

УДК 622.281.001.2

С. И. Скипочка, д-р техн. наук, профессор,
В. Н. Трипольский, магистр,
Н. А. Буряк, магистр,
Т. Г. Войтович, аспирант
(ИГТМ НАН Украины)

АНАЛИЗ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ ШТРЕКОВ

С. І. Скіпочка, д-р техн. наук, професор,
В. М. Трипольський, магістр,
М. П. Буряк, магістр,
Т. Г. Войтович, аспірант
(ІГТМ НАН України)

АНАЛІЗ ТА НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ТА ЗАСОБІВ ПІДТРИМКИ ВИЇМОЧНИХ ШТРЕКІВ

S. I. Skipochka D. Sc. (Tech.), Professor,
V. N. Tripolski, M.S (Tech.),
N. A. Buriyk, M.S (Tech.),
T. G. Vojtovich, Doctoral Student
(IGTM NAS of Ukraine)

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF METHODS AND FACILITIES FOR SUPPORTING THE GATE ROADS

Аннотация. Объект исследований данной работы – поддержание выемочных штреков металлорамными крепями на угольных шахтах. На основе анализа способов и средств поддержания выемочных штреков сформулирована цель – анализ причин неудовлетворительной работы и рекомендации по улучшению работы арочной металлокрепей и крепления выемочных штреков в целом. Показано, что причиной неудовлетворительной работы металлорамной крепи является ее несоответствие требуемому параметру – податливость. Расчетным методом выполнена оценка работоспособности замкового соединения и желобчатой конструкции профиля. Сравнительный анализ параметров металлорамных крепей позволил сделать вывод о нецелесообразности применения в сложных горно-геологических условиях открытых желобчатых профилей. Сделан вывод о необходимости применения комбинированных способов поддержания выемочных штреков, в основе которого должен лежать симбиоз анкерной и металлорамной крепи нового поколения, а также охранной околоштрековой полосы. Определены технические требования для проектирования крепей нового поколения.

Ключевые слова: выемочный штрек, арочная податливая металлокрепь, замковые соединения.

Анализ способов охраны и поддержания выемочных штреков, показывает, что чаще всего в условиях Донбасса охрана выработок ведется целиками (42 % – вентиляционных и 32 % – откаточных штреков). Бутовыми полосами охраняется соответственно 21 % и 13 % штреков [1].

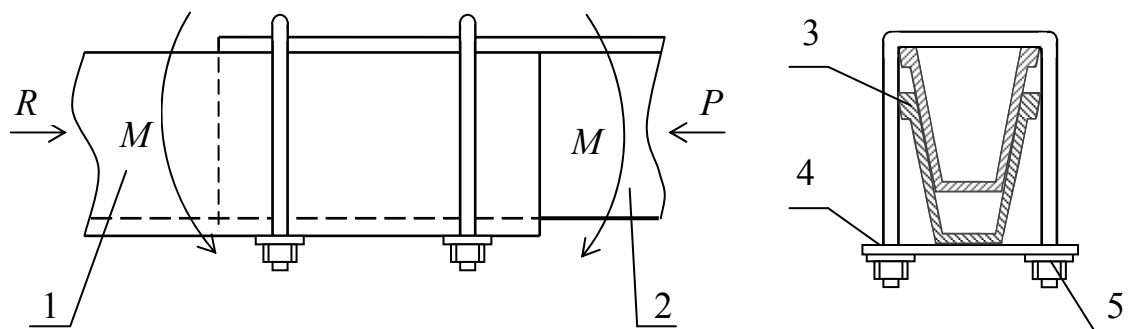
Как перспективное техническое решение при бесцеликовой выемке угольных пластов в условиях больших глубин используют литую полосу, которая является компромиссным решением между податливой бутовой полосой и жесткой охранной конструкцией, выложенной из бетонных блоков, поскольку чрезмерно жесткая кладка из бетонных блоков инициирует интенсивное пучение почвы слабых пород, создает дополнительную концентрацию напряжений в кровле выработки и при достижении критических нагрузок быстро теряет несущую способность. Литая полоса в процессе твердения адаптируется к контактными условиям в кровле и почве, допускает умеренную податливость при сохранении несущей способности.

