

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

кафедры разработки месторождений полезных ископаемых

№2 (2016)

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**по материалам республиканской научно-практической
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов**

г. Донецк, 25-26 мая 2016 г.

Донецк
2016

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 2. / редкол.: Н. Н. Касьян [и др.]. – Донецк, 2016. – 313 с.

В сборнике представлены материалы научных разработок студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на Республиканской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 90-летию кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых». Материалы сборника предназначены для научных работников, инженерно-технических работников угольной промышленности, аспирантов и студентов горных специальностей.

Конференция проведена на базе Донецкого национального технического университета (г. Донецк) 25-26 мая 2016 г. Организатор конференции – кафедра разработки месторождений полезных ископаемых горного факультета ДонНТУ.

Редакционная коллегия:

Касьян Н.Н., д. т. н., проф., зав. кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Петренко Ю.А., д. т. н., проф., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Новиков А.О., д. т. н., проф., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Стрельников В. И., к. т. н., проф., профессор кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Соловьёв Г.И., к. т. н., доц., доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых»;

Касьяненко А.Л., ассистент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л. Н., ведущий инженер кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых».

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, 9-й учебный корпус, каф. «Разработка месторождений полезных ископаемых» к. 9.505., тел. (062) 301-09-29, 300-01-46, E-mail: rpm@mine.dgtu.donetsk.ua

УДК 622.281

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ КРЕПИ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Зеленюк В.О., студент (ГОУ ВПО «ДонНТУ», г. Донецк)*

Как показывают результаты обследований состояния подготовительных выработок, проведенных независимыми организациями, среди основных причин потери устойчивости выработок, поддерживаемых вне зон влияния очистных работ, являются: несоответствие параметров применяемых крепей горно-геологическим и техническим условиям поддержания; отсутствие контакта крепи с породным массивом после ее возведения, а также последующие нарушения устанавливающегося в массиве равновесного состояния горными работами.

Анализ технической литературы, посвященной повышению устойчивости выработок, свидетельствует о наличии большого количества разно направленных векторов, характеризующих предлагаемые пути решения этой сложной проблемы. Так, в ряде работ авторы отмечают тот факт, что более благоприятные условия поддержания обеспечиваются в выработках, проводимых комбайнами. Однако, по утверждениям авторов других работ, влияние способа проведения на устойчивость выработки зафиксировано лишь в течение 8-12 месяцев после ее проведения. В то же время, производственный опыт показывает, что область применения большей части парка проходческих комбайнов ограничена прочностью вмещающих выработки пород до 40 МПа.

При использовании буро-взрывной технологии проведения выработок, устойчивость приконтурного массива повышают путем применения контурного взрывания. Этот способ значительно снижает интенсивность трещинообразования во вмещающих породах по сравнению с обычным взрыванием (так, доказано, что при контурном взрывании по песчанику глубина трещинообразования в 7-8 раз, а по сланцу в 3-4 раза меньше). При этом обеспечивается более точное оконтуривание поперечного сечения, уменьшается амплитуда неравномерностей породных обнажений, а следовательно, и концентрация действующих напряжений. В настоящее время совершенствование контурного взрывания идет по пути разработки технологий, предусматривающих выполнение на стенках шпуров профильных надрезов, ориентированных по направлению отбойки.

* *Научный руководитель* – д.т.н., проф. Новиков А.О.

Вместе с тем, широкому применению контурного взрывания в отрасли препятствует то, что существующее бурильное оборудование не позволяет бурить оконтуривающие шпурсы вплотную к проектному контуру, параллельно оси выработки.

К другим направлениям повышения устойчивости металлических арочных крепей в выработках являются многочисленные попытки создать систему «крепь-массив» с учетом вектора преобладающих смещений в породной толще («подогнать» крепь под массив) и времени возникновения плотного контакта между крепью и массивом. Для этого отечественными и зарубежными разработчиками крепей предложено большое количество конструкций, призванных решить эти проблемы.

