

## **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

*А. И. Волошин, О. В. Рябцев, Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН  
Украины, А. А. Фатеев, А. Б. Зудиков ООО НПК «Инноватор», Украина*

Обоснована актуальность применения стабилизаторов амортизационного типа для повышения устойчивости подготовительных выработок, закрепленных металлической податливой крепью. Показаны результаты использования стабилизаторов типа АЗ-22.02.001 в условиях ОП «Шахта «Красный партизан» ООО «ДТЭК Свердловантрацит».

С каждым годом средняя глубина ведения горных работ на угледобывающих шахтах Украины увеличивается. При этом существенно усложняются горно-геологические условия, в которых приходится вести проходческие и добычные работы. Это проявляется в виде увеличения газовыделения, температуры и влажности массива горных пород. С увеличением глубины ведения горных работ усложняются и геомеханические особенности поведения горных пород, прогнозировать которые становится все труднее, так как помимо изменения степени влияния на геомеханику горного массива одних факторов появляются другие факторы, которые необходимо учитывать.

Для выявления закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород во времени в зависимости от комплекса из 36 факторов и условий ведения горных работ был разработан программно-технологический комплекс «Технология стратегического планирования развития горных работ» [1, 2], который убедительно доказал высокую производственно-экономическую эффективность своего применения на шахтах отрасли.

Реализация практических рекомендаций, разработанных на основе полученных при помощи Технологии закономерностей геомеханического состояния горного массива, показала, что одним из самых слабых звеньев в повышении производительности добычных забоев является состояние подготовительных выработок. Особенно четко это проявляется при сплошной или комбинированной системе разработки.

В процессе отработки лавы, из-за низкого рабочего сопротивления податливой крепи, происходит уменьшение поперечного сечения поддерживаемых выработок. Конвергенция боковых пород приводит еще и к искажению транспортной образующей линии конвейеров и, как следствие, уменьшению их производительности, что в конечном итоге выражается в уменьшении объема добытого угля и проведения горных выработок [3]. Уменьшение сечения штреков приводит к необходимости их постоянного перекрепления, что вызывает остановку очистного и транспортного оборудования и негативно сказывается на затратах по поддержанию горных выработок. В этом случае теряется смысл работы высокопроизводительных машин и проходки с той скоростью и производительностью, которая должна соответствовать номинальному режиму работы забоя.

В итоге между фактической и планируемой добычей, наблюдается существенная разница – она снижается из-за образовавшихся факторов конвергенции штреков и деформации крепей, что является одним из главных факторов снижения нагрузки на лаву. Следовательно, даже в пределах основного технологического времени, должно быть выделено время и людские ресурсы, а также определен уровень материальных расходов на поддержание (перекрепление) подготовительных выработок.

Одним из путей решения проблемы увеличения несущей способности крепи является увеличение зажимного усилия в замках податливости, для чего требуется мероприятия по созданию новых элементов силового замыкания замков.

Как известно, наибольшее распространение в узлах податливости рамных крепей в настоящее время получил замок АПЗ.030, который универсален, прост конструктивно и технологичен при производстве. Однако он имеет низкую надежность при эксплуатации [4, 5]. Уси-

лия, возникающие от трения скоб и планок, относительно перемещающихся спецпрофилей и вызывающие перекося скоб, достаточно велики, чтобы растянуть и даже вызвать их разрыв, который происходит на самом нагруженном участке – в резьбовых соединениях в районе планки. Кроме того, при работе крепи в податливом режиме, при возникновении перекося замков, недостаточно жесткая планка изгибается, крепежная скоба вытягивается, происходит резкий сброс сопротивления крепи, что приводит к разрыву крепежных скоб на резьбовых концах, динамическому срыву гаек и разрушению замка. Таким образом, этот замок не только не обеспечивает заданное рабочее сопротивление крепи в податливом режиме, но даже не гарантирует целостность его конструкции (15 – 50% замков разрушаются [6]).

Путь преодоления этих проблем, с одновременной реализацией принципа силового замыкания конструкции, увеличения рабочего сопротивления и стабилизацией положения замка АПЗ.030 в процессе податливости был определен как введение в пространство между фланцем наружного спецпрофиля и планкой специальной скобы-стабилизатора [7], с испытанием его на ПАТ «Шахта им. А. Ф. Засядько». Испытания показали, что основным недостатком такого технического решения является предельно жесткое силовое замыкание системы «планка – скоба-стабилизатор – фланцы спецпрофиля – серединная часть П-образной скобы», что под действием вышеперечисленных факторов приводило к возникновению перекося замков и спецпрофиля, потере податливости крепи, деформации замков.

