

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушко В.Т., Ямщиков В.С., Яланский А.А. Геофизический контроль в шахтах и туннелях. – М.: Недра, 1987. – 278 с.
2. Методика электрометрического экспресс-контроля образцов и массива без их механической обработки / Б.М. Усаченко, А.А. Яланский, Т.А. Паламарчук, О.А. Терешкова и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1993. – №4. – С. 26-29.
3. Паламарчук Т.А. Теоретические основы геофизической диагностики геомеханического состояния породного массива с учетом синергетических процессов: Дис... д-ра техн. наук: 05.15.11; 05.15.09. - Днепропетровск. - 2002. - 385 с.
4. Руководство по геофизической диагностике состояния системы "крепь-породный массив" вертикальных стволов / А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, А.А. Яланский, В.Н. Сергиенко, Т.А. Паламарчук и др. - Донецк: АГН Украины. - 1999. - 42с.
5. Мальярчук Б.М., Гордийчук Н.В., Мельник М.П. Прогнозирование осложнений геомеханического происхождения с помощью электроразведки // Научн.-практ. конф. "Пробл. научн. техн. прогресса в строительстве глубоких скважин в Западной Сибири". - Тюмень: Гор. книжн. изд-во. - 1990. - С. 24.
6. Левит В.В. Геомеханические основы разработки и выбора комбинированных способов крепления вертикальных стволов в структурно-неоднородных породах: Дис... д-ра техн. наук: 15.15.04. - Днепропетровск. - 1999. - 463 с.

УДК 622.831.3

В.Я. Кириченко, Г.Г. Сугаренко,  
Ю.В. Сальников

### **ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ КРЕПЛЕНИИ И ПОДДЕРЖАНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

У статті розкриваються три формуючі джерела ресурсозбереження при проведенні й експлуатації підготовчих виробітків, їхній взаємозв'язок й економічні межі припустимих витрат на кріплення, кріплення й підтримку виробітків на період до повного відпрацювання підготовлених до виїмки запасів.

### **MAJOR FACTORS OF RESOURCES CARETAKING AT ATTACHMENT AND KEEPING UP OF MINE WORKINGS**

In paper three reshaping radiants a resource of caretaking are uncovered at conducting and exploitation of development workings, their intercoupling and economic limits of admissible expenditures on a support, attachment and roadway maintenance on phase before complete improvement of reserves, preformed for an extraction.

Существуют и используются две формально равноправных группы мероприятий, преследующих конечную цель снижения металлоемкости крепления горных выработок, а также ресурсоемкости в целом по процессу «крепление и поддержание». На практике мероприятия этих двух групп могут применяться и применяются в определенных сочетаниях с преобладанием мероприятий той или иной группы в зависимости от целей и конкретной ситуации, определяющей подход к крепи и оценку степени влияния ее силовых, кинематических и геометрических параметров на устойчивость выработки. Естественным образом такая оценка в первую очередь определяется конкретной геомеханической обстановкой прохождения и эксплуатации выработки в течении всего срока ее поддержания. С другой стороны выбор конкретных технических и технологических мероприятий определяется действующей системой экономических свя-

зей, ценовыми соотношениями, уровнем технической оснащенности предприятий-производителей крепи и рядом других соображений «внешнего» характера. При этом достигаемая экономия металла, в сущности, не может являться самоцелью.

В соответствии с концептуальным подходом и оценкой роли крепи, первая группа мероприятий направлена на уменьшение веса комплекта, а в качестве мер достижения конечной цели используются «прямые» средства:

1. Минимизируется вес комплекта за счет уменьшения длины нахлестки спецпрофиля в узлах податливости, исключены привариваемые опорные башмаки (диафрагмы), минимизировано количество межрамных стяжек, в основу параметрического ряда конструкций заложен принцип «каждому сечению – свой типоразмер профиля» и т.п. Запас прочности также минимизирован в пределах 1,5 – 1,7 [ 1 ].

2. Принят максимально упрощенный тип конструкции крепежной рамы (циркулярная двухшарнирная статически неопределимая арка).

3. Производство крепи максимально упрощено и сосредоточено на полуавтоматических линиях, способных осуществлять выпуск единственного типа конструкции (п.2).