Крепление участковых выработок в подавляющем большинстве случаев обеспечивается рамными металлокрепями типа КМП-А3 (А4, А5) Р2, КШПУ-М и др. [2]. Основные характеристики таких крепей – это их несущая способность и податливость, причем для условий слабых неустойчивых пород второй параметр является преобладающим. Устойчивая и податливая арочная конструкция таких крепей обеспечивается замковым соединением стоек и верхняка. Принцип работы подавляющего большинства замковых соединений основан на использовании сил трения между контактирующими поверхностями. Многолетние наблюдения за поведением податливых замковых соединений показали, что именно они являются основной причиной неудовлетворительной работы крепи. В частности было установлено, что:

- а) на начальном этапе податливое соединение работает как жесткое;
- б) при достижении определенной нагрузки происходит скачкообразное проскальзывание спецпрофилей до их заклинивания в соединении;
- в) раздельно установленные зажимы перекашиваются, способствуя заклиниванию и ограничению податливости крепи, а дальнейшая нарастающая нагрузка деформирует элементы крепи и соединений.

Все это приводит к тому, что силы трения не обеспечивают требуемое рабочее сопротивление крепи в податливом режиме.

Для выяснения и анализа причин таких явлений выполним расчет широко распространенного замка АПЗ.030 [3], состоящего из двух хомутов, каждый из которых содержит скобу, плоскую планку и две гайки. Типовое податливое соединение звеньев крепи из спецпрофиля изображено на рис. 1.



1 – наружный профиль; 2 – внутренний профиль; 3 – скоба; 4 – планка; 5 – гайка; P – осевая нагрузка; R – реакция; M – изгибающий момент

Рисунок 1 – Типовое соединение звеньев крепи

Соппротивление крепи осевой нагрузке P обеспечивается силами трения между элементами соединения. Элементы замка контактируют по нескольким плоскостям. Вложенные спецпрофили соприкасаются между собой наклонными стенками создавая клиновый эффект. Планка замка прижата к доньшку наружного профиля, а его скобы в двух местах – к фланцам внутреннего профиля.

Полная сила трения в узле зависит от количества скоб в соединении, а суммарная сила трения в соединении от натяжения одной скобы равна:

$$\sum F = F_k + F_n + F_c, \quad (1)$$

где F_k – сила трения в клиновом соединении; F_n – сила трения между планкой и дном профиля; F_c – сила трения между скобой и фланцами внутреннего профиля.

Определим силу трения в клиновом соединении. Расчетная схема сил, действующих в клиновом соединении, приведена на рис. 2, где обозначено: S_p – суммарная сила от натяжения скобы; N – сила нормального давления на стенку; F_k – сила трения вдоль наклонных стенок; 2α – угол при вершине клина.

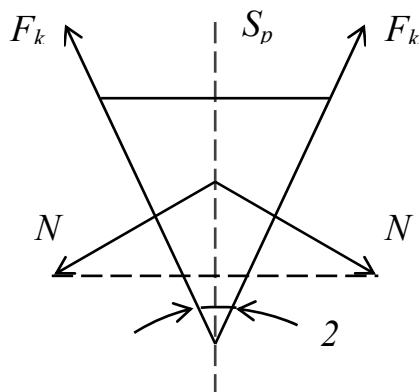


Рисунок 2 – Расчетная схема сил, действующих в клиновом соединении

Если считать, что силы натяжения ветвей скобы параллельны и равны по величине, тогда суммарная сила S_p , сжимающая профили, будет равна $2S$, где S – сила натяжения одной ветви скобы, а суммарная сила трения F_k – произведению силы нормального давления на коэффициент трения:

$$F_k = 2N\mu, \quad (2)$$

где $2N$ – суммарная сила нормального давления; μ – коэффициент трения.

Силу нормального давления получим, спроецировав на вертикальную ось силы, действующие на клин:

$$S_p - 2N\sin\alpha = 0 \rightarrow 2N = S_p / \sin\alpha. \quad (3)$$

Подставляя полученное выражение для N в выражение для F_k и вводя обозначение $\mu' = \mu / \sin\alpha$, получим:

$$F_k = S_p \mu'. \quad (4)$$

Приведенный коэффициент трения μ' всегда больше, чем истинный коэф-

коэффициент трения μ , т. к. $\sin\alpha < 1$.