Для избегания вышеуказанного была выполнена разработка и внедрение технического решения, которое позволило улучшить рабочие характеристики металлической податливой рамной крепи, приблизить ее кинематику в режиме податливости к теоретической, сохранить начальную геометрию всех элементов, спецпрофилей, а также других факторов, вызывающих перекося и деформацию замков и крепи. Основной идеей такого технического решения замка явилось введение в систему «планка – фланцы спецпрофиля – серединная часть скобы» упругого амортизирующего элемента, который с одной стороны выравнивает неравномерность натяжения ветвей скобы, с другой осуществляет силовое замыкание узла податливости, контактируя и заполняя пространство между планкой замка и фланцем внутреннего спецпрофиля с охватом ветвей П-образной скобы.

Такая конструкция, выполняя силовое замыкание элементов замка, не позволяет изменять наклон и перекашиваться под действием сил трения серединной части П-образной скобы, при этом осуществляя упругоподатливый прижим боковин и фланцев наружного и внутреннего спецпрофилей. Основой решения является разработанный и запатентованный усилитель-стабилизатор АЗ-22.02.001 амортизационного типа (ТУ У 29.1-33360135-002:2007) или его варианты в сочетании с различными типами замков узла податливости (рис. 1) [8, 9].

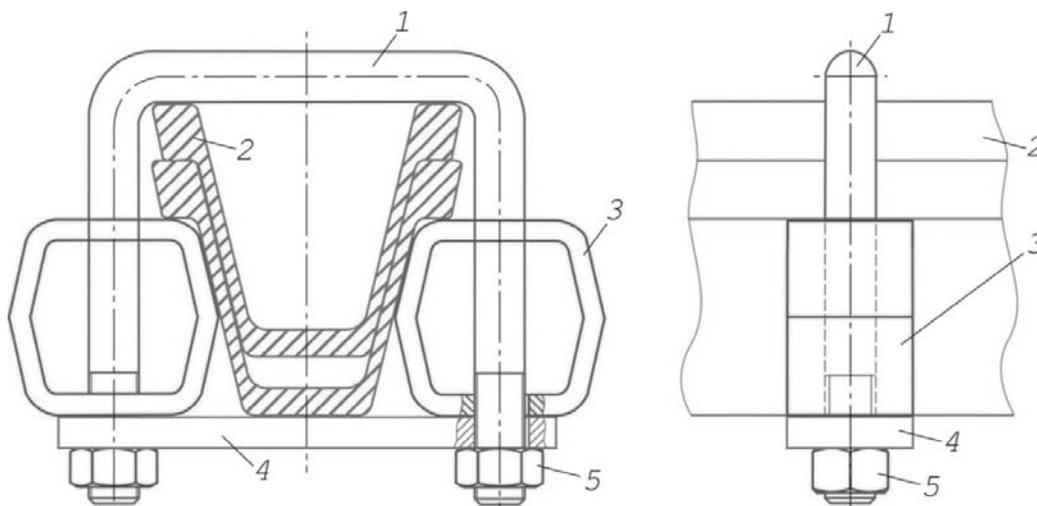


Рис. 1. Замок АПЗ.030 со стабилизаторами АЗ-22.02.001:  
1- П-образная скоба АПЗ.005-06; 2 – профиль крепи; 3 - стабилизатор АЗ-22.02.001; 4 - планка АПЗ.006-06; 5 - гайка М24

Собственно усилитель-стабилизатор представляет собой многогранную призму с отверстиями под скобу замка (поз. 3 на рис. 1). При этом одна из боковин призмы контактирует с боковой поверхностью наружного спецпрофиля, нижнее основание установлено на планку замка, а верхнее основание введено в распор с фланцем спецпрофиля.

При монтаже замка стабилизаторы надеваются на обе ветви П-образной скобы и монтируются между профилем стойки и планкой замка. При затяжке гаек, стабилизаторы упруго деформируются в продольно-поперечном направлении, увеличивая пятно контакта между элементами спецпрофиля, в результате чего увеличивается рабочее сопротивление стойки, с выравниванием усилия затяжки по ветвям замка, предотвращением возможных перекосов и пластической деформации планки замка. Дополнительно следует отметить, что усилители-стабилизаторы, установленные в распор между фланцем спецпрофиля и внутренней плоскостью планки замка, осуществляют силовое замыкание и предотвращают возможное образование угла перекоса между главной осью симметрии замка АПЗ.030 и фланца спецпрофиля.

