

И.Е. Иванов

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАМКОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КРЕПЕЙ ИЗ СВП

*Выполнен анализ влияния факторов на устойчивость горных выработок. Проанализированы параметры крепей с различными типами замков. Определены пути совершенствования замков. Рассмотрены новые виды усиленных замков. Показана экономическая эффективность их применения.*

---

### ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАМКІВ МЕТАЛЕВОГО КРІПЛЕННЯ ІЗ СВП

*Виконано аналіз впливу факторів на стійкість гірничих виробок. Проаналізовано параметри кріплень з різними типами замків. Визначено шляхи вдосконалення замків. Розглянуто нові види посиленних замків. Показана економічна ефективність їх застосування.*

---

### IMPROVEMENT OF JOINT CLAMPS OF STEEL SUPPORTS FROM SPECIAL CONCAVE PROFILE (SCP)

*The analysis of mine workings stability affecting factors is realized. Parameters of steel supports with different types of joint clamps are analyzed. The ways of joint clamps improvement are determined. New types of reinforced clamps are considered. The cost-effectiveness of their usage is shown.*

---

#### ВВЕДЕНИЕ

Проблема устойчивости горных выработок по-прежнему является актуальной на угольных шахтах Украины [1, 2]. Связано это, прежде всего, со значительной глубиной ведения горных работ, что приводит к пропорциональному росту действующих в массиве напряжений [3]. При этом увеличение прочности горных пород с глубиной не происходит [4, 5], или ее рост в недостаточной мере адекватен глубине [5]. Вследствие этого происходит увеличение зон запредельных деформаций вокруг выработок, что приводит к потере устойчивости последних (рис. 1 и 2). Ухудшение состояния выработок приводит к следующим негативным последствиям:

– невозможности проветрить выемоч-

ный участок с соблюдением допустимых норм содержания газа, особенно при работе лав на прямой ход;

– увеличению температуры в подготовительных и очистных выработках выемочного участка до критических показателей;

– увеличению травматизма в подготовительных выработках из-за завалов и деформации крепи.

Затраты на перекрепление 1 п.м выработки достигают 2 – 6 тыс. грн. Кроме того, снижается депрессия выработок, что приводит к невозможности обеспечения очистных забоев достаточным количеством воздуха, а соответственно, и снижению на них нагрузки. Все это негативно сказывается на экономическом состоянии угольных предприятий. Поэтому повышение ус-

тойчивости горных выработок является актуальной научно-технической проблемой.

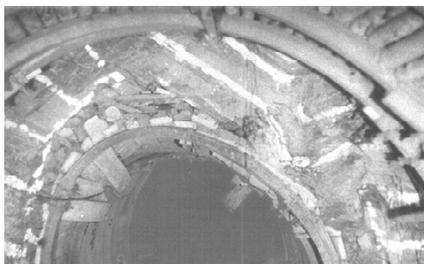


Рис. 1. Состояние полевого штрека гор. 915 м шахты им. К.И. Печенкова



Рис. 2. Состояние расчески полевого штрека на шахте «Западно-Донбасская» ГХК «Павлоградуголь»

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время основным способом борьбы с ухудшением состояния выработок является увеличение плотности крепи. Это приводит к существенному увеличению металлоемкости крепления горных выработок. В соответствии с действующими нормативными документами [6 – 8] нагрузка на крепь является функцией от смещений пород на контуре выработки. Например, для крепи типа КМП-А3/13,8 увеличение прогнозных смещений пород со 100 до 400 мм приведет к повышению плотности крепи с 1,5 до 3 рам на погонный метр выработки. Металлоемкость выработки при этом увеличится с 426 до 852 кг/м.

Исходя из анализа существующих закономерностей развития зон запредельных

деформаций [1 – 3] и методологии, заложенной в нормативные документы [6 – 8], можно определить основные направления по уменьшению металлоемкости крепи выработок. Первое – увеличение рабочего сопротивления крепи. При неизменном типе крепи оно может быть реализовано за счет изменения конструкции замка, который используется для соединения ножек и верхняков крепи. Например, при изменении типа замка с АПЗ.030 («прямая планка») на АПЗ.070 (замок ЗСД) рабочее сопротивление крепи увеличивается с 210 до 250 кН [9]. Это позволяет уменьшить плотность крепи примерно в 1,2 раза. Следует отметить, что рабочее сопротивление крепи нельзя увеличивать бесконечно. Несущая способность крепи, которая определяется в первую очередь через моменты сопротивления в сечении спецпрофиля и зависит от его формы, при которой начинается его деформация, составляет, например, для крепи из профиля СВП-27 из стали марки Ст5 около 406 кН [9] – рис. 3.

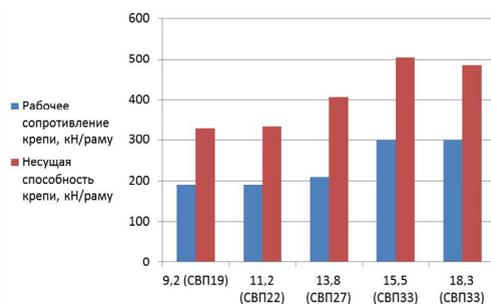


Рис. 3. Диаграмма зависимости между сечением крепи, рабочим сопротивлением и несущей способностью крепей типа КМП-А3 при использовании замков АП.030 (18,3 замок АПЗ.070)

Можно видеть, что для крепи с замками АПЗ.030 значение несущей способности крепи примерно в 1,8 – 2 раза выше значения ее (крепи) рабочего сопротивления. Опыт ведения горных работ с применением различных стандартных и опытных типов замков показал, что значение рабочего сопротивления должно быть минимум на

25 – 30% меньше значения несущей способности крепи. В противном случае работа крепи в податливом режиме не гарантируется, и может происходить деформация крепи без проскальзывания верхняка относительно ножи. Таким образом, для рационального использования крепей их рабочее сопротивление крепи должно быть повышено.

Известно, что работоспособность узлов податливости, т.е. возможность создавать сопротивление сдвигению спецпрофилей один относительно другого, в первую очередь зависит от усилия затягивания гаек в замках крепи [10]:

$$N_3 = 8Pf + 2Nf,$$

где  $N_3$  – начальное сопротивление узла податливости;

$P$  – коэффициент трения для соединяемых элементов из стали,

$N$  – сила, действующая на стенках профиля.

Сила  $N$  зависит от формы профиля, параметров резьбы, крутящего момента, соответствующего усилию затягивания гаек.

При неизменной форме профиля и конструкции замка практически единственным способом увеличения силы сжатия будет увеличение диаметра скобы и уменьшение шага резьбы. Следует признать, что при существующей конструкции замка типа АПЗ.030 увеличение диаметра круга, из которого изготавливается скоба, не имеет смысла. Связано это с тем, что в конструкции замка имеет место другой слабый элемент, разрушение которого происходит в первую очередь – планка замка (рис. 4).

Анализируя данные ДонУГИ (см. рис. 5), полученные при испытании различных типов замков в лабораторных условиях, следует отметить следующее. Графики зависимости сопротивления крепи от заданных смещений имеют скачкообразный вид. При наборе некоторого сопротивления происходит его резкий спад (скачок). Относительное значение такого падения мо-

жет составлять до 50% – замок АПЗ.030. Для замка типа АПЗ.070 данные колебания составляют до 30%. Скачки вызваны тем, что вследствие сдвижения одного элемента СВП относительно другого замок первоначально перекашивается на некоторую величину, а впоследствии скачкообразно смещается в следующее устойчивое положение. При этом величина смещения зависит от базы приложения нагрузки в сечении замка.



Рис. 4. Разрушение планки замка АПЗ.030 (шахта им. Вахрушева)

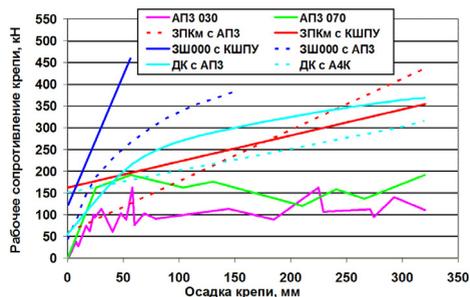


Рис. 5. Зависимость сопротивления крепи от ее осадки (по данным ДонУГИ)

Применительно к шахтным условиям вышесказанное означает, что крепь оказывает сопротивление сдвигающемуся массиву не с постоянным усилием, а скачками. Это сказывается на состоянии массива вокруг выработки в негативную сторону, поскольку в моменты спада сопротивления породный массив имеет возможность реа-

лизовывать упругие деформации, которые при достижении критических значений приводят к его разрушению

Уменьшение значений скачков рабочего сопротивления также важно с точки зрения уменьшения разрыва значений между рабочим сопротивлением и несущей способностью, так как позволяет более эффективно использовать крепь.

