

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

№3 (2017)

(Электронное издание)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

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

г. Донецк, 24-25 мая 2017 г.

Донецк
2017

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 3 / редкол.: Н. Н. Касьян [и др.]. – Донецк, ДонНТУ: 2017. – 305 с.

Представлены материалы научных разработок студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов в рамках проведения третьего международного научного форума ДНР «Инновационные перспективы Донбасса».

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников угольной промышленности, аспирантов и студентов горных специальностей.

Статьи публикуются в авторской редакции, ответственность за научное качество материала возлагается на авторов.

Конференция проведена на базе ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк) 24-25 мая 2017 г.

Организатор конференции – кафедра разработки месторождений полезных ископаемых Горного факультета ГОУВПО «ДонНТУ».

Организационный комитет:

Касьян Николай Николаевич – председатель конференции, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РМПИ;

Новиков Александр Олегович – зам. председателя конференции, д-р техн. наук, профессор кафедры РМПИ;

Касьяненко Андрей Леонидович – секретарь конференции, ассистент кафедры РМПИ.

Члены организационного комитета:

Петренко Юрий Анатольевич д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры РМПИ;

Кольчик Евгений Иванович – д-р техн. наук, профессор профессор кафедры РМПИ;

Шестопалов Иван Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры РМПИ.

УДК 622.831.3+622.28.044

УСТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА И АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО–АНКЕРНЫХ СИСТЕМ

Агарков А.В., студент гр. РПМ-12а, **Муляр Р.С.**, студент гр. РПМ-12а (ГОУ ВПО «ДонНТУ», г. Донецк)*

Установление характера деформирования породного массива, армированного анкерами, в максимально приближенных к реальным условиям работы крепи, при различных схемах пространственного анкерования.

Одним из важных условий безопасной и эффективной работы по поддержанию выработок на шахтах Донбасса является обеспечение их устойчивого состояния при минимальном расходе крепежных материалов.

Металлические арочные податливые крепи, имеющие на сегодняшний день наибольший объем применения, выполнены из тяжелых спецпрофилей. И в усложняющихся горно–геологических и горнотехнических условиях отработки угольных месторождений, как показывает производственный опыт, не обеспечивают необходимой устойчивости и безремонтного поддержания выработок. Их возведение является практически не механизированным трудоемким процессом. Высокая материалоемкость крепей снижает технико-экономические показатели и сдерживает темпы проведения выработок.

За рубежом на угольных шахтах происходит неуклонное увеличение объемов применения анкерного крепления, доля которого уже сегодня составляет: Австралия – 87%, КНР – 83%, США – 52%. Оно позволяет в 5–10 раз уменьшить расход металлопроката, бетона и леса, в 3–5 раз повысить производительность работ при креплении выработок, в 2–3 раза повысить темпы проходки, вдвое сократить затраты на крепление и поддержание крепи в рабочем состоянии в период эксплуатации.

Вместе с тем, объемы применения этого вида крепи на шахтах Донбасса на сегодня не превышают 150 км. Одной из основных причин, препятствующих широкому внедрению анкерной крепи на шахтах является недостаточное понимание ее роли в процессе поддержания выработки, а также отсутствие нормативной базы, позволяющей с учетом конкретной геомеханической ситуации и опыта использования, обосновано принимать параметры крепления. В связи с этим, исследования закономерностей деформирования породного массива, вмещающего выработки с анкерным креплением для обоснования его рациональных параметров, являются актуальной задачей.

* *Научные руководители* – д.т.н., проф. Новиков А.О., к.т.н., доц. Шестопа-лов И.Н.

Задачей данных исследований являлось установление характера деформирования породного массива, армированного анкерами, в максимально приближенных к реальным условиям работы крепи, при различных схемах пространственного анкерования.

Исследования проводились на образцах из цементно–песчаных растворов. Изготавливались кубические образцы 55×55×55 мм, которые моделировали участок породного массива, объемом 1 м³. Моделировались горные породы, прочностью 30, 40 и 50 МПа, залегающие на глубинах 800, 1200 и 1600 м. В моделируемом участке породного массива располагались 4 анкера из стальной проволоки, диаметром 1 мм, по одной из шести схем пространственного анкерования.

Для каждой из схем пространственного армирования массива, различной прочности вмещающих пород и глубины заложения, испытывалось по 3 образца с последующим усреднением полученных результатов (всего 189 образцов).