Результаты многоплановых испытаний стабилизаторов АЗ-22.02.001, которые проводились в лаборатории «Проведения и поддержания горных выработок» ГП «Донецкий Угольный Институт», на шахте «Щегловская-Глубокая» ГП «Шахтоуправление Донбасс», на шахте им. Е. Т. Абакумова ГП «ДУЭК» и шахте «Алмазная» ОАО «Гуковуголь» (Россия) показали [10], что рабочее сопротивление стойки с замками, оснащенными стабилизаторами возросло на 30% по сравнению с обычными, замки работают как в режиме быстро нарастающего, так и в режиме равномерно нарастающего сопротивления, в процессе податливости стойки не обнаруживаются смещения замков в узле податливости относительно друг друга и деформация элементов замка и элементов спецпрофиля, «отстреливание» гаек, характерные для замков АПЗ.030.

Учитывая позитивные результаты как стендовых, так и промышленных испытаний стабилизаторов, было принято решение о проведении апробации их работы в условиях шахт ООО «ДТЭК Свердловантрацит». В качестве выработки-объекта для проведения апробации работы стабилизаторов был выбран конвейерный штрек горизонта 1200 м пласта  $k_5^1$ , который являлся одной из подготовительных выработок при отработке лавы №71-восточная пласта  $k_5^1$  ОП «Шахта «Красный партизан».

Конвейерный штрек горизонта 1200 м пласта  $k_5^1$  закреплен металлической податливой крепью типа КМП-А3/13,8 с шагом 0,8 м, система разработки выемочного столба лавы – столбовая, т. е. выработка пройдена на всю длину выемочного поля. В замковых соединениях использован замок типа АПЗ.030. Выработка пройдена при помощи БВР и породопогрузочной машины 2ПНБ-2Б по пласту с подрывкой пород кровли. При отработке лавы он использовался как транспортная выработка. Глубина расположения штрека от земной поверхности составляет 1215 м.

Геологическая мощность пласта  $k_5^1$  изменяется в пределах от 1,07 до 1,23 м. Вынимаемая мощность пласта  $k_5^1$  в лаве №71 составляла 1,27 – 1,34 м. Угол падения пласта и вмещающих пород составляет 7 – 8°.

Непосредственно над пластом залегает сланец песчано-глинистый мощностью от 8 до 13 м с прочностью на одноосное сжатие 50 – 60 МПа. Непосредственная кровля пласта является малоустойчивой. Основной кровлей пласта является сланец песчаный прочностью на одноосное сжатие 72 МПа и мощностью 7 – 12 м. Основная кровля по классификации УкрНИМИ относится к среднеобрушаемым.

Под разрабатываемым угольным пластом залегает слой сланца глинистого мощностью 0,19 м и прочностью на одноосное сжатие 39 МПа. В непосредственной почве пласта залегает сланец песчаный «кучерявчик» (с прочностью на одноосное сжатие 60 МПа) мощностью 0,6 – 1,0 м. Основная почва пласта сложена песчаником мощностью 18 – 50 м и прочностью на одноосное сжатие 100 – 110 МПа. Породы почвы склонны к интенсивному пучению в зоне влияния очистных работ.

Горно-геологические и горнотехнические условия, в которых эксплуатируется конвейерный штрек горизонта 1200 м пласта  $k_5^1$ , соответствуют наиболее тяжёлым условиям работы рамных металлических крепей типа КМП-А3 на выемочных участках шахт Украины.

Для апробации был выбран так называемый опытный участок выработки длиной около 50 м, а для сопоставления работы замков АПЗ.030, оснащенных стабилизаторами, и замков без стабилизаторов был выбран прилегающий к нему участок выработки такой же длины. Горно-геологические и горнотехнические условия на опытном и контрольном участке конвейерного штрека горизонта 1200 м были практически идентичными и отличались лишь замками на рамной крепи.

На опытном участке конвейерного штрека горизонта 1200 м пласта  $k_5^1$  (ПК 26+2,5 м — ПК 23+10 м) была произведена замена замковых соединений на замки АПЗ.030 со стабилизаторами АЗ-22.02.001. Замена была произведена непосредственно перед входом указанного участка штрека в зону влияния очистных работ, протяженность которой была определена с использованием [2].

Первоначальное состояние породных обнажений на опытном и контрольном участках существенно образом не отличалось. Породы кровли, вне зоны влияния очистных работ, местами контактировавшие с верхняками крепи и уложенной на них деревянной или железобетонной затяжкой, при входе в зону влияния очистных работ, перед очистным забоем, практически полностью заполняли все пустоты над верхняками.

За линией очистного забоя наблюдались поломки железобетонной и деревянной затяжек с образованием в этих местах вывалов пород кровли на мощность от 0,1 до 0,5 м. Частота проявления этого явления была не велика: 2 – 3% от площади кровли на опытном участке и 5 – 8 % на контрольном участке. На контрольном участке вывалы в основном наблюдались в местах наибольших значений уменьшения высоты выработки и в местах, приуроченных к вторичным осадкам основной кровли.

Пучение почвы проявлялось в основном за лавой. Оно носило, как правило, равномерный характер: почва поднималась практически на одну высоту по ширине выработки. Лишь на некоторых участках выработки произошел закол почвы с образованием трещин, ориентированных вдоль оси выработки. Величина поднятия пород почвы составляла 700 – 800 мм.

Проверка правильности установки замков АПЗ.030 со стабилизаторами на опытном участке показала, что при установке были соблюдены требуемые «Руководством по эксплуатации стабилизаторов АЗ-22.02.001» положение и взаимная ориентация замков и стабилизаторов. Стабилизаторы были установлены без перекосов и надежно контактировали с поверхностью спецпрофиля СВП крепи (рис. 2).

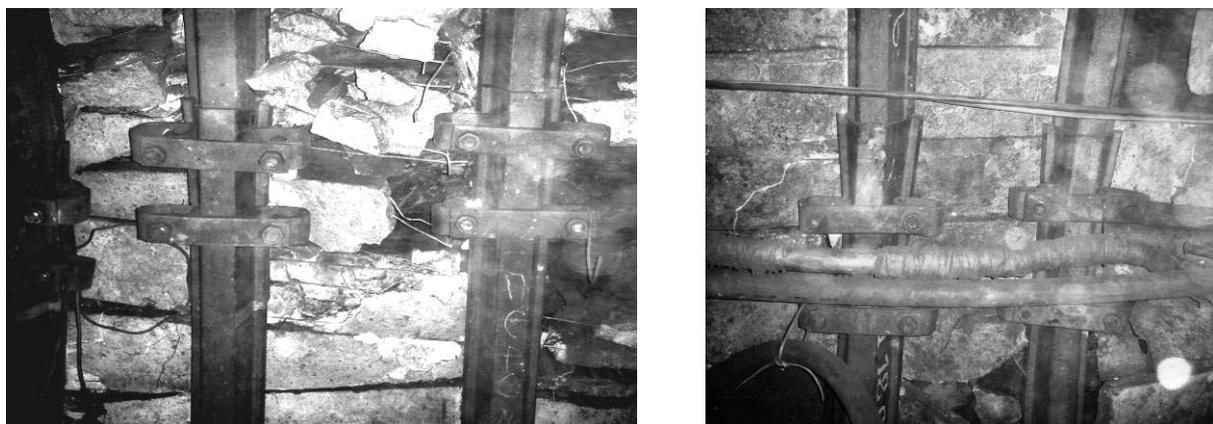


Рис. 2. Положение и взаимная ориентация замков АПЗ.030 и стабилизаторов АЗ 22.02.001 в конвейерном штреке горизонта 1200 м после монтажа

Наблюдения за крепью КМП-А3/13,8, оснащённой замками АПЗ.030 со стабилизаторами производились с момента установки (до входа в зону влияния очистных работ) до момента стабилизации смещений пород и прекращения интенсивных проявлений горного давления за очистным забоем лавы.

На сопряжении с лавой для пропуска става забойного конвейера с трех-четырёх рам снимались стойки крепи, примыкающие к лаве. За лавой стойки восстанавливались. После восстановления стойки, оснащенные стабилизаторами, быстро набирали сопротивление и переходили в режим работы с максимальным рабочим сопротивлением. Наибольшие смещения пород кровли на опытном и контрольном участках были приурочены к местам проявлений вторичных осадок основной кровли.

На рамах опытного участка, где замки со стабилизаторами удалось установить в полном соответствии с «Руководством по эксплуатации стабилизаторов АЗ-22.02.001», т. е. без образования зазоров между верхняками и стойками, пластической деформации замков и элементов крепи, разрывов замков и профиля СВП в верхних частях стоек не наблюдалось (рис. 3).



Рис. 3. Состояние замковых соединений крепи выработки, оснащенных стабилизаторами, после прохода лавы

На контрольном участке наблюдалось значительное уменьшение сечения выработки в свету по сравнению с контрольным участком, начиная с границы участков (рис. 4), а так же деформация и разрушение замков и элементов крепи (рис. 5).



Рис. 4. Граница опытного и контрольного участков в конвейерном штреке горизонта 1200 м

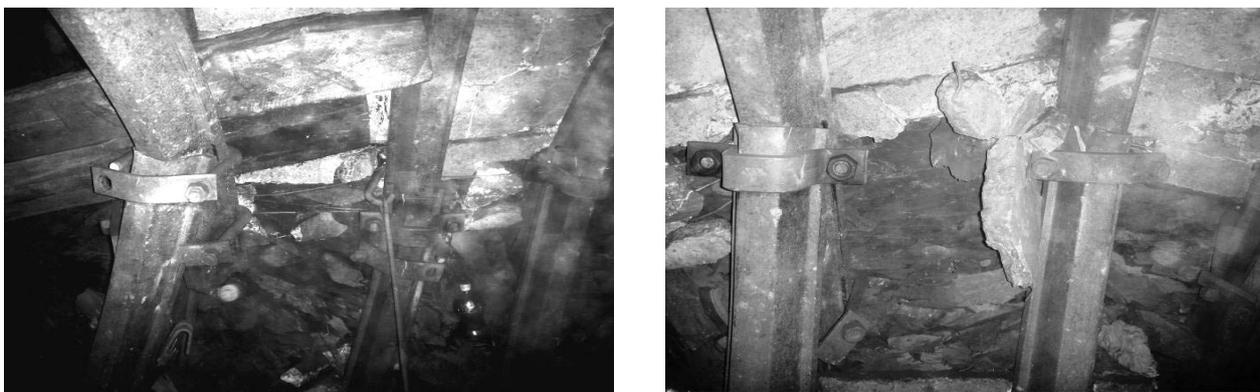


Рис. 5. Состояние замковых соединений крепи конвейерного штрека горизонта 1200 м на контрольном участке после прохода лавы

Таким образом, учитывая позитивные результаты использования стабилизаторов в составе замков АПЗ.030 для комплектования арочных металлических крепей, предназначенных для крепления выработок со сложными горно-геологическими условиями и большими ожидаемыми смещениями пород кровли, на расширенном техническом совещании они были рекомендованы к промышленной эксплуатации на шахтах ООО «ДТЭК Свердловантрацит». На сегодняшний день стабилизаторы успешно применяются в замках АПЗ.030 при креплении горных выработок на ОП «Шахта «Центросоюз», ОП «Шахта им. Я. М. Свердлова», ОП «Шахта «Должанская-Капитальная» и ОП «Шахта «Красный партизан».

На научно-практическом семинаре «Стратегическое планирование горных работ», проходившем в г. Донецк 29 января 2013 года и организованном Государственной службой горного надзора и промышленной безопасности Украины, ГУ «ННИИПБОТ», ИГТМ НАН Украины и ДТЭК, информация о работе рамных податливых крепей, оснащенных замками АПЗ.030 со стабилизаторами амортизационного типа, в тяжелых горно-геологических и горнотехнических условиях была воспринята с огромным интересом со стороны производственной общественности. В настоящее время согласно решению семинара ДТЭК рассматривает целесообразность применения стабилизаторов АЗ-22.02.001 на всех своих шахтах, горные выработки которых крепятся рамной податливой крепью.

**Выводы.** Результаты промышленного применения стабилизаторов АЗ-22.02.001 амортизационного типа, проведенных в конвейерном штреке горизонта 1200 м пласта  $k_5^1$  ОП «Шахта «Красный партизан», с целью выявления целесообразности их применения для улучшения рабочих характеристик замков АПЗ.030 металлической податливой крепи типа КМП-А3 из спецпрофиля СВП-27, позволяют констатировать следующее:

- Стабилизаторы при работе совместно с замками АПЗ.030 в условиях влияния очистных работ обеспечивают эффективную работу узлов сопряжения верхняков и стоек арочной металлической крепи КМП-А3, что выражается в повышении несущей способности и уменьшении взаимного смещения элементов рам до 40%, стабилизации положения замков при сбросе нагрузки и предотвращении пластической деформации замков и крепи.

- Применение стабилизаторов приводит к повышению рабочего сопротивления, несущей способности и эффективности реализации конструктивной податливости крепи, позволяет уменьшить смещения пород кровли и повысить коэффициент повторного использования рамной крепи по сравнению с использованием замков АПЗ.030 без стабилизаторов или замков ЗПКм, что подтверждает выводы технического совещания Минуглепрома Украины (протокол от 24 июля 2008 г.) о целесообразности применения замков АПЗ.030 со стабилизаторами в составе крепей АПЗ, АП5, КМП, КШПУ с площадью сечения свыше  $13,8 \text{ м}^2$  и конструктивной податливостью до 1000 мм, предназначенных для работы в тяжелых горно-геологических условиях, в которых ранее замки АПЗ.030 не применялись.

- Крепь КМП-А3 с замками АПЗ.030 со стабилизаторами обеспечивает повышение безопасности эксплуатации выемочных выработок в зонах влияния очистных работ.

Применение стабилизаторов АЗ-22.02.001 амортизационного типа было оценено позитивно и одобрено широкой научной и производственной общественностью на представительном научно-практическом семинаре «Стратегическое планирование горных работ» [11].

#### Список литературы

1. Методология определения рациональных технологических параметров ведения горных работ / [А. Ф. Булат, А. И. Волошин, О. В. Рябцев, А. В. Савостьянов] // Уголь Украины. – 2010. – № 10. – С. 15 – 18.
2. Технология стратегического планирования развития горных работ / [А. Ф. Булат, А. И. Волошин, О. В. Рябцев, А. И. Коваль] // Уголь. – 2011. – № 2. – С. 22 – 25.
3. Грядущий Б. А. Критерии, определяющие возможности интенсификации отработки месторождений полезных ископаемых / Б. А. Грядущий, Н. А. Алиев, В. Б. Грядущий // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. МакНИИ. – Макеевка - Донбасс, 2004. – С. 106 – 118.
4. Литвинский Г. Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г. Г. Литвинский, Г. И. Гайко, Н. И. Кулдыркаев. – К.: Техніка, 1999. – 87 с.
5. Каретников В. Н. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок / В. Н. Каретников, Б. А. Клейменов, А. Г. Нуждихин. – М.: Недра, 1989 – 54 с.
6. Рамные крепи горных выработок, обзорная информация и справочные материалы. - Донецк: ЦБНТИ, 1992. – С. 3-4.
7. Пат. 56078А Украина, МКИ 7 E21D11/22. Замок узла податливості металевого рамного податливого кріплення з шахтних спецпрофілів: Пат. 56078А Украина, МКИ 7 E21D11/22 Г. Г. Сугаренко, Н. А. Алиев, В. Я. Кириченко (Украина). – E21D11/14; Заявл. 28.10.02; Оpubл. 15.04.03. – 5 с.
8. Пат. 85177 Украина, МПК E21D 11/22. Замок узла податливости металлического рамного податливого крепления из шахтных спецпрофилей: Пат. 85177 Украина, МПК E21D 11/22 П. Н.Алиев, А. А.Фатеев, А. Б.Зудиков (Украина). Заявл. 08.09.05; Оpubл. 12.01.2009. – 8 с.
9. Пат. 2347909 Россия, МПК E21D 11/22. Замок узла податливости металлической рамной податливой крепи из шахтных спецпрофилей: Пат. 2347909 Россия, МПК E21D 11/22 Н. А.Алиев, А. Б.Зудиков, П. Н.Алиев, А. А.Фатеев (Украина). Заявл. 18.08.05; Оpubл. 27.02.09. – 5 с.
10. Концептуальные основы повышения производительности и безопасности подземной разработки месторождений полезных ископаемых / [Н. А. Алиев, В. А. Джангиров, М. И. Щадов, А. Б. Зудиков] // Горный журнал. – 2009. – № 6. – С. 1 – 6.
11. Технология стратегического планирования ведения горных работ / [А.И. Волошин] // Инф. бюл. по охране труда. Матер. науч.-пр. семинара «Стратегическое планирование развития горных работ». – К: ГУ «ННИИПБОТ», 2013. – № 1 (67). – С. 52 – 69.