Так, в ДПИ разработана крепь АПК-4, состоящая из четырех взаимозаменяемых элементов, соединенных тремя замками, которые перемещаются вместе со звеньями при работе крепи в режиме податливости. Конструкция хорошо зарекомендовала себя в условиях интенсивных боковых нагрузок. В Кузбассе разработана и применяется подковообразная арочная трехзвенная крепь, хорошо сопротивляющаяся боковым смещениям и нагрузкам. В ИГД им. А.А. Скочинского предложена крепь МПК-А4, верхний сегмент которой состоит из двух отрезков профиля СВП, соединяемых между собой податливым кулачковым узлом. Наличие податливого узла в своде арки обеспечивает боковую податливость. В Санкт-Петербургском горном институте создана складная металлическая крепь. Каждая рама крепи состоит из двух криволинейных стоек и верхняка, соединяемых специальными замками, выполняющими одновременно функции узлов податливости и шарниров. В зависимости от величины и направления прогнозируемых смещений элементы крепи могут быть соединены по трем различным схемам. Для условий всестороннего горного давления разработаны также конструкции кольцевых податливых крепей Ш1-К4, КПК, КПК-ПЛ. В Германии разработана многозвенная крепь увеличенной податливости, обеспечивающая плотный контакт крепи с боковыми породами. Она состоит из однотипных звеньев, которые в зоне податливости скрепляются соединительными накладками.

Во всех разработанных в последние годы крепях, кроме изменения конфигурации, конструкции и расположения по периметру элементов податливости совершенствовались также и они сами, а также профили, используемые для изготовления крепей.

Рассмотренные выше конструкции рамных крепей в настоящее время имеют весьма ограниченное применение из-за сложности изготовления, наличия конструктивных недоработок, сложности возведения и организационных причин.

Для улучшения условий работы крепи в выработках с длительным сроком службы применяется тампонаж закрепного пространства. Вместе с тем, ряд ученых неоднозначно оценивают влияние жесткости материала создаваемой тампонажной оболочки на работу податливой крепи. Кроме того, для ведения работ необходимо не только специальное оборудование, но и предварительное выполнение работ по герметизации (изоляции) выработки, что делает способ трудо- и материалоемким.

Для тяжелых горно-геологических условий были разработаны комбинированные конструкции крепи, нашедшие в последние годы широкое распространение (объем применения до 5 %): анкер-металлическая, АНТ (арка, набрызг, тампонаж), ШСНГ (штанга, сетка, набрызг, тампонаж) и другие, в которых поддерживающие элементы тем или иным способом связываются для обеспечения совместной работы с приконтурным массивом. Вместе с тем, эти конструкции имеют ряд технологических недоработок, а механизм их работы, с точки зрения геомеханики, до сих пор недостаточно изучен.

Поскольку преобладающим видом крепи в настоящее время остается арочная податливая, то в целом ряде работ для повышения ее устойчивости предлагается применять различные способы усиления крепи, увеличения ее жесткости в направлении преобладающих смещений без существенных конструктивных изменений. Так, например, предлагается использовать напрягающую стяжку на уровне замков податливости, устанавливаемую при помощи винтовых домкратов. Это, по замыслу авторов, создает в верхняке крепи крутящий момент, направленный в противоположную сторону моменту от внешней косо направленной нагрузки.

В ряде работ авторами установлена взаимосвязь между качеством, а также свойствами забутовки закрепного пространства с последующей устойчивостью выработки. В работах авторами предлагается заполнять пустоты за крепью измельченной породой с помощью специальных забутовочных машин, укладывать за крепь тканевые рукава с твердеющими смесями, заполнять закрепное пространство пенопластом. Все выше названные выше способы на шахтах практически не используются, поскольку для их реализации требуется дополнительное оборудование, разместить которое весьма сложно в стесненных условиях проходческого забоя. Кроме того, забутовку закрепного пространства практически невозможно совместить с другими технологическими процессами в забое, что снижает темпы проходческих работ.

В последние 20 лет в ДонНТУ и ДонГТУ были разработаны способы охраны, направленные на сглаживание технических огрехов (устранение переборов пород) в технологии выемки породы при проведении выработок. Они основаны на использовании идеи взрывной забутовки закрепного

пространства путем взрывания зарядов рыхления, одновременно выполняющих функцию локальной разгрузки пород от повышенных напряжений. Из-за необходимости точно соблюдать технологию и параметры работ при общей высокой культуре производства, способы широкого применения на шахтах не нашли.

Большое количество теоретических и экспериментальных работ посвящено использованию в выработках способа инъекционного упрочнения пород, направленного на обеспечение совместной работы крепи и приконтурного массива для улучшения состояния крепи. Опыт применения способа показывает, что инъекция скрепляющих растворов в массив на глубину до 3,0 м под давлением до 3,0 МПа – более эффективное средство влияния на устойчивость крепи, чем тампонаж закрепного пространства. Необходимым условием применения инъекционного упрочнения является наличие вокруг выработки трещиноватой зоны. Для реализации способа необходимо специальное оборудование и большой объем работ по бурению и подготовке инъекционных скважин.

Большим количеством исследователей доказано, что быстрому вводу податливой крепи в работу способствует ее предварительный распор. Для этого при установке крепи она принудительно вдавливается в породное обнажение, при этом за счет смятия и уплотнения пород обеспечивается их лучший контакт с крепью.

С целью снижения напряжений во вмещающих выработку породах, а также сохранения природной прочности пород и вовлечения их в совместную работу с крепью для охраны выработок, в ДонУГИ и ДПИ был предложен ряд способов охраны на основе локальной разгрузки. Это способы скважинной разгрузки и взрыво-щелевой разгрузки. Несмотря на свою простоту и получаемый положительный эффект, способы не нашли на шахтах широкого применения по следующим причинам. Бурение скважин необходимо производить вне зон опорного давления и его невозможно совмещать с процессами проходческого цикла. Кроме того, применение способов на 10-15 % увеличивают смещения пород со стороны кровли, возникают сложности с поддержанием сопряжений «лава-штрек». Способ взрыво-щелевой разгрузки малоэффективен в условиях слабо-метаморфизованных и обводненных пород.

На основе способов локальной разгрузки и укрепления, в КГМИ и ДПИ были разработаны способы охраны АРПУ и взрыво-укрепления. Сущность первого заключается в перераспределении напряжений вокруг выработки путем их разгрузки, с отделением части пород от массива и последующим использованием их в качестве естественного строительного материала для создания в почве выработки грузонесущего обратного сво-

да из укрепленных пород. Разгрузка осуществляется взрыванием в шпурах камуфлетных зарядов ВВ. Затем бурят тампонажные шпуры, в которые нагнетают скрепляющий раствор. Образованная в почве разгруженная зона меняет соотношение высоты и ширины выработки. Она приобретает эллиптическую форму, благодаря чему концентрация напряжений в массиве уменьшается, что увеличивает устойчивость выработки в целом.

Способ взрыво-укрепления предусматривает одновременное выполнение работ по разгрузке породного массива и его укреплению. Сущность его состоит в бурении шпуров в приконтурный массив с размещением ампул со скрепляющим составом и зарядов ВВ. При взрывании происходит рыхление пород по длине шпура, разрушение оболочек ампул и проникновение скрепляющего раствора (пенополиуретана, эпоксидной смолы с отвердителем) в образовавшиеся трещины.

К недостаткам данных способов следует отнести высокую их трудоемкость и материалоемкость, а также необходимость наличия дополнительного оборудования.

В конце 80-х годов прошлого века в ДПИ был разработан способ поддержания выработок «крепь-охрана», который реализует идею совмещения разгрузки вмещающего массива от повышенных напряжений с процессом крепления. Сущность способа состоит в образовании на заданном удалении от контура выработки зоны разрушенных пород, что достигается путем взрывного раскрепления трубчатых анкеров, устанавливаемых по периметру выработки в радиально пробуренных шпурах. Приконтурный целик пород, усиленный анкерами, призван выполнять роль крепи.

Проведенный анализ технических решений, направленных на повышение устойчивости рамного крепления в выработках показывает, что наиболее перспективным направлением является разработка комбинированных способов охраны, позволяющих, с одной стороны, изменять направление преобладающих смещений пород в выработку, обеспечивая паспортные условия работы крепи, а также ее плотный контакт с вмещающим массивом, а с другой стороны – максимально вовлекать приконтурный массив в совместную работу с крепью и использовать при этом природную прочность вмещающих пород. Кроме того, предлагаемые способы должны быть составной частью технологии проведения и крепления выработки.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| <i>Азарков А.В. (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i> Способ продольно-балочного усиления арочной крепи конвейерного штрека на шахте им. М.И. Калинина..... | 5 |
| <i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Об основных требованиях к технологии ведения горных работ на пластах угля, склонных к самовозгоранию..... | 9 |
| <i>Быков В.С., Капуста В.И. (научный руководитель Фомичев В.И.)</i> Методика проведения эксперимента по разработке и внедрению технологической схемы безлюдной выемки угля..... | 12 |
| <i>Васильев Г.М. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Опыт внедрения анкерной крепи на шахте «Добропольская» шахтоуправления «Добропольское» ООО ДТЭК «Добропольеуголь»..... | 16 |
| <i>Вячалов А.В., Белоусов В.А. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Основные требования к информации проектирования угольных шахт.... | 20 |
| <i>Гаврилов Д.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Исследование механизма деформирования породного массива, армированного пространственными анкерными системами..... | 24 |
| <i>Гаврилов Д.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Исследования деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением..... | 27 |
| <i>Гаврилов Д.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Об особенностях деформирования подготовительных выработок на шахте «Степная» ПАО «ДТЭК «Павлоградуголь»..... | 29 |
| <i>Гармаш А.В.</i> Проблемы вентиляции глубоких горизонтов шахт восточного Донбасса на примере филиала «Шахта «Комсомольская» ГУП «Антрацит»..... | 35 |
| <i>Геков А.Ю., Краснов Д.С. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Об оптимальной величине податливости крепи магистрального штрека..... | 43 |
| <i>Геков А.Ю., Краснов Д.С. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> О подготовке выемочных участков при погоризонтной подготовке выбросоопасных пластов..... | 48 |

| | |
|--|-----|
| <i>Гнидаш М.Е. (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i> | |
| Применение продольно-балочной крепи усиления в условиях шахты им. А.А.Скочинского | 55 |
| <i>Голод Е.М. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)</i> | |
| Методика определения метаноносности угольных пластов | 60 |
| <i>Голод Е.М. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)</i> | |
| О деформировании породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением | 70 |
| <i>Гонтаренко О.И. (научный руководитель Подтыкалов А.С.)</i> | |
| Совершенствование технологии ведения монтажно-демонтажных работ в очистных забоях пласта l_3 шахты "Ждановская" | 76 |
| <i>Добронос В.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> | |
| Исследование влияния угла залегания пород и глубины анкерования на устойчивость выработок с анкерным креплением | 86 |
| <i>Добронос В.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> | |
| Исследование особенностей деформирования пород на контуре подготовительных выработок, закрепленных анкерной крепью | 89 |
| <i>Добронос В.И. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> | |
| О деформировании кровли в монтажных печах с анкерным креплением | 91 |
| <i>Должиков П.Н., Рыжикова О.А., Пронский Д.В., Шмырко Е.О.</i> | |
| Исследования консолидации грунтов нарушенного сложения вязкопластичным раствором | 95 |
| <i>Дрох В.В., Марюшенков А.В., (научн. рук. Ворхлик И.Г., Выговская Д.Д.)</i> | |
| Мероприятия по уменьшению величин смещения пород в подготовительных выработках | 101 |
| <i>Зеленюк В.О. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> | |
| Анализ существующих решений, направленных на повышение устойчивости крепи в подготовительных выработках | 108 |
| <i>Зеленюк В.О. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> | |
| Опыт поддержания подготовительных выработок рамными конструкциями крепи и перспективы их развития | 113 |
| <i>Зеленюк В.О. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> | |
| О своевременности применения способов охраны горных выработок | 121 |
| <i>Золотухин Д.Е. (научный руководитель Фомичев В.И.)</i> | |
| Перспективы разработки подземной газификации угля | 127 |