Из последней формулы следует, что сила трения в клиновом соединении зависит от коэффициента трения, силы нормального давления, угла развала спецпрофиля и не зависит от размеров площади контакта. Она всегда направлена вдоль поверхности контакта в сторону противоположную смещениям профилей.

Определим силы трения на поверхностях контакта планки с днищем наружного профиля и скобы с фланцами внутреннего профиля. Расчетная схема приведена на рис. 3.

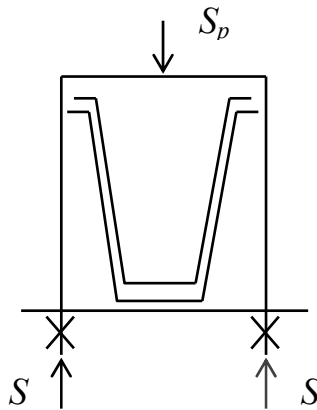


Рисунок 3 – Схема сил, сжимающих спецпрофили

Сумма сил S от натяжения скоб, прижимающая планку к днищу наружного профиля, равна силе S_p прижимающей скобу к фланцам внутреннего профиля. Эти силы направлены перпендикулярно к поверхностям контакта:

$$2 S = S_p \rightarrow F_p = F_c, \quad (5)$$

где F_p, F_c – силы трения между планкой и днищем, скобой и фланцами.

Суммарная сила трения в замковом соединении от натяжения одной скобы будет равна:

$$\sum F = S_p \mu' + 2 S_p \mu = S_p (\mu' + 2 \mu). \quad (6)$$

Если в замковом соединении используют два зажима, тогда суммарная сила трения в замковом соединении будет в 2 раза больше:

$$\sum F_z = 2 S_p (\mu' + 2 \mu). \quad (7)$$

Для упрощения расчета примем некоторые допущения:

- будем условно считать, что спецпрофили абсолютно жесткие и контуры их поперечных сечений не деформируются под нагрузкой;
- поверхности контакта между элементами ровные и чистые.

Исходные данные для расчета:

а) первоначальное натяжение ветвей скоб принимаем по результатам испытаний арочных крепей

$$S=30 \text{ кН}; \quad S_p=60 \text{ кН};$$

б) угол наклона стенки спецпрофиля к вертикальной оси

$$\alpha = 12^\circ; \sin 12^\circ = 0,2079.$$

в) коэффициенты трения при покое и при скольжении имеют различные значения. При трении стали по стали примем: $\mu_n = 0,15$ – при покое; $\mu_c = 0,1$ – при скольжении;

$$\text{г) } \mu'_n = \mu_n / \sin \alpha = 0,15 / 0,2079 \approx 0,7; \quad \mu'_c = \mu_c / \sin \alpha = 0,1 / 0,2079 \approx 0,5,$$

где, μ'_n – приведенный коэффициент при покое;

μ'_c – приведенный коэффициент при скольжении.

Тогда, суммарная сила трения в замковом соединении будет при покое:

$$\sum F_p = 2 S_p (\mu'_n + 2 \mu_n) = 2 \cdot 60(0,7 + 0,3) = 120 \text{ кН}, \quad (8)$$

при скольжении:

$$\sum F_s = 2 S_p (\mu'_c + 2 \mu_c) = 2 \cdot 60(0,5 + 0,2) = 84 \text{ кН}. \quad (9)$$

Если исключить принятые в расчете допущения и учесть, что крепь собирается в шахтных условиях, а также неравномерность затяжки гаек, то очевидно, что силы трения в замковом соединении будут еще меньше.

Как показывает расчет, сопротивление крепи зависит от сил трения в замковом соединении и не зависит от типоразмера спецпрофиля. Типовые арочные крепи с замками, принцип работы которых основан на использовании сил трения, не создают достаточного подпора смещающимся породам.

Одним из факторов влияющих на работоспособность арочной металлокрепи является форма поперечного сечения профиля [4-5].