Таким образом, можно видеть, что конструкция замка является фактором, влияющим на способность оказывать равномерное сопротивление сдвиганиям породного массива.

На основании вышеизложенного можно выделить основные пути изменения конструкции замков для крепей из СВП (в порядке важности):

- конструктивное усиление планки;
- конструктивные меры по уменьшению скачков в процессе реализации податливости крепи: уменьшение базы приложения нагрузки в сечении профиля, увеличение фиксированной базы вдоль узла сопряжения СВП, на которой имеют место замки и пр.;

– увеличение усилия сжатия элементов замка: увеличение диаметра скобы, уменьшение шага резьбы, конструктивное изменение способа сжатия профилей и пр.

Исходя из полученных выводов, были разработаны замковые соединения для арочной податливой металлической крепи типа ЗПКм и ЗШ.000 (рис. 6).

Основной особенностью новых замков является их усиленная конструкция. Это позволяет не только повысить значения рабочего сопротивления крепи, но и увеличить значения нагрузки, при которых будет происходить разрушение непосредственно замка, что особенно важно в тяжелых условиях эксплуатации.

Замок ЗПКм (рис. 6, а) предназначен для применения в составе металлической рамной крепи в горных выработках, прогнозные смещения пород в которых составляют до 300 мм. К ним относятся выемочные и капитальные горные выработки. Замок ЗПКм имеет фигурную планку и

обеспечивает сжатие спецпрофилей крепи только по фланцам без полного контакта по периметру спецпрофиля, фактически уменьшая базу приложения нагрузки (рис. 7). Фигурная планка для замка ЗПКм изготавливается методом горячей гибки, с последующим ее равномерным охлаждением, что способствует снятию остаточных напряжений в местах изгибов. Скоба замка изготавливается из круга увеличенного диаметра с резьбой М27, выполненной методом накатки.



Рис. 6. Усиленные замковые соединения:  
а – ЗПКм; б – ЗШ.000



Рис. 7. Схема установки замков ЗПКм  
в узле податливости

Замок ЗШ.000 (рис. 6, б) предназначен для применения в составе металлической рамной крепи в капитальных горных выработках, прогнозные смещения пород в которых составляют до 150 мм. Планка замка ЗШ.000 изготавливается методом горячей штамповки. Для повышения несущей способности замкового соединения скоба изготавливается из круга увеличенного диаметра с накатной резьбой М27. Форма планки частично повторяет контур спецпрофиля. Это обеспечивает их плотный контакт и, соответственно, способствует плавной характеристике работы крепи при больших нагрузках. Данные замки ориентированы на применение преимущественно в капитальных выработках. При их применении крепь работает в режиме ограниченной податливости. Это позволяет повысить отпор крепи в начале рабочей характеристики и тем самым ограничить распространение зон неупругих деформаций

ций вокруг выработки.

Усиленные замковые ЗПКм и ЗШ.000 соединения рекомендуются к применению как в составе рамной, так и в составе комбинированной рамно-анкерной крепи.

Проведенные в ДонУГИ стендовые испытания [11 – 14], показали, что рабочее сопротивление крепи с новыми типами замков составляет 300 – 440 кН для крепей из СВП-27 и СВП-33. Это до 40 – 80% больше, чем у крепей с замками типа АПЗ.030. В соответствии с действующими нормативными документами [6-8] применение усиленных замков позволяет уменьшить плотность крепи в 1,4 – 2,1 раза. металлоемкость крепи при этом снижается на 203 – 270 кг на погонный метр выработки.

В таблице приведены данные о прямом экономическом эффекте, получаемом при снижении металлоемкости крепи за счет применения усиленных замковых соединений.

*ПРЯМОЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ СНИЖЕНИЯ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ КРЕПИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УСИЛЕНИЯ ЗАМКОВ*

*Таблица*

Базовый шаг установки крепи с замком типа АПЗ.030 (прямая планка), м	Шаг установки крепи с усиленным замковым соединением типа ЗПКм, ДК, ЗШ.000, м	Прямой экономический эффект на 1 п.м выработки (экономия по металлокрепи), грн/п.м
0,5	0,67 – 0,8	540 – 1420
0,5	0,8 – 1,0	920 – 1980
0,8	1,0	235 – 450

Косвенный (неявновыраженный) экономический эффект от применения замков нового типа сводится к следующим основным пунктам:

- уменьшение затрат по доставке материалов (металлокрепь) в проходческие забои;

- увеличение скорости проведения горных выработок за счет увеличения доли машинного времени в рабочих сменах;

- экономия материальных, людских и денежных ресурсов за счет отсутствия необходимости или уменьшения объемов по перекреплению горных выработок;

- обеспечение очистных забоев достаточным количеством воздуха за счет сохранения сечения подготавливающих выработок;

- уменьшение расхода электроэнергии вентиляторов главного проветривания за счет уменьшения депрессии горных выработок;

- обеспечение беспрепятственной доставки оборудования, в том числе и при аварии, за счет сохранения сечения выработок;

- увеличение фондоотдачи горных выработок как объекта основных фондов за счет увеличения срока их службы.

В процессе начала широкого внедрения усиленных замковых соединений специалистами предприятия «Донбасскрепь» совместно с ИТР шахт и объединений разрабатывались программы по снижению металлоемкости крепления горных выработок. На рис. 8 приведены основные данные о программах за 2007 год. Можно видеть, что суммарный экономический эффект от внедрения усиленных замков зависит от общей длины выработок. Экономия металла в абсолютном исчислении по объединению достигает 0,36 – 3,71 млн т или 30 млн гривен.

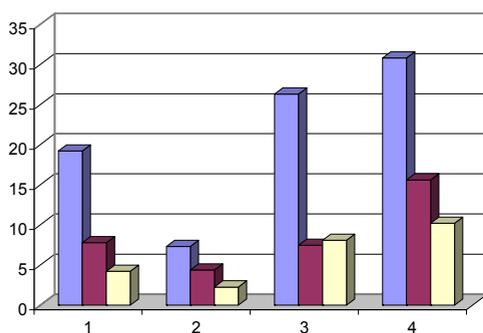


Рис. 8. Диаграмма основных показателей по программам снижения металлоемкости крепи горных выработок за 2007 год: 1 – ГП «Свердловантрацит»; 2 – ГП «Ровенькиантрацит»; 3 – ОАО «Красноармейская-Западная №1»; 4 – ОАО «Краснодон-уголь»; ■ суммарная расчетная длина выработок, км; ■ общая экономия рам крепи, тыс. шт.; ■ суммарный экономический эффект, млн грн

Внедрение усиленных замков нового поколения сопровождалось массовыми инструментальными замерами в горных выработках. Они производились как в зонах влияния очистных работ, так и вне таких зон. Для корректности сравнения состояния выработок замеры проводили как на участках выработок с новыми типами замков, так и на участках выработок с замками предыдущего технического уровня (как правило АПЗ.030). Всего замерами было охвачено 27 выработок.

На рис. 9 для примера приведены результаты шахтных инструментальных наблюдений за смещениями боковых пород в дренажном штреке горизонта 930 м пласта  $h_{10H}$  шахты им. Вахрушева ГП «Ровенькиантрацит». Выработка проводилась по пласту, способ проведения буровзрывной. Вмещающие породы представлены в основном песчаными сланцами прочностью 79 – 100 МПа. В кровле на расстоянии 2,1 – 3,5 м от пласта залегает песчаник мощностью до 6 м и прочностью 151-202 МПа. В почве выработки мощный слой песчаника располагается на расстоянии 9,3 – 11,6 м от угольного пласта. Выработка являлась конвейерной для работающей лавы и охранялась целиком углем размером до 10 м.

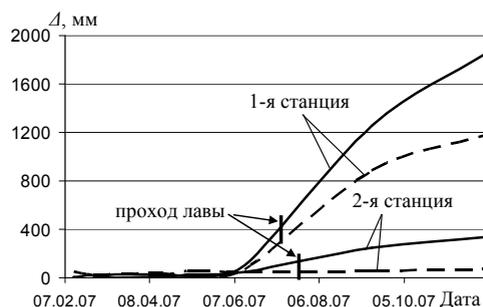


Рис. 9. Конвергенция пород ( $\Delta$ ) на контуре дренажного штрека горизонта 930 м шахты им. Вахрушева на замерных станциях: — горизонтальная; - - - вертикальная

Первая замерная станция была оборудована на отрезке выработки крепью КШПУ-М/15,1 из СВП-27 с замками АПЗ.030, шаг крепи 0,5 м. Вторая замерная станция была оборудована на отрезке выработки крепью КМП-А3/15,5 из СВП-27 с замками ЗПКм, шаг крепи 0,8 м. Предусматривалось анкерование пород кровли с параметрами 5 анкером в сечении между арками крепи по всей длине выработки. Вследствие технологических и организационных проблем оно не было выполнено в районе первой наблюдательной станции.