4. Технологией выпуска не предусматривается использование горячих процессов (точное литье, горячая штамповка и т.п.), а также электросварки.

Содержание перечисленных мероприятий позволяет сделать вывод о том, что их комплекс базируется на вполне определенной системе взглядов на крепь, рассматривающей последнюю как ограждающую или ограждающе-поддерживающую конструкцию, силовые и кинематические параметры которой не оказывают сколько-нибудь значительного влияния на смещения породного контура, а результатами силового взаимодействия крепи и вмещающих пород можно пренебречь. В связи с этим находится и введенное в нормативный документ [2] положение, ограничивающее величину зажимного усилия в узлах податливости примерно на уровне 70-80 кН (около 20 кН на каждое резьбовое соединение), учитывающее явно недостаточный запас прочности традиционных конструкций.

Нетрудно видеть, что, во-первых, потенциал первой группы мероприятий по состоянию на сегодняшний день практически исчерпан, а во-вторых, представляется очевидным положение, когда реализация мероприятий может привести к ухудшению служебных свойств конструкции крепежной рамы.

Мероприятия второй группы основываются, прежде всего, на общепризнанной возможности существенного влияния силовых и кинематических параметров крепи на величину конечных смещений породного контура, что предполагает необходимость активного поиска соответствующих технических решений, обеспечивающих повышение значений основных параметров рабочей характеристики и обеспечение их стабильности на всем интервале конструктивной податливости. Согласно современным представлениям [3], рамные крепи, используемые в тяжелых геомеханических условиях должны иметь рабочее сопротивление до 400 кН на раму и конструктивную податливость на уровне 1000 мм и

более. Количество образующих сегментов должно быть не менее 4-х, в узлах податливости должны использоваться замковые соединения, обеспечивающие стабильное зажимное усилие и т.д. Нетрудно убедиться, что этим требованиям не отвечает ни одна из отечественных конструкций, производимых серийно. Вместе с тем, круг условий поддержания выработок, которые могут быть охарактеризованы, как тяжелые непрерывно расширяется в силу естественного увеличения глубины разработки и параллельного вывода из отработки пластов с наиболее благоприятными условиями. Укрупненно можно считать, что в настоящий момент до 70% действующих шахт могут считаться «глубокими» по условиям поддержания. В этих условиях даже в одиночной подготовительной выработке, еще до начала влияния очистной выемки, смещения достигают весьма значительных величин, превышающих величину конструктивной податливости традиционных крепей, а характер нагружения существенным образом изменяется в результате образующихся складчатых структур. Отказы серийных конструкций крепи при этом приобретают массовый характер и являются основной причиной вынужденного сплошного перекрепления выработки зачастую уже через 3-4 месяца после ее проходки.

Полная сметная стоимость проведения 1 пог. метра составляет в настоящее время 2,8 – 4,3 тыс. грн. в зависимости от сечения и прочности крепления, а стоимость 1 пог. метра перекрепления с заменой крепи обычно равна или даже превышает указанное значение на 10-30%, стоимость собственно крепи при этом может достигать 40% общих затрат. Отсюда следует, что практически любые реальные затраты, связанные с повышением параметров рабочей характеристики окупаются в случае, если в результате их реализации необходимость перекрепления удастся исключить. В то же время для решения частного вопроса – экономии черных металлов появляются новые, достаточно широкие возможности прежде всего за счет использования крепей и отдельных решений с более высоким конструктивным качеством. Поясним сказанное на конкретном примере. Шахтой имени А.Ф. Засядько отрабатывается пласт  $m_3$  в весьма тяжелых геомеханических условиях: глубина до 1350 м, вмещающие породы крепостью 3-4. В условиях использования обычной серийной крепи (КМП-А3-18,3) типичным являлось перекрепление вслед за забоем проходки через 3-4 месяца. В соответствии с требованиями нормативных документов [4] расчетная плотность установки крепежных рам обычного типа должна быть около 4,2 рам на 1 пог. метр, что, разумеется, нереально. Практическая плотность составляла 2 рамы на 1 пог. м и была, с очевидностью, недостаточной. Типичным повреждением крепи является пролом верхняка складчатой структурой, разрыв концов боковых стоек и разрыв хомутов замковых соединений. Был принят следующий порядок действий, направленных на повышение параметров рабочей характеристики.