Неудовлетворительную работу крепи можно объяснить несоответствием прочностных характеристик профилей деформационно-силовым нагрузкам, действующим на глубоких горизонтах.

Открытые желобчатые профили имеют различные моменты сопротивления в обеих главных плоскостях. Аналитические и экспериментальные исследования арочных крепей показали слабое сопротивление спецпрофилей кручению при сложных пространственных нагрузках. Сравнительные показатели открытого профиля СВП 33 и закрытых трубчатых приведены в табл. 1.

Исследованиями прокатных профилей доказано, что наиболее эффективен замкнутый профиль квадратного сечения при работе на изгиб и кручение. Замкнутый тонкостенный профиль квадратного сечения по изгибу превышает СВП в 1,5-2 раза, а по кручению в 16-27 раз. Применение замкнутых профилей для изготовления арочных крепей позволяет значительно уменьшить расход металла, т. к. рама крепи из спецпрофиля СВП-33 весит 333 кг, а из квадратного профиля, при одинаковом сечении выработки, – 222 кг. Практика показывает, что главной причиной неэффективной работы известных штрековых крепей является несоответствие их конструкции и деформационно-силовых характеристик элементов сложному нагружению.

Таблица 1 – Геометрические и прочностные характеристики профилей

Тип профиля	Площадь поперечного сечения профиля, м ²	Момент сопротивления, м ³	Момент сопротивления кручению, м ³
СВП 33	0,004253	0,0001335	0,00002371
Труба 150x150x5	0,002836	0,00013095	0,0002032
Труба 200x200x6	0,004563	0,0002835	0,0004381

Сравним несущую способность спецпрофиля СВП 27 с податливостью крепи в замковом соединении. Используя формулу условия прочности на одноосное сжатие по известному сечению профиля и его материалу можно определить допустимую величину нагрузки.

$$G_{\max} = [N_{\max} / s] \leq [G]; \quad [N] = s \cdot [G], \quad (10)$$

где $[N]$ – допустимая нагрузка; s – площадь поперечного сечения профиля; $[G]$ – допустимое напряжение.

Например, при материале профиля – Ст. 5пс; напряжении текучести – 2900 кг/см²; коэффициенте запаса прочности, установленном СНиП, – 3, допустимая нагрузка для шахтного профиля СВП 27 составит 330 кН, для профиля СВП 33 – 400 кН. Т. е. нагрузка, которую может выдержать профиль при одноосном нагружении, в 3-4 раза больше сил трения в узле податливости. Это подтверждает, что силы трения в замковом соединении недостаточны для удержания продольных сил, действующих на крепь.

Кроме продольной силы, действующей в замковом соединении, на работу крепи влияет изгибающий момент, который возникает при перекосе рамы (вследствие неравномерности нагрузки на нее и динамики при обрушении основной кровли в лаве). На рис. 1 видно, что момент воспринимается скобами крепи. На скобу действует сила от предварительной затяжки и сила растяжения от изгибающего момента. Определим предельную нагрузку $[P]$ при которой происходит обрыв гайки по формуле:

$$[P] = G_T \cdot s_p, \quad (11)$$

где G_T – минимальный предел текучести; s_p – площадь поперечного сечения прутка.

Для примерного расчета определим предельную нагрузку для скобы из прутка диаметром 26 мм. Материал скобы – Ст. 3пс, $G_T = 2500$ кг/см², $s = 5,3$ см². Получим $[P] = 2500 \cdot 5,3 = 13250$ кг (≈ 13 т). Учитывая, что предварительная затяжка гаек равна 3 т, обрыв гайки произойдет при нагрузке 10 т, а предельная нагрузка $[P_{pr}]$ на обрыв двух гаек составит 20 т.

Как показывают наблюдения, в узле податливости происходит не только обрыв гаек, но и разрыв днища стойки на участке контакта его с днищем верхняка из-за различных радиусов верхняка и стоек, а также перекосов рам. Определим необходимый момент сопротивления спецпрофиля по предельной нагрузке от изгибающего момента. Схема нагрузок приведена на рис. 4.

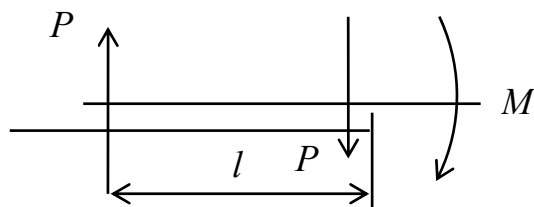


Рисунок 4 – Схема нагрузок от изгибающего момента.

Момент сопротивления при изгибе профиля определим по формуле:

$$W_x = [P_{pr}] \cdot l / 4G_{iz}. \quad (12)$$

При расчете примем профиль СВП из материала Ст.5, для которого расстояние от оси нижней скобы до конца стойки $l = 45$ см, $G_{iz} = 1600$ кг/см². Тогда $W_x = 20000 \cdot 45 / 4 \cdot 1600 = 140$ см³. Если сравнить спецпрофили по моменту сопротивления, то приблизительно такую характеристику имеют СВП 33 для которого $W_x = 133,5$ см³, лотковый 36 (Германия) – $W_x = 136$ см³, колоколообразный 36 – $W_x = 125,5$ см³.

Т. е. открытые желобчатые профили не способны выдержать без разрушения сложные нагружения от изгиба и кручения. Простое перенесение опыта крепления выемочных штреков в новые, более сложные условия глубоких горизонтов, оказалось не эффективным. Как показывают наблюдения за поведением арки при испытаниях ее на стенде, на первом этапе работы податливое соединение работает как жесткое до тех пор, пока продольная сила в узле не превазойдет силу трения покоя. Затем происходит резкое проскальзывание верхняка относительно стойки, которое сопровождается перекосом скоб относительно планок, что приводит к заклиниванию замка. На участке податливости концы спецпрофилей взаимодействуют с разными условиями взаимного скольжения, что нарушает работу в податливом режиме.

Резкое уменьшение сил трения в замковом соединении объясняет скачкообразное проскальзывание спецпрофилей и потерю несущей способности крепи. Наблюдаемый дальнейший рост сопротивления крепи происходит за счет прочностных характеристик элементов соединения. Скобы растягиваются, планки деформируются и, как показали обследования, после испытаний на трущихся поверхностях происходит разрушение металла. При этом замечено, что начало проскальзывания в замках происходит при разных нагрузках и на разную величину.

Шахтные наблюдения за поведением крепи показывают, что в зоне отработки лавы происходит перекося рамы. Это явление можно объяснить перераспределением сил действующих на крепь. Максимальные нагрузки направлены со стороны работающей лавы. Перекося рамы крепи приводит к ограничению податливости и повороту верхняка относительно стойки в замке расположенном со стороны массива. С ростом нагрузки происходит разрыв нижнего хомута и отрыв днища на конце стойки. Одновременно происходит выполаживание верхняка с изгибом, кручением и раскрытием профиля. Одной из причин заклинивания элементов в узле податливости является установка их на криволинейных участках крепи.

Очевидно, что несущую способность арочной крепи определяет узел податливости. Типовые податливые соединения, принцип которых основан на использовании сил трения, нельзя отнести к жестким соединениям, соединениям с постоянным сопротивлением или нарастающим подпором. Реальная несущая способность крепи значительно отличается от расчетных данных, приведенных в ее технической характеристике.

Основные причины неудовлетворительной работы арочной металлокрепи:

- конструкции податливых узлов не обеспечивают требуемого сопротивления, а силы сопротивления в узле не соответствуют несущей способности спецпрофиля;
- отсутствует нарастающий подпор;
- срабатывание узлов податливости происходит при различных нагрузках, поэтому смещение спецпрофилей происходит скачкообразно с потерей несущей способности;
- П-образные скобы не обеспечивают направленного смещения спецпрофилей;
- неодновременность моментов срабатывания узлов податливости приводит к перекосу рам как поперек, так и вдоль выработки;
- несовпадение направления податливости крепи с главной направленностью смещения пород;
- неудачное решение по установке замков на криволинейных участках и в зонах максимальных нагрузок;
- открытый желобчатый профиль по прочностным характеристикам не соответствует деформационно-силовым нагрузкам;
- не полностью используется несущая способность спецпрофиля по периметру рамы, что ведет к завышению расхода металла, поскольку рама изготавливается из одинакового спецпрофиля;
- отсутствие начального контакта установленной рамы с контуром выработки ведет к смещению пород кровли без подпора, трещинообразованию пород кровли;
- деформированная крепь после эксплуатации лишь частично пригодна для восстановления и повторного использования.

При разработке способов и средств поддержания выемочных штреков, прежде всего, необходимо учесть тот факт, что на глубоких горизонтах рост давления и смещений носит незатухающий во времени характер на протяжении всего срока эксплуатации выработки. На больших глубинах нагрузка на крепь не зависит от размеров выработки и от прочности пород на растяжение, зато зависит от прочности пород на сжатие, угла внутреннего трения пород и резко повышается при увеличении глубины разработки, жесткости крепи и снижается при росте зоны разрушения пород вокруг выработки. Это явление можно объяснить самоорганизацией разрушенных пород с образованием свода пород. Поэтому выбор способов и средств поддержания выработок носит индивидуальный характер и применим только в конкретных условиях. В каждом конкретном слу-

чае необходимо знать характер, величину и направление основных нагрузок и смещений.

Накопленный к настоящему времени объем знаний позволяет сделать вывод, что для поддержания выработки в рабочем состоянии необходимо применять комбинированный способ с применением базовой рамной податливой крепи, околоштрековой полосы, анкерной крепи и средств укрепления породного массива. Кроме основной арочной крепи на наиболее нагруженных участках, которые определяются шахтными наблюдениями, необходимо применять крепи усиления.

Оценивая оптимальность конструкции арки в целом, можно отметить существенные различия напряженного состояния элементов по ее периметру. Существующие рамные крепи предусматривают использование одного и того же спецпрофиля по всему периметру арки, что противоречит условиям нагружения рамы. В результате участок крепи, ограниченный пределами действия активной нагрузки, оказывается перегруженным, тогда как остальные участки сохраняют неостребованный запас прочности. Несоответствие реальной несущей способности крепи фактическому распределению внешней нагрузки со стороны пород приводит к нерациональному использованию несущей способности профилей, что приводит к увеличению расхода металла. Оптимальной конструкции крепи можно достичь, применяя различные материалы или изменяя площади поперечных сечений и их профиль в зависимости от изменения внешней нагрузки по периметру арки.

Анализируя вышеизложенное, можно сделать выводы, что для крепления выемочных штреков необходимо применять комбинированную систему, состоящую из арочной податливой крепи (как основной), анкеров, литой полосы и средств усиления. Формирование системы необходимо начинать с установки анкеров, сразу после обнажения массива до установки арок. Анкера необходимо устанавливать под углом $70-75^\circ$ в сторону массива и не менее 45° к напластованию. Для перераспределения нагрузок между рамами поверх верхняков должны быть уложены деревянные прогоны, длина которых должна перекрывать не менее трех рам. Монтаж основной арочной крепи необходимо выполнить с принудительным начальным распором. Вначале необходимо установить верхняк, а затем стойки, что позволит уменьшить забутовочное пространство.

Арочная податливая крепь должна отвечать следующим требованиям:

- арка крепи должна быть незамкнутой и выполнять поддерживающую функцию;
- податливость арки должна быть с нарастающим подпором;
- верхняк рамы должен иметь эллиптическую или близкую к ней форму с ориентацией большой полуоси в направлении наибольших смещений;
- стойки арки должны быть удлинены на величину пучения почвы;
- задавливание стоек в почву необходимо считать как одну из технических характеристик арки;
- размер арки по высоте должен обеспечивать технологический процесс при ее полной посадке за счет податливости;

