

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 622.28.044:622.261.2

## **ОБОСНОВАНИЕ СВОЕВРЕМЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ОХРАНЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

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

*Составлена путем компиляции и структурирования научных исследований, целью которых являлось установление особенностей формирования зон разрушенных пород во времени, вокруг выработок с рамным креплением, для обоснования сроков выполнения дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработок (в том числе – сохранение природной прочности вмещающих пород).*

Ввиду того, что угольная отрасль является одной из ведущих, важнейшая задача в условиях рыночной экономики состоит в повышении эффективности производства и снижении себестоимости продукции. Большим резервом повышения эффективности работы угольных шахт является совершенствование способов крепления и поддержания горных выработок, поскольку в себестоимости одной тонны угля до 45% занимают затраты на поддержание выработок.

Применяемая в большинстве своем металлическая арочная податливая крепь, которой закреплено порядка 90% протяженности поддерживаемых горных выработок не обеспечивает устойчивое состояние выработок на больших глубинах и в сложных горно-геологических условиях. В настоящее время до 25–30 % поддерживаемых выработок ремонтируются с затратами на ремонт до 30,0 тыс. руб./м.

Существенно исправить данное положение возможно путем применения дополнительных мероприятий (например, нагнетание скрепляющих растворов, анкерование и др.), позволяющих управлять напряженно-деформированным состоянием массива и использовать его несущую способность. Помимо этого, опыт применения таких мероприятий (рамно-анкерной крепи, в частности) показывает, что технический эффект существенно зависит от своевременности их реализации. Как показывают проведенные исследования в работе [1], выполнение локальных дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработок после образования зоны разрушенных пород на глубину более половины ширины выработки, технически неэффек-

---

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

тивно. Поскольку на сегодняшний день отсутствуют научно обоснованные рекомендации по определению времени и места установки анкеров относительно проходческого забоя, в этой связи установление особенностей формирования вокруг выработок зоны разрушенных пород во времени является весьма актуальной задачей.

Задача исследований – установление особенностей формирования зон разрушенных пород во времени, вокруг выработок с рамным креплением, для обоснования сроков выполнения дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработок (в том числе – сохранение природной прочности вмещающих пород).

Для решения данной задачи были проанализированы результаты шахтных инструментальных наблюдений по 13 глубинным замерным станциям, выполненных проф. И. Л. Черняком, проф. Ю. З. Заславским и другими. Характеристика горнотехнических условий в местах заложения замерных станций представлена в таблице 1.

Результаты наблюдений обрабатывались в виде графиков смещений глубинных реперов в скважинах, а также графиков изменения относительных деформаций пород на участках между реперами.

Размеры зоны разрушенных пород определялись по величине предельных относительных деформаций вмещающих пород. Породы на участке скважины между глубинными реперами считались разрушенными, если величина относительных деформаций превышала предельное значение. Согласно исследованиям, проведенным в МГГУ под руководством проф. И. Л. Черняка [2] предельные относительные деформации для глинистого сланца составляют  $3 \times 10^{-2}$ , а для песчаного сланца  $2 \times 10^{-2}$ . Предельное значение относительных деформаций ( $\varepsilon_{пр}$ ) определялось по формуле

$$\varepsilon_{пр} = \frac{U_1 - U_2}{b},$$

где  $U_1$  и  $U_2$  – смещения соответствующих реперов, мм;

$b$  – расстояние между соседними реперами, мм.

Анализ графиков показал, что характер смещений пород на всех замерных станциях существенно не отличается.

В качестве примера рассмотрим результаты наблюдений на 9-й замерной станции.

Выработка, площадью сечения в свету  $11,2 \text{ м}^2$ , сооружалась на глубине 860 м комбайновым способом. Вмещающие породы представлены мелко-слоистым песчаным сланцем, мощностью 14 м, с пределом прочности на одноосное сжатие 50 МПа. Крепление ходка осуществлялось податливой крепью АП-3, с плотностью установки – 2 рамы на 1 метр. В скважине, пробуренной в кровле выработки, было установлено 7 реперов. Расстояние от контурного до первого репера и между первым, вторым, третьим и четвертым реперами

составляло 1,0 м, между четвертым и пятым – 3,0 м, а между пятым и шестым – 2,0 м. Графики смещений глубинных реперов во времени и изменения коэффициента разрыхления на участках скважины между реперами представлены на рис. 1 и рис. 2.

Таблица 1 – Характеристика горнотехнических условий в местах заложения замерных станций

№ замерной станции	Название выработки	Наименование вмещающих пород	Средняя прочность пород, МПа	Глубина заложения выработки, м	Сечение выработки в свету, м	Тип крепи	Критерий устойчивости пород, $\gamma H/\sigma_{сж}$ , ед.
1	2-й западный конвейерный штрек пл. $h_8$ шахты «Шахтерская Глубокая»	ПС	50	1050	13,5	КМП-А5	0,525
2	6-й восточный вентиляционный штрек пл. $l_4$ шахты им. Челюскинцев	ПС	46	720	7,0	КМП-А3	0,391
3	Восточный кор. полевой вентиляционный штрек шахты «Бутовская Глубокая»	ПС	38	1006	11,2	КМП-А3	0,662
4	Восточный парн. полевой вентиляционный штрек шахты «Щегловка Глубокая»	ГС	32	780	8,9	КМП-А3	0,609
5	Восточный полевой вентиляционный штрек шахты «Мушкетовская-Заперевальная №2»	ПС и П	51	700	11,2	КМП-А3	0,330
6	Транспортный ходок западного панельного уклона. №2 пл. $m_2$ шахты «Чекист»	ПС	45	780	10,0	КМП-А3	0,433
7	Восточный полевой штрек шахты «Бутовская-Глубокая»	П	71	1006	14,4	КМП-А3	0,354
8	9-й западный конвейерный штрек пл. $m_3$ шахты им. А.Ф. Засядько	ГС	32	950	13,8	КМП-А5	0,742
9	6-й южный бортовой ходок бл. №2 пл. $l_7$ шахты им. Стаханова	ПС	50	860	11,2	КМП-А3	0,430
10	4-й северный. бортовой. ходок пл. $l_3$ шахты им. Стаханова	ПС	50	950	14,4	КМП-А3	0,475
11	5-й откаточный штрек пл. $m_2$ шахты №10 «Чекист»	ПС	35	780	10,0	КМП-А3	0,557
12	5-й северный конвейерный штрек пл. $m_4^0$ шахты «Добропольская»	ГС	36	620	11,2	КМП-А3	0,417
13	5-й северный конвейерный штрек пл. $m_4^0$ шахты «Добропольская»	ГС	36	620	11,2	КМП-А3	0,417

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

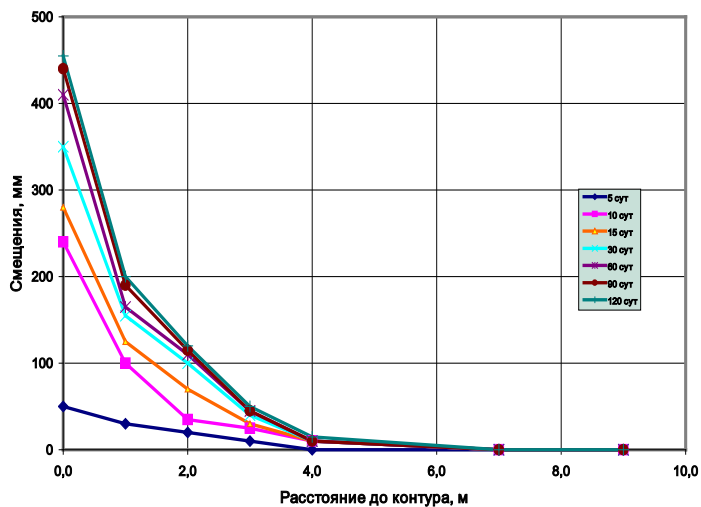


Рис. 1 – Графики смещений глубинных реперов в кровле выработки во времени

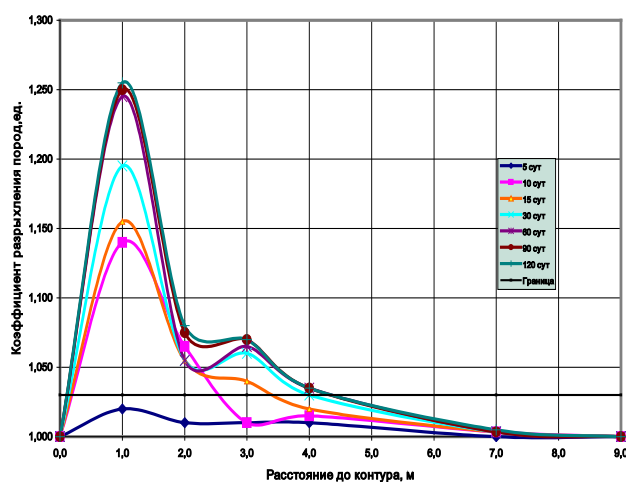


Рис. 2 – Графики изменения коэффициента разрыхления пород между глубинными реперами во времени

Как видно из представленных графиков (рис. 2), зона разрушенных пород в кровле начала образовываться на десятые сутки наблюдений. Ее размер составил 2,5 м (значение коэффициента разрыхления составляет 1,13, а размер зоны неупругих деформаций в кровле – 7 м). К 120 суткам наблюдений размер зоны разрушенных пород в кровле выработки достигает 4,3 м (максимальное значение относительных деформаций 0,26 зафиксировано на участке скважины между контурным и вторым реперами), при этом размер зоны неупругих деформаций в кровле составил 9 м.

Аналогичные результаты были получены и на других замерных станциях. Для анализа результатов наблюдений были построены графики изменения размеров зоны разрушенных пород во времени (рис. 3).

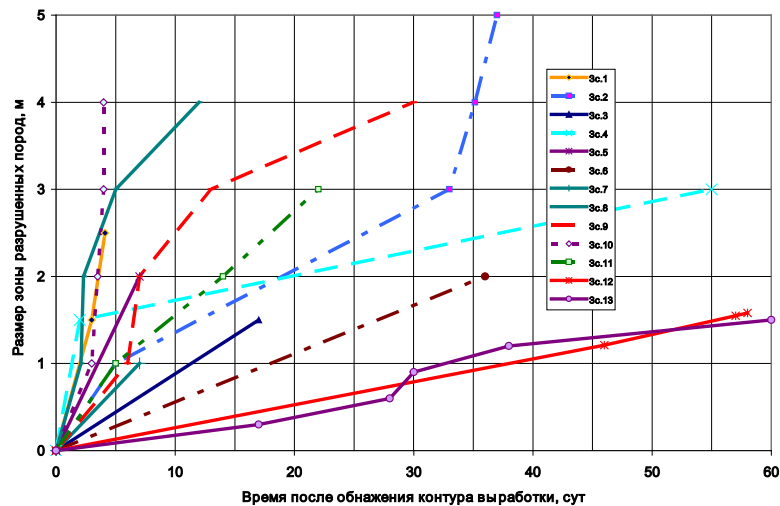


Рис. 3 – Графики изменения размера зоны разрушенных пород во времени на замерных станциях

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. В зависимости от горно–геологических условий зона разрушенных пород вокруг выработок начинает образовываться уже через 2–32 суток после проведения выработки, причем большая интенсивность ее образования характерна для глубины заложения более 900 м.

2. На глубину 2 м зона разрушенных пород образуется через 3–36 суток, что фактически ограничивает предельные сроки применения дополнительных мероприятий по повышению устойчивости выработок, направленных на сохранение природной прочности вмещающих пород.

3. С увеличением значения критерия устойчивости ( $\gamma_H/\sigma_{сж}$ ) с 0,33 до 0,74 средняя скорость образования зоны разрушенных пород возрастает в 3–4 раза, достигая 0,5–0,8 м/сут.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методики прогноза размеров зоны разрушенных пород во времени.

## 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. **Черняк, И. Л.** Повышение устойчивости подготовительных выработок. – М. : Недра, 1993. – 256 с.

## 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>Белоусов 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

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

<i>Муляр Р.С., Агарков А.В. (научный руководитель – Костюк И.С.)</i>	
Управление внедрением нового способа охраны горных выработок угольных шахт с помощью методики Swim lane .....	257
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И. (ГУ «ИФГП» г. Донецк)</i>	
Экспериментальная наработка разрушения слоистой структуры горного массива с использованием эквивалентных материалов .....	264
<i>Панин Ф.В. (научный руководитель – Соловьев Г.И.)</i>	
Особенности поддержания конвейерных штреков при сплошной системе разработки на шахте им А. А. Скочинского.....	266
<i>Посохов Е.В. («ВТС Ровенькиантрацит» г. Ровеньки, ЛНР)</i>	
Определение и локализация вредных факторов, влияющих на состояние выемочных выработок, охраняемых угольными целиками.....	271
<i>Рыжикова О.А. (АФГТ ГОУ ВПО ЛНР «ЛНУ им. В. Даля»), Должикова Л.П. (ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»)</i>	
Ликвидация прорыва грунтовой дамбы хвостохранилищ .....	283
<i>Степаненко Д.Ю. (научный руководитель – Дрипан П.С.)</i>	
Исследование результатов лабораторных исследований способа закрепления анкера методом прессовой посадки .....	287
<i>Хащеватская Н.В., Шатохин С.В., Вишняков А.В., Ожегова Л.Д., Вишняк Ю.Ю. (ГУ «ИФГП», г. Донецк)</i>	
Диффузионные процессы водородосодержащих компонентов в угле в условиях импульсного нагружения и высокоскоростной разгрузки.....	290
<i>Шаповал В.А. (научный руководитель – Дрипан П.С.)</i>	
Значение своевременного обнаружения пожара в подземных горных выработках ....	296
<i>Якубовский С.С. (научный руководитель – Дрипан П.С.)</i>	
Предупреждение самовозгорания угля с помощью применения антипирогенов .....	298

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