При испытаниях использовалась схема Беккера. Первоначально в образцах, прочностью 30, 40 и 50 МПа, в массиве создавалось гидростатическое поле напряжений, имитирующее глубину заложения 800, 1200 и 1600 м. Затем, в направлении действия напряжений σ_1 производилась полная разгрузка с поддержанием величин напряжений σ_2 , σ_3 на первоначальном уровне.

В дальнейшем, по специально разработанной программе рассчитывались средняя величина действующих напряжений, средние относительные деформации, величина остаточной прочности образца ($\sigma_{\text{ср}}^{\text{ост}}$), предельные относительные деформации в направлении действия σ_1 при разгрузке (ϵ_1^{p}), предельные относительные объемные деформации $(\Delta V/V)_p$, модули упругости (E) и спада (M).

Для оценки характера разрушения массива горных пород, армированного различными пространственными схемами анкерования, использовался критерий Нодаи–Лоде. Он позволил оценить по величинам μ_{σ} и μ_{ϵ} конечный вид напряженного и деформированного состояния в армированном массиве при обобщенном растяжении.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. При испытаниях образцов пород, армированных пространственными анкерными системами (АПАС) на обобщенное растяжение при объемном напряженном состоянии, установлено, что происходит повышение остаточной прочности на 60%, увеличение полных относительных деформаций при разгрузке в 2,9 раза, увеличение модуля упругости в 1,3 раза, уменьшение модуля спада на 86%, увеличение на 47% полных относительных объемных деформаций при разгрузке до разрушения, по сравнению с образцами, армированными радиально расположенными анкерами.

2. В зависимости от схемы армирования, при разгрузке от первоначаль-

ных напряжений на 49–56%, происходит изменение вида напряженного состояния пород из обобщенного сжатия ($\mu_\sigma = +1$) в обобщенный сдвиг ($\mu_\sigma = 0$). При дальнейшей разгрузке образцов вид напряженного состояния быстро приближается к обобщенному растяжению ($\mu_\sigma = -1$).

3. С увеличением уровня гидростатического давления в образцах АПАС до начала разгрузки, резко снижается степень влияния схем анкерования на изменение величины остаточной прочности пород, в то время как влияние того же показателя на характер изменения модуля спада остается наиболее существенным.

4. При испытаниях пород АПАС установлено, что при разгрузке, под некоторым углом к плоскости обнажения (до 30°) образуются трещины сложного сдвига. Плоскости разрушения направлены под таким углом к максимальному сжимающему напряжению ($\sigma_2 = \sigma_3$), а в некоторых случаях почти параллельны плоскости разгрузки (кровле выработки). Разрушение образцов происходит, как правило, в виде отрыва или в комбинации отрыва со сдвигом. Установлено также, что при разгрузке образцов, существенно (на 95 %) возрастает степень разрушения (относительная объемная деформация) пород.

5. Применение АПАС позволяет улучшить и другие механические характеристики пространственно армированных пород по сравнению с наиболее распространенной радиальной схемой расположения анкеров. Так, прочность на одноосное сжатие и растяжение увеличиваются до 1,3 раза; коэффициент сцепления – в 1,2 раза; угол внутреннего трения – на $2-4^\circ$, остаточную прочность – в 1,4–1,7 раза. Это позволяет сделать вывод о том, что размещение в массиве пространственной совокупности армирующих элементов изменяет ряд параметров, характеризующих его структурно-механические характеристики, создает препятствия разрушению и дает возможность управлять формированием вокруг выработки зоны разрушенных пород.

6. Полученные предварительные данные (на основании аналитических расчетов и экспериментальных исследований) позволяют прогнозировать уменьшение на 20–40% размеров зоны разрушения вокруг подготовительных выработок и величин ожидаемых смещений пород в 2–4 раза.

Библиографический список

1. Новиков, А. О. Развитие научных основ управления устойчивостью выработок с использованием анкерных систем. [Текст] : дис. ... докт. техн. наук: 05.15.02 : защищена 07.07.2011 / Новиков А. О. – Донецк, 2011. – 479 с.

2. Касьян, Н. Н. О перспективах применения анкерной крепи на угольных шахтах Донбасса / Н. Н. Касьян, Ю. А. Петренко, А. О. Новиков // Наукові праці Донецького національного технічного університету : серія «Гірничо-геологічна» : редкол.: Башков Є. О. (голова) та інші. – Донецьк : ДВНЗ «ДОННТУ», 2009. – випуск 10(151). – С. 109–115.