- металлопрофиль арки должен быть замкнутым прямоугольного или круглого сечения;
- арка крепи по периметру должна иметь различные прочностные характеристики в зависимости от нагрузок действующих на отдельных ее участках;
- в конструкции арки могут применяться различные материалы: металл, железобетон, дерево и др.;
- общая податливость арки должна соответствовать прогнозируемым смещениям кровли и величине заглубления стоек в почву;
- арка крепи не должна переходить в жесткий режим работы;
- принцип работы податливого узла должен быть основан не на использовании сил трения, а на деформации податливого элемента;
- податливые узлы должны располагаться на прямолинейных участках с минимальной нагрузкой и обеспечивать телескопическую направленность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радченко, В. В. Совершенствование способов охраны подготовительных выработок в Донбассе / В. В. Радченко, Е. С. Чуприна // Уголь Украины. – 1991. – № 11. – С. 30-34.
2. Усаченко, Б. М. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса / Б. М. Усаченко, В. Я. Кириченко, А. В. Шмиголь. – М.: ЦНИИЭИуголь, 1992. – 167 с.
3. Усаченко, Б. М. Опыт охраны магистральных и выемочных штреков на глубоких горизонтах / Б. М. Усаченко, В. Я. Кириченко, А. В. Шмиголь. – ЦНИИЭИуголь, 1992. – 43 с.
4. Компанеец, В.Ф. Новые специальные профили проката для крепей горных выработок / В. Ф. Компанеец, А. А. Сытник, Ф. С. Зигаев // Шахтное строительство. – 1988. – №10. – С. 15-17.
5. Литвинский, Г.Г. Исследование эффективности прокатных профилей для рамной крепи горных выработок / Г. Г. Литвинский, Э. В. Фесенко // Уголь Украины. – 2012. – №11. – С. 11-14.

REFERENCES

1. Radchenko, V. V. and Chuprina, E. S. (1991) "Perfection of the methods preparatory works protection in Donbass", *Coal of Ukraine*, no.11, pp. 30-34.
2. Usachenko, B. M., Kirichenko, V. Ya. and Shmigol, A. V. (1992), *Okhrana podgotovitelnykh vyrabotok glubokikh gorizontov shacht Zapadnogo Donbassa* [Protection of preparatory workings deep horizons of the Western Donbass mines], CSIIElcoal, Moscow, Russia.
3. Usachenko, B. M., Kirichenko, V. Ya. and Shmigol, A. V. (1992), *Opyt okhrany magistralnykh i vyemochnykh chtrekov na glubokikh gorizontakh* [Experience protection of the main and excavation in the deep horizons], CSIIElcoal, Moscow, Russia.
4. Kompaneez, V. F., Sytnik, A. A. and Zygaev, F. C. (1988), "New special profiles of rolling for mining supports", *Mine construction*, no.10, pp. 15-17.
5. Litvinskij, G. G. and Fesenko, E. V. (2012) "Research of rolling profiles effectiveness for frame support mining", *Coal of Ukraine*, no.11, pp. 11-14.

Об авторах

Скипочка Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом механики горных пород Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, skipochka@ukr.net

Трипольский Валерий Николаевич, магистр, ведущий специалист в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Поляков Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, igtm.nanu@yandex.ru

Буряк Николай Афанасьевич, магистр, ведущий специалист в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Поляков Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, igtm.nanu@yandex.ru

Войтович Татьяна Геннадьевна, аспирант в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Поляков Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, vojtovich.leonid@yandex.ru

About the authors

Skipochka Sergej Ivanovitch, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Rock Mechanics, The Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics of the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, skipochka@ukr.net

Tripolski Valerij Nikolaevich, Master of Science, Principal Specialist in Rock Mechanics Department, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, igtm.nanu@yandex.ru

Burjak Nikolaj Afanasievich, Master of Science, Principal Specialist in Rock Mechanics Department, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, igtm.nanu@yandex.ru

Vojtovich Tatiana Gennadijevna, Doctoral Student in the Department in Rock Mechanics Department, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, vojtovich.leonid@yandex.ru

Анотація. Об'єкт досліджень даної роботи – підтримання виїмкових штреків металорамним кріпленням на вугільних шахтах. На основі аналізу способів і засобів підтримки виїмкових штреків сформульована мета – аналіз причин незадовільної роботи та рекомендації щодо поліпшення роботи аркового металокріплення та кріплення виїмкових штреків в цілому. Показано, що причиною незадовільної роботи металорамного кріплення є його невідповідність параметру – піддатливість. Розрахунковим методом виконано оцінку працездатності замкового з'єднання і жолобчастої конструкції профілю. Порівняльний аналіз параметрів металорамних кріплень дозволив зробити висновок про недоцільність застосування в складних гірничо-геологічних умовах відкритих жолобчастих профілів. Зроблено висновок про необхідність використання комбінованих способів підтримки виїмкових штреків, в основі яких повинен лежати симбіоз анкерного і металорамного кріплень нового покоління, а також охоронної біляштрекової смуги. Визначено технічні вимоги для проектування кріплень нового покоління.