Конструкция крепежной рамы (КМП-А5С) была изменена в направлении максимального приближения к эллипсу. Это позволило практически без изменения веса конструкции увеличить предельную несущую способность верхняка («критический элемент») примерно в 2,7 раза за счет увеличения кривизны и

уменьшения пролета. На этой основе примерно в 2 раза была повышена величина рабочего сопротивления путем постановки в главных узлах податливости дополнительных замковых соединений (типа АПЗ.070.) с одновременным увеличением нахлестки до 600 мм. Повышенная конструктивная податливость обеспечивалась за счет того, что сопрягались сегменты с одинаковой длиной и уменьшенной кривизной. В целом вес комплекта крепи увеличился по сравнению с обычной на 51 кг, т.к. одновременно количество межрамных стяжек было также увеличено до 4-х. Достаточно длительный и широкий опыт, полученный при применении новой крепи (свыше 40 тыс. комплектов) показал, что главная цель в основном достигнута – необходимость перекрепления удалось исключить. Характер деформаций конструкции, свойственный практике крепления с обычной крепью существенно изменился – провалы верхняка складчатой структурой со стороны кровли не отмечены, а сама структура складки оказалась менее четко выражена.

Аналогичные результаты были получены при использовании новых серийных трех- и четырехзвенных овоидных крепей типа КМП-А3(А4)Р2 на шахтах им.Стаханова ГХК «Красноармейскуголь», им.А.Ф.Бажанова ГХК «Макеевуголь» и др.. Эти крепи являются дальнейшим развитием конструкции КМП-А5С в направлении сокращения количества узлов податливости (А3Р2) и, одновременно, придания крепи нового свойства – воспринимать косо направленные и боковые нагрузки без остаточных пластических деформаций сегментов (А4Р2). Типоразмерный ряд крепей типа КМП-А3(А4)Р2 разработан ЗДНПЦ «Геомеханика» и включает в себя также ряд специальных исполнений, учитывающих особые условия применения, – например наличие в кровле пласта крепких устойчивых пород (известняки, песчаники, сланцы с высшей степенью метаморфизации и т.п.) подрывка которых нецелесообразна.

Следующими этапами работы предполагается уменьшение плотности установки до 1,5 рам на 1 пог. метр и дальнейшее совершенствование конструкции. Таким образом, приведенный пример вполне наглядно иллюстрирует не только основное содержание второй группы мероприятий (изменение типа конструкции крепежной рамы, как средства общего улучшения использования прочностных свойств металла в образующих сегментах, повышения рабочего сопротивления и конструктивной податливости), но также свидетельствует о наличии широких возможностей для дальнейшей модернизации новых крепей. Представляются вполне обоснованными следующие направления такой модернизации.

1. Введение в конструкцию новых, более совершенных замковых соединений, обеспечивающих повышенное и стабильное зажимное усилие АПЗ.030М1, М4, М7 и др.)

2. Использование более совершенных профилей проката (СПА).

3. Использование марок стали с более высокими физмехсвойствами (20 Г2Афпс, 22Г2САФ и др.).

4. Обоснованное применение технологических приемов, обеспечивающих быстрый ввод крепи в работу с целью наиболее полного использования потенциала рабочей характеристики (тампоаж закрепного пространства, дополни-

тельное анкерование).