Таким образом, в районе второй наблюдательной станции имела место комбинированная рамно-анкерная крепь. Несмотря на это снижение металлоемкости по крепи в районе второй станции по отношению к первой составило 208 кг на погонный метр выработки.



Рис. 10. Качественное различие в состоянии выработок, закрепленных крепью с замками типа АПЗ.030 (прямая планка) и усиленными замковыми соединениями ЗШ.000

Из графиков на рис. 9 можно видеть, что смещения на первой замерной станции примерно в 6 – 10 раз больше, чем на вто-

рой. При этом на отдельных отрезках выработки, закрепленных с использованием замков АПЗ.030, потребовалось перекрепление выработки. Проведение перекрепления в районе второй замерной станции к моменту завершения наблюдений не требовалось.

На рис. 10 для примера приведены фотографии, показывающие качественное изменение состояния горных выработок при применении замков нового типа. Можно отметить, что при использовании замков АПЗ.030 имеет место как разрушение самих замков, так и разрушение приконтурного массива за крепью вследствие недостаточного отпора, создаваемого крепью. При использовании замков ЗШ.000 следует отметить отсутствие разрушений как замков, так и приконтурного массива.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, выполненные исследования позволили определить основные направления совершенствования замковых соединений для крепи из спецпрофиля. На их основе осуществлено конструктивное совершенствование замков. Экономически и геомеханически обосновано применение новых усиленных замков, что позволяет получить существенный экономический эффект с одновременным улучшением состояния выработок, который достигает 200 – 1900 грн на погонный метр выработки.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пилюгин В.И. Особенности трещиноватости горных пород вокруг подготовительной выработки в зоне влияния очистных работ / В.И. Пилюгин, В.А. Но-

вицкий, С.В. Таранченко // Разработка месторождений полезных ископаемых. – К.: Техника, 1988. – № 81. – С. 41 – 46.

2. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок / Г.Л. Фисенко. – М.: Недра, 1976. – 214 с.

3. Якоби О. Практика управления горным давлением / О. Якоби. – М.: Недра, 1987. – 568 с.
4. Овчаренко Б.П. Влияние глубины залегания на прочность пород / Б.П. Овчаренко // Разработка угольных пластов на больших глубинах: материалы II Всесоюзной науч.-техн. конф. по разработке угольных пластов на больших глубинах. – М.: Недра, 1965. – С. 162 – 164.
5. Малинин С.И. Геологические основы прогноза поведения пород в горных выработках / М.И. Малинин. – М.: Недра, 1970. – 192 с.
6. РД 12.01.201-98. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. – Донецк: УкрНИМИ, 1998. – 149 с.
7. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок. – СПб: ВНИМИ, 1991. – 125 с.
8. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі виробки на пологіх пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. – К.: Мінуглепром України, 2007. – 116 с.
9. Рамные крепи горных выработок. – Донецк: ДонУГИ, 1992. – 35 с.
10. Оценка работоспособности узлов податливости металлических крепей / [В.Н. Каретников, В.А. Бреднев, Б.В. Циплаков, Б.А. Азимов]. – Новомосковск: Подмосковский научно-исследовательский и проектно-конструкторский ин-т, 1986.
11. Протокол лабораторных испытаний крепи АПЗ сечением 13,8 м<sup>2</sup> с замками ЗПКм. – Донецк: ДонУГИ. – 10.10.2005.
12. Протокол лабораторных испытаний крепи КШПУ-М с замками ЗПКм. – Донецк: ДонУГИ. – 09.09.2005.
13. Протокол лабораторных испытаний податливой крепи А4К сечением 12,8 м<sup>2</sup> с замками ДК. – Донецк: ДонУГИ. – 13.02.2007.
14. Протокол лабораторных испытаний арочной податливой крепи АПЗ сечением 13,8 м<sup>2</sup> с замками ДК. – Донецк: ДонУГИ. – 05.02.2007.

## ОБ АВТОРАХ

Иванов Игорь Евгеньевич – к.т.н., с.н.с., инженер ООО «Донбасскрепь».