- Зябрев Ю.Г. (научный руководитель Касьян Н.Н.)*
Влияние формы выработки на интенсивность пучения пород почвы 133
- Иванюгин А.А. (научный руководитель Касьяненко)*
Использование шахтного метана на горнодобывающих предприятиях донецкого бассейна в качестве топливно-энергетического ресурса 138
- Иващенко Д.С. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)*
О динамике развития зоны разрушенных пород вокруг горных выработок 144
- Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)*
Особенности охраны подготовительных выработок глубоких шахт породными полосами 150
- Квич А.В. (научный руководитель Касьян Н.Н.)*
Обоснование параметров нового способа закрепления анкера 156
- Козлитин А.А., Лебедева В.В., Непочатых И.Н.*
Цементно-минеральная смесь для возведения несущих околоштрековых полос гидромеханическим способом 160
- Кудрянов С.И. (научный руководитель Касьян Н.Н.)*
Перспективы использования охранных сооружений выемочных выработок, возводимых из рядовой породы 168
- Мошин Д.Н., Гончар М.Ю. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)*
Подходы и методы по выбору рациональной технологии ведения очистных работ 171
- Муляр Р.С. (научный руководитель Соловьев Г.И.)*
Обеспечение устойчивости подготовительных выработок продольно-балочным усилением комплектов основной крепи на шахте «Южнодонецкая №3» 179
- Палейчук Н.Н., Рыжикова О.А., Шмырко Е.О.,*
Об адаптации шахтных крепей к асимметричным нагрузкам со стороны пород кровли 183
- Пождаев С.В., Шмырко Е.О.*
О возможности внедрения бурошнековой технологии при отработке пластов антрацитов в зонах развития русловых размывов 189
- Поповский А.А. (научный руководитель Новиков А.О.)*
Анализ условий отработки пластов на шахтах Донецко-Макеевского района Донбасса с целью обоснования области возможного применения анкерного крепления в подготовительных выработках 198

- Поповский А.А. (научный руководитель Новиков А.О.)*
Обоснование схем размещения анкеров при наличии вокруг выработки зоны разрушенных пород..... 201
- Поповский А.А. (научный руководитель Новиков А.О.)*
Об особенностях деформирования пород в монтажных ходках, поддерживаемых комбинированными крепями 204
- Пометун А.А., Русаков В.О., (научный руководитель Соловьев Г.И.)*
Обеспечение устойчивости конвейерных штреков симметричным расположением замков основной крепи относительно напластования пород 209
- Самоделов В.А. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Совершенствование методики расчета нагрузки на арочную податливую крепь 214
- Резник А.В., Самоделов В.А. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Способы повышения устойчивости выработок, закрепленных арочной податливой крепью..... 216
- Сергеенко М. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)*
Маркетинговое управление горными предприятиями..... 221
- Сибилева Н.А., Адамян К.К., Семенцова Т.С. (научн. рук. Стрельников В.И.)*
Использование компьютерных программ при курсовом проектировании .. 230
- Сивоконь М. А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)*
Перспективы применения технологии безлюдной выемки угля на шахтах Донбасса 234
- Резник А.В., Скачек А.В., (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Исследования влияния угла залегания пород на работоспособность арочной крепи..... 240
- Скачек А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Новый способ поддержания горных выработок..... 245
- Смага И.А. (научный руководитель Дрипан П.С.)*
Изучение мирового опыта, технических особенностей и характеристик анкерных крепей..... 247
- Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Соловьев Г.И.)*
Применение комбинированной крепи усиления в условиях шахты им. Е.Т. Абакумова 258
- Сылка И.В. (научный руководитель Подтыкалов А.С.)*
О подготовке и порядке отработки пластов на новом горизонте 1080 м шахты им. Ленина ПО «Артемуголь»..... 263

| | |
|---|-----|
| <i>Христофоров И.Н. (научный руководитель Шестопалов И.Н.)</i> | |
| Исследования влияния усиления рамной крепи анкерами на процесс формирования вокруг выработки зоны разрушенных пород | 275 |
| <i>Резник А.В., Щедрый А.Г. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> | |
| Обоснование длины разгрузочной щели для улучшения работы узлов арочной крепи | 283 |
| <i>Щедрый А.Г. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> | |
| Сооружение и поддержание горных выработок в зонах влияния геологических нарушений | 288 |
| <i>Юрченко Р.А., Бабак Б.Н. (научный руководитель Соловьев Г.И.)</i> | |
| Обеспечение устойчивости вентиляционных штреков при сплошной системе разработки | 290 |
| <i>Якубовский С.С. (научный руководитель Соловьев Г.И., Касьяненко А.Л.)</i> | |
| Особенности механизма выдавливания прочной почвы конвейерного штрека в условиях шахты им. М.И. Калинина | 297 |

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

Сборник научных трудов кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУВПО «ДонНТУ»

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов

Подписано к печати 24.05.2016 г. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 19,63. Печать лазерная. Заказ № 489. Тираж 300 экз.

Отпечатано в «Цифровой типографии» (ФЛП Артамонов Д.А.)
г. Донецк. Тел.: (050) 886-53-63

Свидетельство о регистрации ДНР серия АА02 № 51150 от 9 февраля 2015 г.