

**ПРИНЦИПЫ УЛУЧШЕНИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ
УЧАСТКОВЫХ ВЫРАБОТОК**

В статті приведено сучасні проблеми, що пов'язані з підтримкою гірничих виробок. Розглядаються старі підходи до вибору кріплення, нові види кріплення, засоби їхнього посилення і нові представлення про їхнє використання.

**IMPROVEMENT PRINCIPLES OF SECTION EXCAVATIONS
MAINTENANS**

The present report deals with modern problems related to maintenance of excavations. There are investigated old strategies of linings selection, new types of linings, and means of reinforcement and new opinions as to application thereof.

«Увеличение глубины ведения горных работ на шахтах Украины ухудшает состояние выработок. Обрушения пород, повышенные смещения на контуре выработок, пучение почвы приводят к тому, что эксплуатация выработок становится затруднительной, а порой и невозможной. Как следствие, повышенный травматизм, необходимость проведения ремонтных работ. Перекрепление требуется ежегодно в 30—50 % выработок, что крайне невыгодно с экономической точки зрения» [1]. На данные условия авторы научных работ (статей, монографий) часто ссылаются как на предшествующую часть (причину) своих исследований, связанных с изучением горного массива и условий протекающих в нем в процессе ведения горных работ. И эти же условия послужили написанию данной статьи.

Задача состоит в том, чтобы обеспечить безремонтное состояние участковых выработок за весь срок службы или уменьшить затраты на их ремонт, что на данный момент не всегда обеспечивается. Это относится в основном к выработкам, поддерживаемым за очистным забоем для повторного использования их в качестве вентиляционных.

Рассмотрим основные причины неудовлетворительного опыта поддержания горных выработок:

– ухудшающиеся горно-геологические условия (увеличивается глубина ведения работ при относительно слабых породах окружающего выработку массива);

– более 80% выработок закреплены арочной крепью, при этом горно-геологические условия в местах заложения этих выработок различны, что может говорить о не всегда адекватном применении данного вида крепи;

– необоснованно увеличивается плотность крепления проводимых подготовительных выработок;

– в выработках, закрепленных арочной крепью, неэффективно применение анкерной крепи;

– не учитываются изменения условий поддержания выработок при развитии горных работ (увеличивается зона разрушенных пород при увеличении

выработанного пространства);

Для каждой из приведенных проблем поддержания выработок существуют современные взгляды на их решения. Разберем каждую из них в порядке их приведения.

Ухудшающиеся горно-геологические условия и несовершенство существующих средств крепления выработки привели к разработке новых видов крепей.

На данный момент разработано большое количество рамных крепей, и для разных условий можно выбрать соответствующий вид крепи, что может обеспечить уменьшение затрат на поддержание горных выработок. Рассмотрим предложенные авторами [2] решения.

Пятизвенная эллипсная крепь типа КМП-А5Э из профиля СВПЗЗ.

Предназначена для выработок проведенных в сложных горно-геологических условиях при столбовой системе разработки с возможной податливостью по вертикали до 1000 мм при смещениях пород со стороны боков выработки до 600-700 мм. Разработана применительно к конвейерным и магистральным штрекам на пологих пластах, оснащаемых двумя видами транспортных средств (конвейерами или конвейером и монорельсом, конвейером и рельсовой откаткой).

Расположение узлов податливости на стойках под острым углом (28-30°) к вертикали и увеличенная кривизна верхняка придают конструкции более устойчивое положение в условиях преобладающих смещений пород по вертикали. Однако из-за малых размеров (250 мм) нахлестки профилей верхняка и стоек крепь имеет повышенную чувствительность к асимметричным смещениям пород со стороны боковых стенок выработки [2].

Четырехзвенная податливая эллипсовидная крепь КМП-А4К с дополнительной податливостью по горизонтали до 600-700 мм. Это обусловлено появлением на глубине 1300 м усиленных деформаций, вытеснением пород и угля с боков в выработку, особенно на участке местных геологических нарушений сплошности приконтурного массива.