Ключові слова: виїмковий штрек, аркове податливе металокріплення, замкові з'єднання.

Abstract. Object of this work is supporting of the gate roads by metal frame supports in the coal mines. On the basis of analysis of methods and facilities used for gate-road supporting the purpose of the work was formulate: to analyze reasons of unsatisfactory work of and to work out recommendations for improvement of the arched metal-frame supports of the gate roads in general. It is shown that unsatisfactory operation of the metal-frame support is caused by its improper yielding. Functionality of the interlock grooved profile was estimated with the help of calculations. Comparative analysis of the metal-frame supports results in a conclusion that the open grooved profiles cannot be recommended to be used in the complex geological conditions. The conclusion is that for proper supporting the gate roads, it is necessary to apply combined methods, which are based on combination of metal-frame and anchor supports of the new generation and protective rib-side pack. Technical requirements are formulated for designing supports of the new generation.

Keywords: gate road, arched yielding metal support, interlocks.

Статья поступила в редакцию 25.02.2014

Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук Т.А. Паламарчук

М.М. Кононенко, канд. техн. наук, доцент,

М.В. Петльований, канд. техн. наук

(ДВНЗ «НГУ»)

С.А. Зубко, інженер

(ЗАТ «ЗЗРК»)

**НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ГІРСЬКОГО МАСИВУ
НАВКОЛО
КАМЕР ДРУГОЇ ЧЕРГИ ВІДПРАЦЮВАННЯ**

М.Н. Кононенко, канд. техн. наук, доцент,

М.В. Петлёваный, канд. техн. наук

(ГВУЗ «НГУ»)

С.А. Зубко, інженер

(ЗАО «ЗЖРК»)

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНОГО
МАССИВА ВОКРУГ КАМЕР ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ ОТРАБОТКИ**

M.N. Kononenko, Ph.D. (Tech.), Associate Professor,

M.V. Petlyovany, Ph.D. (Tech.)

(SHEE "NMU")

S.A. Zubko, M.S. (Tech.)

(CJSC "ZZhRK")

**STRESS-STRAIN STATE OF THE MINE MASSIF AROUND THE
CHAMBERS OF THE SECOND STAGE OF MINING**

Анотація. Виконані аналітичні дослідження напружено-деформованого стану масиву навколо камер другої черги відпрацювання за допомогою термодинамічного методу. Актуальністю досліджень є те, що вилучення запасів руд з камер другої черги відпрацювання здійснюється як правило, в оточенні закладного масиву, при цьому спостерігаються найбільші показники втрат і збіднення руди закладним матеріалом. У зв'язку з цим інтерес представляє дослідження НДС закладного масиву для встановлення шляхів підвищення його стійкості. Розроблено розрахункову схему моделювання термодинамічних процесів у масиві гірських порід навколо камер для подальшого дослідження полів напружень навколо камери та виявлення закономірностей зміни радіальних напружень у масиві закладки, що оточує камеру. До моделювання брали камеру з усередненими геотехнічними умовами поверху 740-840 м: глибина розташування очисної камери, кут падіння покладу, горизонтальна потужність покладу, міцність на стиск гірських порід висячого, лежачого боків і закладки. У результаті дослідження встановлено області розтягуючих напружень у породах лежачого боку, у масиві руди та закладки, а також їх параметри (розміри, максимальні значення напружень), отримані емпіричні рівняння залежностей радіальних напружень від відстані до камер другої черги відпрацювання L . Встановлено області руйнівних деформацій і їх розміри у масиві закладки, що оточує очисні камери другої черги відпрацювання поверху 740-840 м. Отримані максимальні значення напружень, що діють у масиві закладки, які перевищують межу його міцності на розтяг та призводять до його руйнування у очисний простір камер другої черги.