (рис. 2):

- бурение и обсадка тампонажно - закладочных скважин;
- формирование нижней грузонесущей перемычки;
- формирование упорного золоцементного слоя грузонесущей перемычки;
- тампонаж пустотного канала ствола и зоны активных деформаций золоводным тампонажным раствором;
- вскрытие устья повторно ликвидируемого наклонного ствола и формирование верхней изоляционной перемычки;
- тампонаж остаточных пустот золоцементным тампонажным раствором;
- обустройство устья ствола с возведением полка его перекрытия.

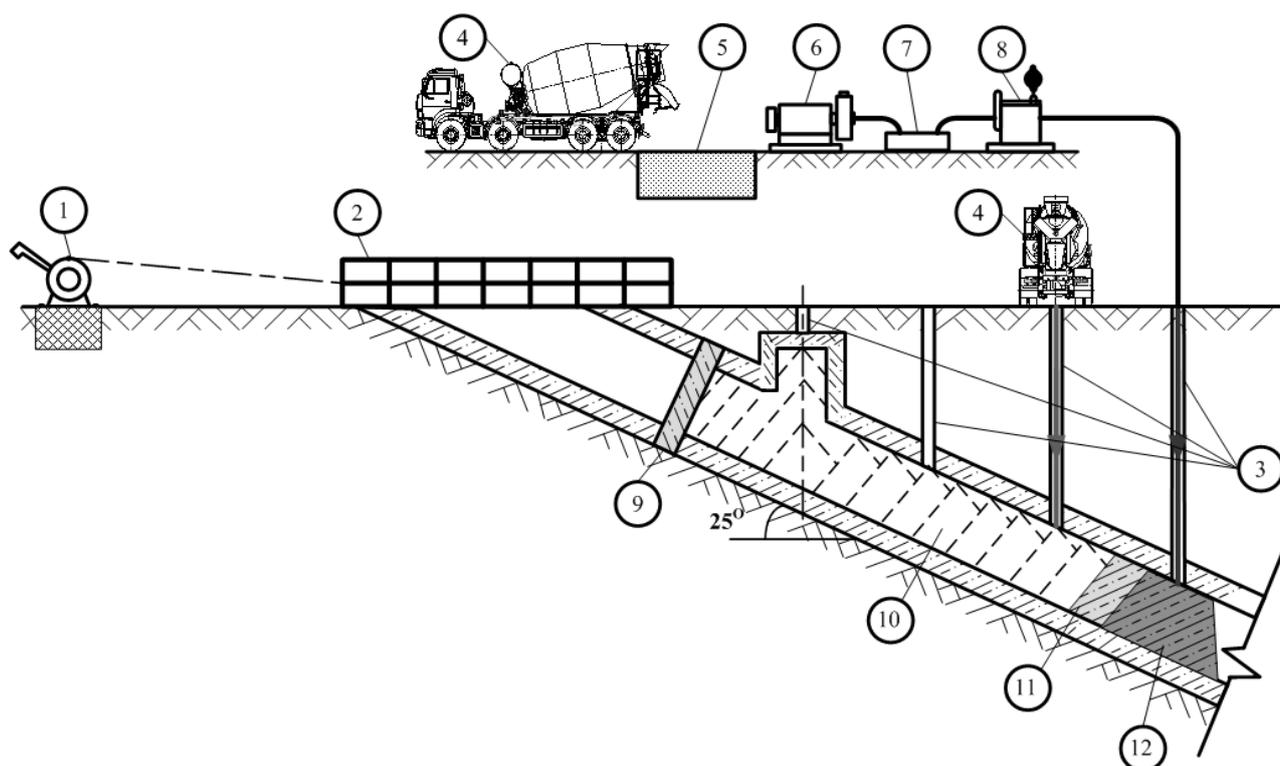


Рис. 2. Технологическая схема повторной ликвидации наклонной горной выработки методом тампонажа: 1 - лебедка; 2 - полка перекрытия устья ствола; 3 - тампонажно - закладочные скважины; 4 - автобетоносмеситель КамАЗ 58146 V; 5 - резервуар - накопитель объемом 8 м³; 6 - шламный насос ШН - 270/40; 7 - технологическая емкость объемом 5 м³; 8 - буровой насос НБ - 125 ИЖ (9МГр - 73); 9 - верхняя изолирующая перемычка; 10 - переликвидируемая выработка; 11 - упорный слой нижней грузонесущей перемычки; 12 - нижняя грузонесущая перемычка

Для формирования упорного слоя выше грузонесущей перемычки осуществляется бурение тампонажно - закладочной скважины, через которую подается смесь цемента, золошлаковых отходов ТЭС и воды. Целевое назначение слоя - предотвращение выноса золоводного тампонажного раствора из расположенного выше интервала тампонажа участка наклонного ствола и заполнение оставшихся после формирования грузонесущей перемычки полостей и сквозных каналов за крепью и в кровле выработки.

Тампонажная золоцементная смесь должна обладать достаточной подвижностью для проникновения в зазоры между затяжкой и заполнением пустот за крепью.

Формирование грузонесущей перемычки и упорного слоя осуществляется через свободно опущенный трубопровод, порциями, послойно, для предотвращения растекания по почве выработки, из расчета по высоте каждого слоя не более 1 м, объем порции - не более 4 м³, что является технологичным при использовании автобетоносмесителей. Временной интервал между укладками слоев составляет 2 - 4 ч., время затвердевания бетонной смеси - не более 2 ч. При этом прочность уложенного бетона, контролируемая по отобранной пробе, должна составить не менее 100 кПа. При недостаточной прочности бетона закладка следующей порции бетона производится через более продолжительное время. В процессе закладки из каждой партии бетона отбираются 2 пробы для последующего испытания через 2 и 7 суток. Перед закладкой бетона в ствол проверяется усадка бетона на конус. В процессе формирования тампонажной перемычки производится отбор проб образцов приготовленной тампонажной смеси из расчета 1 проба на 10 м³ золоцементного раствора.

При ликвидации пустотных каналов наклонных стволов наибольшие объемы материала расходуются на интервале тампонажа горной выработки золоводным раствором, поэтому в данном случае используется наиболее дешевый и доступный материал - зола ТЭС. Для тампонажа наклонных выработок используются тонкие фракции золы. В спокойном состоянии золоводная суспензия дегидратируется, подвергается седиментации и через двое суток становится плотным слабопластичным материалом. Через некоторое время между тампонажным золоводным раствором и кровлей горной выработки может образоваться зазор. Для исключения возможной циркуляции по нему шахтных вод, после тампонажа выработки скважины на данном интервале вскрываются, и в случае обнаружения пустот, производится нагнетание золоцементного раствора последовательно в каждую скважину в восходящем к устью ствола порядке.

В процессе тампонажа необходим точный учет объема закачанного раствора и регулярные замеры уровнем глубины сформированного плотного слоя и уровня жидкой фракции (воды и золоводной суспензии). Контроль уровня заполнения ствола производится по скважине, принимающей смесь, и по двум соседним. При закачке определенного объема тампонажной смеси фактический уровень должен примерно совпадать с расчетным уровнем по объему закачки. В случае расхождений не исключен уход суспензии за тампонажную перемычку, поэтому необходимо немедленно перейти на порционную закачку в скважину золоцементного раствора с ускорителем затвердевания для тампонажа возможных каналов.

Ликвидация устья наклонной выработки осуществляется по окончании работ по тампонажу пустотного канала протяженной части. Вскрышные работы на наклонных выработках производятся на расстоянии от начала устья ствола до места установки существующей верхней изоляционной перемычки в устьевой части выработки. Далее вскрывается часть перекрытия ствола вниз от существующей изоляционной перемычки. Тампонажная верхняя изоляционная перемычка формируется за существующей перемычкой по падению выработки. Целевое назначение верхней изоляционной перемычки - исключение возможности доступа людей в выработки и возникновения повреждений земной поверхности в районе устья ствола.