Необходимо подчеркнуть, что каждое из четырех перечисленных направлений модернизации новых конструкций имеет самостоятельное значение, однако, их потенциал в полной мере может быть комплексно реализован именно в рамках второй группы мероприятий, т.е. применительно к выработкам, проводимым и поддерживаемым в тяжелых геомеханических условиях (большие глубины, вынужденное пересечение зон ПГД и т.п.). При этом, по мере того, как эти условия ухудшаются, значимость второй группы мероприятий, также как и направлений модернизации будет непрерывно возрастать. Получаемый эффект от экономии металла образуется при этом не за счет снижения веса комплекта, а за счет снижения металлоемкости крепления 1 пог. метра проводимой выработки в результате использования конструкций с более высокими силовыми и кинематическими характеристиками т.е. на основе новых технических решений. Одновременно достигается и полный экономический эффект от снижения ресурсоемкости по процессу в целом. Совершенно очевидно, что значимость такого фактора, как вес комплекта отстывает при этом на второй план, прежде всего потому, что увеличение веса комплекта происходит в принципе значительно медленнее, чем достигаемое в результате приращение параметров рабочей характеристики. Следует также иметь в виду то обстоятельство, что действовавшее в старой системе хозяйствования серьезное ограничение в форме жесткого фондирования металла в настоящее время упразднено, а вопрос о целесообразности использования более качественных сталей решается исключительно на основе складывающихся на конкретный момент ценовых соотношений.

Необходимо отметить также третий весьма существенный источник формирования полного экономического эффекта, не учитываемый в отечественной практике. Известно, что высокая нагрузка на очистной забой непосредственно зависит от состояния сечения выработки на уровне «окна» лавы, что позволяет значительно упростить организацию труда на сопряжениях за счет выноса приводов забойного конвейера и отказа от подготовки машинных ниш.

Тем самым из себестоимости 1 т по лаве исключаются соответствующие статьи затрат, а нагрузка на лаву существенно повышается, что также имеет следствием общее снижение себестоимости. Например, повышение нагрузки на лаву с 2,0 – 2,5 тыс. т, что является пределом при обычной технологии, до 4,0 – 5,0 тыс. т при безнишевой дает снижение себестоимости примерно на 40%. Значимость такого фактора отмечается в зарубежных публикациях на вполне конкретных примерах [5]. Показано, в частности, что при этом вполне окупаются достаточно высокие затраты, связанные с реализацией таких мероприятий, как дополнительное анкерование крепи при проходке и полный тампонаж закрепного пространства. Оказывается возможным также повторное использование штрека, причем требование высокой нагрузки на очистной забой оказывается вполне выполнимым.

Таким образом, в рамках нового концептуального подхода к проблеме ресурсосбережения при креплении и поддержании подготовительных выработок

следует учитывать три формирующих конечный эффект момента: прямое снижение металлоемкости крепления 1 пог. метра проводимой выработки, достигаемое на основе использования технических средств крепления с более высокими силовыми и кинематическими характеристиками, достигаемое на этой же основе сокращение затрат на поддержание и ремонт, а также возможность значительного увеличения нагрузки на лаву и сохранение штрека после прохода лавы с целью его повторного использования.

### **Выводы.**

1. Для тяжелых геомеханических условий определение экономической эффективности применения новых технических средств крепления и технологий должно исходить из обязательного учета трех формирующих факторов – первичных прямых затрат при сооружении выработки, а также затрат по статьям «поддержание и ремонт» и «нагрузка на лаву». Старый подход, при котором к учету принимаются исключительно затраты на крепь и установку недостаточен и в принципе неприемлем.

2. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что экономический эффект, образующийся на эксплуатационных статьях затрат многократно превышает отрицательный эффект по первичным прямым затратам, который может иметь место при повышении стоимости новой крепи. Более того, вполне окупаются также достаточно дорогостоящие мероприятия технологического характера – тампонаж закрепного пространства, дополнительное анкерование и т.п.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Сытник А.А., Зигель Ф.С., Компанец В.Ф., Поляковский В.С. Рамные крепи горных выработок. Госуглепром Украины, ДонУГИ, ЦБНТИ, Донецк, 1992, стр. 2.
2. Отраслевая инструкция по применению рамных и анкерных крепей в подготовительных выработках угольных и сланцевых шахт.- М., ИГД им. Скочинского, 1985, стр. 145.
3. Международная конференция по горному давлению. Материалы комиссии СЭВ по углю. – М., Недра, 1985, стр. 67-68.
4. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. С.Петербург, ВНИМИ, 1991. – разд. III, стр. 13-14.
5. Теньес Б., Фосс Х.В., Мельман В. Штрек с комбинированной крепью на шахте «Эвальд-Хуго» //Глюкауф. – 2001.– № 1 – 2. – с. 28-35.