Параметры сечения и размеры элементов крепи приняты из расчета соблюдения стабильной работы податливой конструкции при ожидаемых равномерных смещениях пород по контуру свода выработки со стороны кровли и боков. Возможность потери высоты выработки в свету на случай пучения почвы до 500-700 мм [2].

Эллипсная трехзвенная крепь АПЗ-45Э (КМП-А3Э16) разработана для подготовительных выработок, поддерживаемых в условиях с неустойчивыми вмещающими породами на глубинах 900-1000 м в шахте им. Стаханова. Крепь изготавливается из профиля СВП27 с увеличенной кривизной верхняка относительно стоек крепи, что дает более устойчивую работоспособность в податливом режиме с повышенным сопротивлением при ожидаемых смещениях пород со стороны кровли выработки до 600-700 мм [2].

Трехзвенная полуарочная крепь КМП-А3С1. Полуарочная трехзвенная крепь из профиля СВП27 с линейно-циркулярным верхняком, в средней части

которого имеется прямолинейный участок длиной 1-1,5 м.

Рекомендуется данная крепь для поддержания участковых выработок в условиях пучащих почв при ожидаемых равномерных смещениях кровли до 600-700 мм, при условии, что в непосредственной кровле выработки находятся крепкие породы [2].

Трехзвенная полуарочная крепь КМБ (крепь металлическая шахты "Благодатная") с прямым верхняком и гнутыми стойками. Предназначена для условий с крепкими породами непосредственной кровли.

Особенность крепи КМБ состоит в том, что верхняк, изготовленный из профиля СВП, устанавливается открытой частью вверх, что дает возможность удобно монтировать в неё снизу стойку, также изготовленную из профиля СВП. Узел соединения верхняка со стойками предложен в 2 вариантах: вариант 1 – узел имеет вид отрезка профиля СВП ("ботинок"), симметрично выгнутого под углом, что соответствует углу между верхняком крепи и стойками (приблизительно 140°); вариант 2 – узел в виде стальной пластины толщиной 8-12 мм с отверстиями, выгнутой под тем же углом, что и в 1 варианте [3].

Трапецевидная пятизвенная податливая крепь ТПК-5Р из профиля СВПЗ3 спроектирована для монтажных ходков комплексно механизированных лав.

По кинематическим и силовым показателям крепь рассчитана также на применение в штреках, выемочных ходках при столбовой системе разработки на пластах с углом падения до $10\text{—}12^{\circ}$ взамен КПС. Крепь ТПК-5Р отличается от КПС более надежным соединением профилей в нахлестках замками ЗСД, сохраняющими в податливом режиме устойчивую работоспособность конструкции при интенсивных смещениях породного массива, как со стороны кровли, так и боков выработки [2].

Металлическая четырехзвенная крепь КМ-4С. Учитывая особенности проявления горного давления в присечных выработках, конструкция крепи КМ-4С выполнена в виде четырехзвенной арки из одинаковых по длине и радиусу гибких элементов из спецпрофилей СВП22 или СВП27. Крепь рассчитана на податливость по горизонтали до 1000 мм и по вертикали до 300-400 мм при условии сохранения технологических, эксплуатационных параметров сечения согласно Правилам безопасности. Крепь КМ-4С рекомендуется к использованию в присечных выработках на пологих пластах как при столбовой, так и при сплошной системах разработки [2].

Трехзвенная арочная крепь АПЗи с удлиненными стойками. Она выполнена на базе серийных АПЗ и предназначена в основном для выработок, проводимых на больших глубинах по пластам с повышенной вспученностью почвы [2].

Результаты испытаний и опыт применения в выемочных штреках повышенной податливостью конструкций трех-, четырех- и пятизвенных эллипсных и полуарочных крепей показали достаточно устойчивую, надежную работоспособность их при более высоком уровне деформаций и смещений пород на контуре сечения выработки. Достигается также сохранение оптималь-

ных эксплуатационных параметров выработок, соответствующих ПБ, без определенного вида восстановительных работ по перекреплению при полном цикле отработки выемочного участка на больших глубинах на пластах с неустойчивыми вмещающими породами. Это обеспечивается, главным образом, при адекватном использовании крепи. Т.е. «наиболее значимым является достижение наибольшего (полного) соответствия возникающей при сооружении выработки и действующей впоследствии схемы приложения усилий, а также их характера деформационным и силовым параметрам конкретной конструкции. Для каждого типа крепежной рамы существуют, таким образом, и наиболее выгодные схемы приложения усилий. Именно при данном соответствии обеспечивается максимальный технический и экономический эффект: с одной стороны, прочностные свойства материала крепи используются наиболее полно, а затраты минимизируются, с другой — за счет стабилизации усилия отпора можно рассчитывать на снижение затрат по статье "содержание и ремонт выработок" и на вспомогательных процессах»[4].

В итоге рассмотрения вариантов видно, что крепи для подготовительных выработок разработаны для основных условий их залегания, таких как:

слабые породы почвы при относительно крепких породах в боках и кровли (акцент на пучения пород почвы-АПЗи);

– для слабых пород кровли при относительно крепких породах почвы и боков (преобладают смещения пород кровли – КМП-А5Э, АПЗ-45Э);

– при более крепких породах кровли. Проведение выработки без подрывки кровли (КМБ, КМП-А3С1);

– для слабых пород боков при относительно крепких породах почвы и кровли (КМ-4С);

– для слабых пород, как боков, так и кровли при относительно крепких породах почвы (ТПК-5Р, КМП-А4К, КМ-4С);

– для слабых пород окружающего выработку массива (КМП-А4К).

Следовательно, можно определить **первый принцип** улучшения поддержания участков выработок: создание благоприятных условий поддержания выработки путем применения новых видов крепей, более соответствующих существующим условиям разработки, чем традиционные.

При этом, в рассмотренных рамных крепях присутствует резерв совершенствования. Наиболее целесообразной представляется характеристика постоянного сопротивления, т.к. ее использование гарантирует защиту конструкции от преждевременного разрушения во всем диапазоне податливости, а также создает предпосылку достижения максимальной работоспособности [4]. Поэтому, «для уменьшения размеров зоны запредельных деформаций вокруг выработки необходимо максимально увеличить отпор, создаваемый крепью в начальный период после ее установки. Это, в конечном счете, приводит к минимизации смещений, максимально возможному сохранению естественной прочности вмещающих пород и к улучшению устойчивости» [1].

Нужный эффект можно достичь при качественном возведении крепей. Необходимо «силовые и кинематические характеристики, обеспечиваемые обос-

нованным выбором и разработкой технических решений при конструировании, на стадии практического применения сопровождать специальными мероприятиями, в частности, минимизацией переборов породного контура, обязательным заполнением закрепного пространства, внедрением специальных технологий типа "Bulfleks"» [2], что и обеспечит качественное возведение крепи. Но, данное условие необходимо сопровождать своевременностью возведения крепи, чтобы сократить время на образование зоны разрушенных пород в незакрепленной части выработки.

Значит «увеличивая отпор, можно добиться более раннего во времени наступления равновесия системы. При этом размеры зоны разрушенных пород будут меньшими по сравнению со случаем, когда применяется крепь с меньшим отпором и большей податливостью» [1].

В рассмотренных выше видах крепи используются традиционные замковые соединения типа АПЗ.030 или ЗСД, которые не в полной мере обеспечивают нужный отпор арочной крепи. «Причинами этого являются разные факторы, например, неудачная конструкция самого замка, которая приводит к резким колебаниям отпора вследствие проскальзывания замка вдоль ножики крепи. Учитывая необходимость создания максимального отпора крепи в начальный период ее эксплуатации и минимизацию значения отпора во времени, были разработаны замковые соединения специальной усиленной конструкции - ЗПКм и ЗШ.000» [1].

Несущая способность рамной арочной крепи с новыми замковыми соединениями возрастает в 1,5—2 раза по сравнению с типовыми, что подтверждается замерами, выполненными на стенде ДонУГИ. Опыт применения новых замковых соединений на шахте «Трудовская» показывает, что на участке выработки, закрепленных крепью с замками ЗШ.000 смещения меньше в 3 раза в отличие от применения замков АПЗ.030 на аналогичном участке. Обследование места установки замковых соединений типа ЗПКм в вентиляционном штреке 77-й западной лавы пласта k_{51} на шахте им. Свердлова показало, что крепь может работать в податливом режиме с постоянным отпором и без динамических сбросов, характерных для типовых замковых соединений [1].

Таким образом, вытекает **второй принцип**: использование новых замковых соединений с крепью нового уровня и наиболее быстрое, и качественное возведение крепи создает своевременный отпор крепи породам кровли, что приводит к снижению смещений в процессе всего срока службы выработки и является более благоприятным для поддержания выработки.

Следующая задача – это правильный выбор плотности крепи.

ДонУГИ разработал профили СВП различной массой для различных сечений выработок. При этом, «для каждого типоразмера сечения арочной крепи силовые характеристики профиля (габаритные размеры, статический момент, момент сопротивления, распределение массы металла по сечению) определялись исходя из необходимости обеспечения устойчивой работы податливой конструкции арки в различных условиях поддержания выработки при оптимальной плотности установки в пределах 1—1,25 рам на 1 м (применяются с

1977 г.).

Однако на некоторых шахтах под видом снижения деформаций контура и смещений пород необоснованно увеличивается плотность крепления проводимых подготовительных выработок. По статистической отчетности в отрасли за последние годы в 25 % выработок устанавливается до двух и более рам на 1 м» [4].

Были проведены исследования, в которых определили, что за полный их цикл «не зафиксировано существенного влияния увеличенной в 2—3 раза плотности установки арочной крепи на смещения породного контура или на изменение состояния обнажаемого сечения выработки. На всех опытных участках независимо от параметров крепления процесс смещений протекал практически с одинаковой интенсивностью и за очистным забоем» [4].

Несоответствие было выявлено также и в нормативных документах для определения плотности крепи, что и могло быть причиной не эффективного увеличения плотности крепи. Так, «согласно методическим положениям Инструкции [5] расчетная нагрузка на крепь функционально зависит от смещений пород на контуре. При возрастании смещений увеличиваются пропорционально (по линейному закону) нормативная нагрузка на крепь и плотность крепления выработки. Взаимодействие крепи с породным контуром рассматривается как отвлеченное давление смещающегося массива на податливую конструкцию без учета влияния структурного строения расслаивающейся приконтурной толщи, а также возможности формирования над выработкой отслоившегося естественного свода нарушенных пород. Поэтому теоретические основы Инструкции в части определения плотности "установки арочной крепи в большинстве случаев не отвечают практическому опыту поддержания выработок, принципу взаимодействия ее с породным контуром» [4]. Проанализировав ситуацию в работе [6] утверждают, что «арочная податливая крепь в рабочем состоянии главным образом выполняет роль: ограждающей и поддерживающей конструкции, предохраняющей рабочее пространство выработки от вывалов, высыпания и обрушений пород заключенных в естественном своде отслоившегося от вмещающего массива; податливого контура, сохраняющего минимально необходимые параметры сечения выработки в эксплуатационном состоянии» [6]. И на основе этого предложена методика по выбору плотности крепи в выработках в зависимости от прочности вмещающих пород и расположения выработки относительно очистного забоя в виде таблицы, которую авторы предлагают для дальнейшего использования. В таблице плотность крепи колеблется от 1 до 1,5 рамы на 1 м. Однако данная методика не распространяется на участки выработок, пересекающие зоны геологических нарушений и зоны изменений состояния вмещающего породного массива под воздействием тектонических деформаций [6].

Третий принцип – правильный подход к определению плотности крепи на основе методики [6], плотность по которой не превышает 1,5 рамы на 1 м.

Должного внимания заслуживает анкерная крепь. В большинстве случаев - неудовлетворительный эффект от её применения за весь срок службы [7, 8]

наблюдается в основном в выработках, закрепленных арочной крепью. По данным источника [7] в выработках, закрепленных крепью КМП-А3, применение анкеров было не эффективно, о чем свидетельствуют результаты исследований анкеров по их натяжению. Исследования проводились с помощью штанговывергивателя МА-10. И получен такой вывод: «использование открытой поверхности контура выработок для создания зоны сжатия пород не позволяет сохранить натяжение анкеров постоянным, так как взаимодействие пород с влажной шахтной атмосферой приводит к размоканию поверхности глинистых пород и к потере натяжения анкеров. Непрерывный контроль и дополнительные трудозатраты по сохранению натяжения анкеров увеличивают трудоемкость поддержания» [8]. Но данные исследования проводились в выработках при их эксплуатации 3,5 и более лет.

При повторном использовании выработки в качестве вентиляционной, что необходимо при безцеликовой системе отработки, наличие анкеров часто увеличивает трудоемкость поддержания из-за необходимости перекрепления выработки после прохода лавы, хотя анкера показывают положительный эффект от их использования.

Улучшить состояния выработки можно в период её проведения, за счет создания условий для наименьшего развития размеров зоны разрушенных пород. Данное условие можно обеспечить с помощью анкерного крепления выработки до возведения основной крепи, т.к. время на установку анкеров во времени быстрее, чем рамной крепи. Анкерами породы непосредственной кровли схватываются с основной кровлей, образуя цельную структуру со всеми слоями пород, пронизываемыми анкерами. Это приведет к уменьшению времени на развитие зоны разрушенных пород и, соответственно, к уменьшению её размеров.

По правилам безопасности проводить работы необходимо обязательно под крепью (временной или основной). Данное условие можно выполнить с помощью проходческих комбайнов, которые дополнены оборудованием для установки анкерной крепи. Однако сложность создает сам ранее закрепленный анкер, который мешает при установке уже основной крепи. Выходом из этого положения может быть крепление анкеров под углом к продольной оси выработки в сторону проходческого забоя из под установленной крепи как это практиковали на ш. «Красноармейская Западная № 1» при строительстве блока №10.

Применение данного решения позволяет сократить размер зоны разрушенных пород и, в дальнейшем, уменьшает смещения в выработке особенно в первое время её эксплуатации.

Теперь нужно заметить, что «при разрушении пород в боковых целиках выработки возникают значительные смещения контура, весьма неравномерное распределение нагрузок на крепь и зоны сосредоточенных контактных воздействий породных блоков на элементы крепи. Это существенно снижает устойчивость рамной незамкнутой конструкции» [8].

Для устранения данного эффекта предлагается использовать анкера для создания каркасных конструкций с предварительным их натяжением. Это по-

звolyет увеличить прочность пород в боках выработок до 80 % выше исходной, и обеспечить превышение прочности пород над действующими напряжениями горного давления с учетом концентрации напряжений в боках. Данные «решения позволяют обеспечить равновесное состояние приконтурного массива при заложении выработки в весьма неустойчивых породах» [8].

Четвертый принцип направлен на улучшение использования анкерной крепи и заключается в следующем: использование анкеров в соответствии с природной трещиноватостью пород и с учетом вмещающих пород, при этом предусматривается располагать анкеры под углом к продольной оси выработки в сторону проходческого забоя с целью ограничения развития зоны разрушенных пород, применять анкеры также для увеличения прочности боковых пород, располагая их параллельно почве в боках выработки.

Последнее что следует отметить – это влияние размера выработанного пространства на устойчивость участковых выработок.

При формировании основных положений нормативных актов не учитывались эволюционные изменения во вмещающей выработки среде геомеханических и горно-технических условий на различных этапах отработки месторождения в связи с увеличением размеров выработанного пространства, что в свою очередь обусловило принятие неправильных решений, т.к. они были основаны на использовании нормативов, основанных на «устаревшей» информации.