В зависимости от конкретной горнотехнической ситуации на объект автотранспортом доставляются соответствующие материалы в необходимом количестве. На месте ведения горно- ликвидационных работ устанавливаются шламовые насосы ШН - 270 - 40, буровые насосы НБ - 125 ИЖ (9МГр - 73) две промежуточные емкости на 8 м³ и 5 м³, а также аппаратура управления.

После полного окончания тампонажа ствола скважины на части ликвидационного интервала вскрываются, и, в случае обнаружения пустотного пространства, производится нагнетание золоцементного тампонажного раствора последовательно в каждую скважину в восходящем к устью ствола порядке для исключения циркуляции шахтных вод по образовавшемуся зазору.

Для повторной ликвидации наклонных стволов закрытых угольных шахт целесообразно применение большого ряда рецептур тампонажных растворов, в состав которых могут входить промышленные отходы и твердые отходы горного производства (отсев, зола, шлам, горелая порода), силикат натрия, глина или бентонит, цемент и вода.

Выводы. На основе аналитических и технологических исследований разработаны методика проектирования и технологическая схема повторной ликвидации наклонных стволов закрытых шахт, что позволяет гарантированно обеспечить геомеханическую устойчивость породного массива за счет нагнетания безударных ресурсосберегающих тампонажных смесей. Разработанная методика проектирования и технологическая схема прошла промышленные испытания на ряде шахт Донбасса.

Список литературы

1. Должиков П.Н. Геодинамические процессы в гидроактивизированных подработанных горных массивах: монография// П.Н.Должиков, А.Ю. Прокопов. - Ростов-на -Дону:РГСУ, 2015. – 149 с.
2. Белодедов А.А. Анализ механизма образования деформаций земной поверхности над горными выработками закрытых шахт/ А.А. Белодедов, П.Н. Должиков, С.О. Легостаев //Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2017. – №1.- С.160-169.
3. Должиков П.Н. О необходимости инженерной защиты территорий закрытых шахт от чрезвычайных ситуаций методами тампонажа: III міжнародна науково-практична конференція / П.Н. Должиков П.Г. Фурдей, А.Э. Кипко // Надзвичайні ситуації: безпека та захист. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. – С. 112-115
4. Кипко Э. Я. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: учеб. пособ. / [Э.Я. Кипко, П.Н. Должиков, Н.А. Дудля, А.Э. Кипко и др. – 2-е изд., перераб. и доп.]. – Днепропетровск: Национальный горный ун-т., 2004. – 367 с.
5. Кипко Э.Я. Комплексная технология ликвидации наклонных горных выработок: монография //Э.Я. Кипко, П.Н. Должиков, В.Д.Рябичев. – Донецк: Норд-Пресс, 2005. – 220 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ МЕТАЛЕВОГО ШАХТНОГО КРІПЛЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ЙОГО ВІДХИЛЕННЯ ВІД ПРОЕКТНОГО ПОЛОЖЕННЯ

Б.М. Андреев, Д.В. Бровко, В.В. Хворост, Р.О. Осипенко, Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет», Україна

Виконано аналіз використання шахтного кріплення на підприємствах Кривбасу. Приведена методика досліджень за допомогою сучасних проектно-обчислювальних комплексів. Наведено результати досліджень роботи сталевих аркових кріплень при його відхиленні від проектного положення.

Сталеві конструкції завжди широко використовували в шахтному будівництві, а саме сталеве кріплення. Останнім часом вони навіть помітно потіснили залізобетон. Причинами такого явища є великий обсяг виробництва прокату в Україні, повторне використання сталі після переплавки, легкість демонтажу, широкі можливості в галузі індивідуальних розробок сталевих конструкцій і, нарешті, ефективне використання сталі завдяки індивідуальним розрахункам.

За тривалий час проходки гірничих виробок в Кривбасі добре зарекомендувало себе аркове рамне кріплення з взаємозамінного металевого профілю СВІ. В більшості випадків