Оглавление

<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Обоснование технологии перекрепления горных выработок с исключением излишнего выпуска породы	4
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Основные направления и перспективы применения анкерных крепей для обеспечения устойчивости выработок глубоких шахт	11
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Общий анализ состояния и технологических схем ремонта горных выработок шахт ГП «ДУЭК»	20
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Об изучении деформирования массива горных пород в подготовительных выработках с применением анкерного крепления	25
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Основные особенности деформирования породного контура подготовительных выработок с анкерным креплением	28
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Обоснование своевременности применения эффективных способов охраны горных выработок	30
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Состояние и перспективы развития применения рамных конструкций для крепления подготовительных выработок угольных шахт	35
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Обоснование области применения анкерной крепи в подготовительных выработках глубоких шахт Донецко-Макеевского района	42
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научные руководители – Новиков А.О., Шестопалов И.Н.)</i>	
Установление характера деформирования породного массива и аспекты применения пространственно-анкерных систем	45
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научные руководители – Новиков А.О., Шестопалов И.Н.)</i>	
Современные технологии ремонта горных выработок глубоких шахт и перспективы развития данного направления	48

<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научные руководители – Новиков А.О., Шестопалов И.Н.)</i>	
Комбинированные геотехнологии как перспективный метод комплексного освоения недр	56
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научные руководители – Новиков А.О., Шестопалов И.Н.)</i>	
Возможность комплексного освоения подземного пространства и использования подземных выработок во вторичных целях	59
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научные руководители – Соловьев Г.И., Касьяненко А.Л., Нефедов В.Е.)</i>	
О полевой подготовке конвейерного штрека в условиях шахты им. Е. Т. Абакумова	62
<i>Агарков А.В., Муляр Р.С. (научный руководитель – Костюк И.С.)</i>	
Роль управления производственными процессами при выборе способа охраны горных выработок угольных шахт	67
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель – Костюк И.С.)</i>	
Изучение и обобщение основных понятий процесса ресурсобеспечения горных предприятий и выявление взаимосвязи между ними.....	73
<i>Белюсов В.А. (научные руководители – Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i>	
Исходная информация к проектированию угольных шахт	81
<i>Гаврилов Д.И. (научный руководитель – Соловьев Г.И.)</i>	
Комбинированный способ охраны конвейерного штрека в условиях ПАО «Шахтоуправление «Покровское».....	85
<i>Гармаш А.В., Шмырко Е.О. (АФГТ ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ им. В. Даля»)</i>	
Эффективные методы экономии электроэнергии на угольных шахтах	95
<i>Геков А.Ю., Краснов Д.С. (научный руководитель – Стрельников В.И.)</i>	
Экономико-математическое моделирование технологии разработки выемочной ступени.....	101
<i>Гнидаш М.Е. (научный руководитель – Соловьев Г.И.)</i>	
О продольно-жестком усилении основной крепи подготовительных выработок глубоких шахт	113
<i>Гончар М.Ю., Мошин Д.Н. (научные руководители – Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)</i>	
Подходы к выбору рациональной технологии ведения очистных работ	119
<i>Донских В.В. (научный руководитель – Касьяненко А.Л.)</i>	
Анализ состава пород почвы горных выработок на шахтах Донецкого бассейна	124