Суть состоит в том, что с развитием очистных работ изменяются условия поддержания выработки из-за увеличения ширины выработанного пространства, что в свою очередь увеличивает размеры сдвижений над- и подрабатываемого массива горных пород. Поэтому на разных этапах отработки будет различное влияние затронутого очистными работами массива горных работ. Есть точка зрения [9], что при рассмотрении одного выемочного столба, наименьшие напряжения (размер зависание пород над краевой частью пласта) на сопряжении «лава-штрек» будут в начале отработки. Достигнув определенной длины (в зависимости от длины лавы) напряжения наберут максимальных величин и будут действовать до конца выемочного столба. Аналогичная ситуация наблюдается и в направлении отработки этажа (панели). Наименьшие напряжения (размер зависание пород над краевой частью пласта) будут действовать при отработке первого выемочного столба, и будут увеличиваться вплоть до достижения максимальных величин при отработке последующих столбов. Т.е. для первого столба – наименьшие напряжения, для второго – больше, при достижении максимального зависания пород над краевой частью массива, например четвертый столб, последующие пятый, шестой и т.д. будут находиться приблизительно в одинаковых условиях.

Пятый принцип - для разных этапов разработки, как отдельного выемочного столба, так и всего этажа (панели) необходимо определять различные параметры крепления и поддержания горных выработок.

Вывод: На основе вышеизложенного определено пять основных принципов поддержания участковых выработках, которые включают опыт поддержания участковых выработок и современные представления о проблемах

поддержания:

– создание благоприятных условий поддержания выработки путем применения новых видов крепей, более дифференцированных по условиям их применения, и более соответствующих существующим условиям разработки;

– использование новых замковых соединений с крепью нового уровня и наиболее быстрого, и качественного возведение крепи создает своевременный отпор крепи породам кровли, что приводит к снижению смещений в процессе всего срока службы выработки и является более благоприятным для поддержания выработки;

– правильный подход к определению плотности крепи на основе методики [6], плотность по которой не превышает 1,5 рамы на 1м;

– использование анкеров в соответствии с природной трещиноватостью пород и с учетом вмещающих пород при этом располагать анкера под углом к продольной оси выработки в сторону проходческого забоя с целью ограничения развития зоны разрушенных пород. Для увеличения прочности боковых пород применять анкера, располагая их параллельно почвы в боках выработки;

– для разных этапов разработки, как отдельного выемочного столба, так и всего этажа (панели) необходимо определять различные параметры крепления и поддержания горных выработок.

Необходимо отметить и экономическую сторону предложенных принципов. В одном они направлены на увеличение затрат связанных с применением новых средств поддержания выработки (приобретение и ввод в эксплуатацию), а в другом - на снижение затрат за счет уменьшения плотности крепления и предотвращения перекрепления выработки. Что в совокупности улучшит экономические показатели новых решений.

Использование вышеизложенных принципов по улучшению поддержания горных выработок, могут исключить перекрепление выработки или уменьшить затраты на поддержание за все время её эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Халимендик Ю.М., Александров С.Н., Вишневецкий В.В. Замковые соединения усиленной конструкции для повышения устойчивости горных выработок// Уголь Украины. – 2007. - №2.
2. Курченко Э.П., Тупиков Б.Т., Сытник А.А., Сторчак И.И., Агапова А.Ф., Федористова А.А. Крепление пластовых подготовительных выработок глубоких шахт// Уголь Украины. – 2007. - №5.
3. Вровченко В.В., Агафонов Л.М., Черкашин О.М., Чікунов С.С., Кравченко А.В. Нова конструкція кріплення виїмкових гірничих виробок// Уголь Украины. – 2007. - №10.
4. Настуев Ю.М., Шипачев В.К. Некоторые проблемы разработки рамных крепей для подготовительных выработок глубоких шахт// Уголь Украины. – 2001. - №5.
5. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок/ ВНИМИ. – С.-Петербург, 1991.
6. Курченко Э. П., Андриенко В.М., Тупиков Б.Т., Сытник А.А. Концепция обоснования плотности крепления подготовительных выработок в глубоких шахтах// Уголь Украины. – 2003. - №7.
7. Стовпик С.Н. Анкерное усиление рамных крепей на шахтах Западного Донбасса// Уголь Украины. – 2007. - №1.
8. Стовпик С.И. Создание армоподобных конструкций вокруг выработок в неустойчивых породах// Уголь Украины. – 2007. - №11.
9. Тищенко В. А. Особенности сдвижения горных пород по длине выемочного поля// Уголь Украины. – 2001. – №5.