<i>Дрох В.В., Марюшенков А.В. (научные руководители – Ворхлик И.Г., Выговский Д.Д.)</i>	
Меры по уменьшению величин смещения боковых пород в участковых подготовительных выработках	130
<i>Елистратов В.А. (научный руководитель – Гомаль И.И.)</i>	
Опыт использования шахтных вод.....	137
<i>Золотухин Д.Е. (научный руководитель – Гомаль И.И.)</i>	
Способы утилизации шахтного метана	147
<i>Иващенко Д.С. (научные руководители – Соловьев Г.И., Голембиевский П.П., Нефедов В.Е.)</i>	
Особенности охраны подготовительных выработок глубоких шахт породными полосами	160
<i>Капуста В.И. (научные руководители – Костюк И.С., Фомичев В.И.)</i>	
Совершенствование технологии крепления вентиляционной и углеспускной печей при выемке угля щитовыми агрегатами	167
<i>Капуста В.И. (научный руководитель – Фомичев В.И.)</i>	
Локальные способы предотвращения выбросов угля и газа	175
<i>Квич А.В. (научный руководитель – Фомичев В.И.)</i>	
Опыт применения щитовых агрегатов на шахтах центрального района Донбасса ..	180
<i>Лежава Д.И. (научный руководитель – Дрипан П.С.)</i>	
Исследование способа закрепления анкера.....	185
<i>Лиманский А.В. (научный руководитель – Дрипан П.С.)</i>	
Лабораторные испытания ресурсосберегающего способа закрепления анкера	187
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Исследование влияния излишнего выпуска породы при ремонте выработки на ее последующую устойчивость	190
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Повышение устойчивости пород почвы горных выработок глубоких шахт на примере шахты имени В.М. Бажанова ГП «Макеевуголь»	199
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Механизм потери устойчивости горных выработок	202

<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Способы управления состоянием массива горных пород, вмещающих выработки шахт Донбасса.....	207
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Комплекс эффективных мероприятий по повышению устойчивости подготовительных выработок и особенности их деформирования на шахте «Степная» ПАО «ДТЭК «Павлоградуголь»	217
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Контроль и изучение деформационных процессов кровли монтажных камер, закрепленных анкерной крепью	224
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Исследование существующих технологических решений, которые направлены на повышение устойчивости крепи в подготовительных выработках угольных шахт ...	228
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Контроль и изучение деформирования породного контура монтажных ходков, закрепленных комбинированной крепью	234
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Новиков А.О.)</i>	
Определение схемы позиционирования анкеров в зоне неупругих деформаций	239
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научные руководители – Новиков А.О., Шестопалов И.Н.)</i>	
Особенности влияния угла залегания пород и глубины заложения анкеров на устойчивость горных выработок шахт Донбасса.....	242
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научные руководители – Новиков А.О., Шестопалов И.Н.)</i>	
Перспективы внедрения технологий извлечения метана из угольных пластов и его последующее использование.....	245
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научные руководители – Новиков А.О., Шестопалов И.Н.)</i>	
Повышение эффективности альтернативного использования подземного пространства закрываемых шахт центрального района Донбасса, отработывающих крутопадающие пласты.....	248
<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Соловьев Г.И.)</i>	
Особенности поддержания конвейерных штреков при сплошной системе разработки в условиях шахты «Коммунарская».....	250

- Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Костюк И.С.)*
Управление внедрением нового способа охраны горных выработок угольных шахт с помощью методики Swim lane257
- Нескреба Д.А., Поляков П.И. (ГУ «ИФГП» г. Донецк)*
Экспериментальная наработка разрушения слоистой структуры горного массива с использованием эквивалентных материалов264
- Панин Ф.В. (научный руководитель – Соловьев Г.И.)*
Особенности поддержания конвейерных штреков при сплошной системе разработки на шахте им А. А. Скочинского.....266
- Посохов Е.В. («ВТС Ровенькиантрацит» г. Ровеньки, ЛНР)*
Определение и локализация вредных факторов, влияющих на состояние выемочных выработок, охраняемых угольными целиками.....271
- Рыжикова О.А. (АФГТ ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ им. В. Даля»),
Должикова Л.П. (ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»)*
Ликвидация прорыва грунтовой дамбы хвостохранилищ283
- Степаненко Д.Ю. (научный руководитель – Дрипан П.С.)*
Исследование результатов лабораторных исследований способа закрепления анкера методом прессовой посадки287
- Хащеватская Н.В., Шатохин С.В., Вишняков А.В., Ожегова Л.Д., Вишняк Ю.Ю.
(ГУ «ИФГП», г. Донецк)*
Диффузионные процессы водородосодержащих компонентов в угле в условиях импульсного нагружения и высокоскоростной разгрузки.....290
- Шаповал В.А. (научный руководитель – Дрипан П.С.)*
Значение своевременного обнаружения пожара в подземных горных выработках296
- Якубовский С.С. (научный руководитель – Дрипан П.С.)*
Предупреждение самовозгорания угля с помощью применения антипирогенов298

Сборник научных трудов
кафедры разработки месторождений
полезных ископаемых

«Инновационные технологии разработки
месторождений полезных ископаемых»

№ 3 (2017)

(Электронное издание)

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов