

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](mailto:rpm@mine.dgtu.donetsk.ua)

## ОБОСНОВАНИЕ ДЛИНЫ РАЗГРУЗОЧНОЙ ЩЕЛИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ УЗЛОВ АРОЧНОЙ КРЕПИ

Резник А.В., вед. инженер, Щедрый А.Г., студент\*  
(ГОУ ВПО «ДонНТУ», г. Донецк)

Для решения поставленной задачи использовался аналитический метод исследований. При этом было принято допущение, что длина щели должна быть не менее ширины зоны разрушенных пород. Задача решалась с использованием методики изложенной в работе [1].

Рассматривалась протяженная выработка радиусом  $r_b$ , пройденная на глубине  $H$  и поддерживаемая крепью с несущей способностью  $P_0$ , работающей в режиме постоянного сопротивления (рис. 1) [2]. При этом были приняты допущения, что породы вмещающие выработку, однородны и

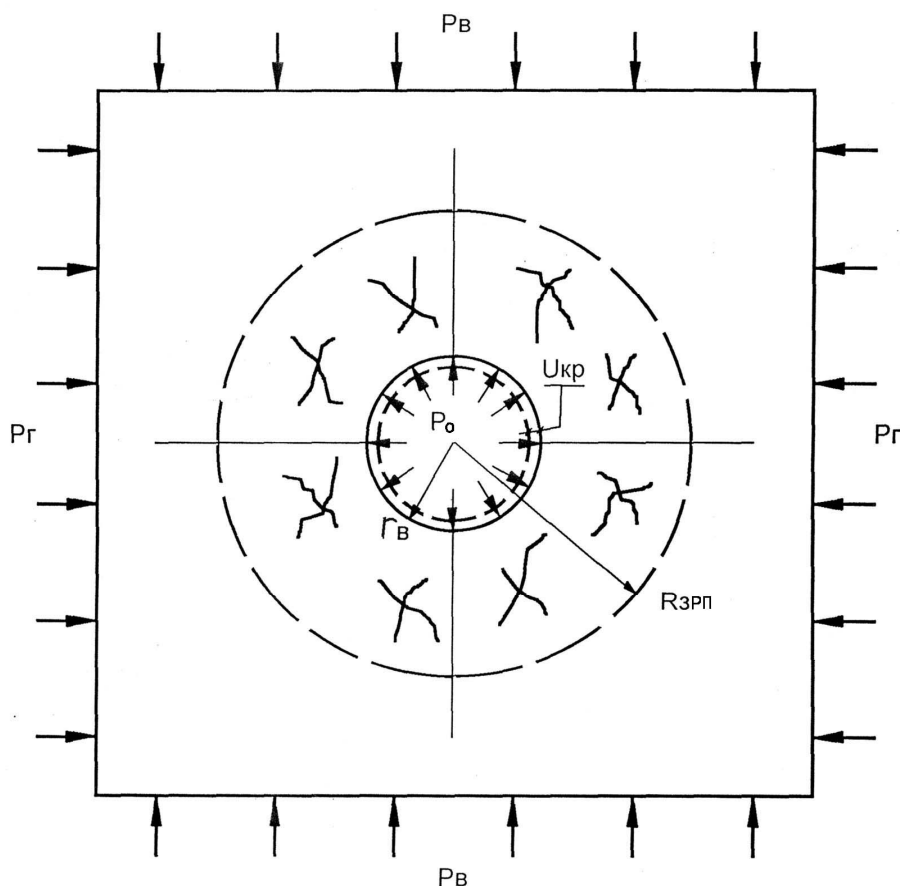


Рис. 1. Схема к определению размеров зоны хрупкого деформирования

\* Научный руководитель – д.т.н., проф. Петренко Ю.А.

изотропные. Возможность замены выработок арочной и другой формы поперечного сечения на круглую для аналитических исследований обоснована в работе К.В. Руппенейта. Возможная погрешность при этом не превышает 4–10%.

При решении задачи принято, что разрушение пород происходит в два этапа. На первом этапе происходит накопление повреждений и расширение микротрещин, а на втором – развитие магистральных трещин, что вызывает разрушение породы. При этом продолжительность первого этапа значительно больше продолжительности второго этапа.

Как было доказано в работе [3], при заглублении выработки на величину, большую её двадцатикратного линейного размера, весомую полуплоскость можно заменить невесомой, у которой на бесконечности приложены напряжения, равные напряжениям в нетронутым массиве на глубине расположения выработки. Таким образом, решалась плоская асимметричная задача.

Распределение напряжений на границе невесомой полуплоскости принято равнокомпонентным и равным  $\gamma H$ , то есть  $P_r = P_b = \gamma H$ . Исследования, выполненные в работах [4,5] свидетельствуют о том, что на глубинах более 600 метров величина коэффициента бокового распора  $\lambda$  стремиться к единице. В работе [6] показано, что при значении коэффициента бокового распора в диапазоне  $0,7 \leq \lambda < 1$ , погрешность в определении напряжений не превышает 15% по сравнению со случаем, когда  $\lambda = 1$ .

Для принятых нами условий, распределение напряжений вокруг круглой выработки определяется по известной формуле:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{\theta} \\ \sigma_r \end{array} \right\} = \gamma H \pm (\gamma H - P) \cdot \frac{r_b^2}{r^2} \quad (1)$$

где  $\sigma_{\theta}$  и  $\sigma_r$  – соответственно тангенциальное и радиальное напряжения;  
 $\gamma$  – объемный вес пород,  $\text{Мн/м}^3$ ;  
 $H$  – глубина расположения выработки, м;  
 $P$  – суммарный отпор крепи и пород в пределах зоны разрушенных пород, МПа;  
 $r_b$  – начальный радиус выработки, м;  
 $r$  – текущий радиус, м.

Известно [7], что механизм образования вокруг выработки зоны разрушенных пород и её движение вглубь массива связаны как с прочностными свойствами пород, так и с действующими в горном массиве напряжениями.

Если напряжения на контуре выработки превысят мгновенную прочность пород, то в ней начинается развитие микротрещин, которые в дальнейшем приведут к разрушению породы.

Для описания хрупкого разрушения горной породы, основываясь на работе Л.М. Качанова [8], введем понятие сплошности горной породы, но при этом учтем пороговое значение напряжений, как это сделано в работе [9]:

$$\frac{d\psi}{dt} = -\alpha \cdot \frac{\sigma - B}{\psi^n}, \quad (2)$$

где  $\psi$  – сплошность горной породы, которая в общем случае характеризует меру развития микротрещин за время  $t$ ;

$\alpha$  – размерный реологический параметр, зависящий от типа, структуры и свойств горной породы,  $1/\text{сут.} \cdot \text{МПа}$ ;

$\sigma$  – действующие в горной породе напряжения, МПа;

$B$  – пороговое значение напряжений, после превышения которых начинают развиваться микротрещины, МПа;

$n$  – показатель трещинообразования, ед.

Рассмотрим изменение сплошности горных пород по направлению действия разрушающего напряжения, за которое принимаем касательные напряжения, согласно теории прочности Мора.

Разность между действующим в породе напряжением и пороговым значением напряжения, т.е. касательное напряжение, вызывающее появление и развитие микротрещин в породах вокруг горной выработки, определим из диаграммы Мора (рис. 2). При этом, под огибающей наибольших кругов напряжений диаграммы Мора будем понимать кривую, которая характеризует мгновенную прочность горных пород при их различном напряженном состоянии.

Разрушающее касательное напряжение можно определить следующим образом (см. рис. 1.3):

$$\tau_p = \tau_d - [\tau], \quad (3)$$

где  $\tau_d$  – действующее в породе касательное напряжение;

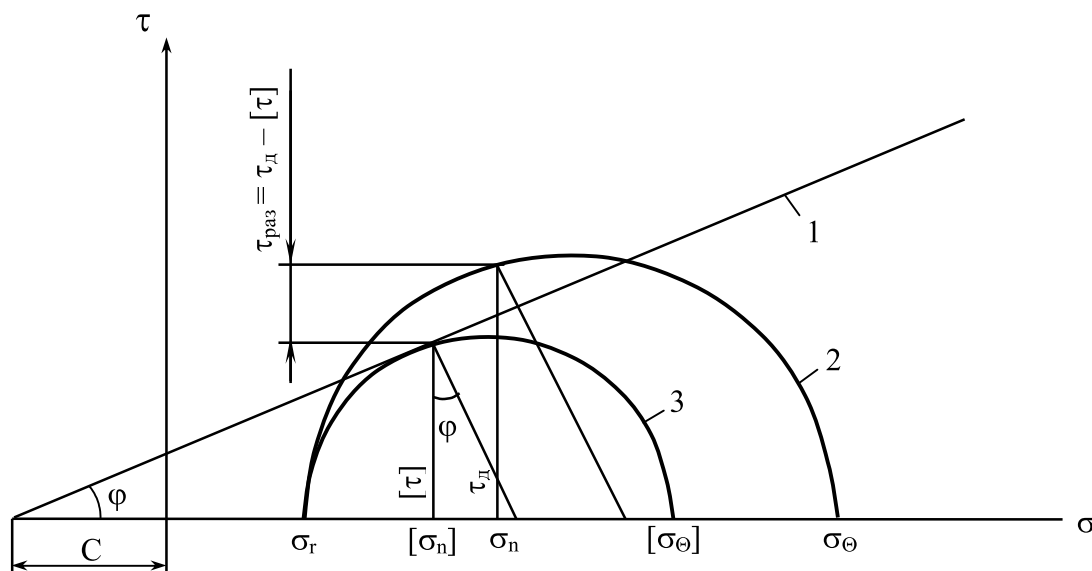
$[\tau]$  – допустимое касательное напряжение.

Действующее в породе касательное напряжение определяется из выражения:

$$\tau_d = \frac{\sigma_\Theta - \sigma_r}{2} \cdot \cos \varphi, \quad (4)$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения, град.

А допустимое касательное напряжение из выражения:



**Рис. 2.** Расчетная схема к определению разрушающего напряжения из диаграммы Мора: 1 – огибающая кругов мгновенной прочности; 2 – круг реально действующих в породе напряжений; 3 – круг наибольших допускаемых напряжений.

$$[\tau] = (C + \sigma_r) \cdot \frac{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}, \quad (5)$$

где  $C$  – удельная сила сцепления породы, МПа.

Подставляя полученные значения  $\tau_d$  и  $[\tau]$  выражение (1.3) получим:

$$\tau_p = \frac{\sigma_\theta - \sigma_r}{2} \cdot \cos \varphi - (C + \sigma_r) \cdot \frac{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}. \quad (6)$$

Учитывая распределение напряжений вокруг горной выработки (1.1), выражение (1.6) примет следующий вид:

$$\tau_p = (\gamma H - P) \cdot \frac{r_g^2}{r^2} \cdot \cos \varphi - \gamma H \cdot \left[ \frac{C}{\gamma H} + 1 - \left( \frac{\gamma H - P}{\gamma H} \right) \cdot \frac{r_g^2}{r^2} \right] \cdot \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}. \quad (7)$$

Подставив полученное выражение разрушающего напряжения в дифференциальное уравнение (1.2) и решив его относительно сплошности

$\varphi$  с учетом начального условия  $\varphi = 1$  при  $t=0$ , получим зависимость для определения размера зоны разрушенных пород, сплошности пород от величины действующих напряжений, прочностных свойств пород и времени действия напряжений:

$$\psi^{n+1} = 1 - \alpha \cdot (n + 1) \cdot \left\{ (\gamma H - P) \cdot \frac{r_b^2}{r^2} \cdot \cos \varphi - \right. \\ \left. - \gamma H \cdot \left[ \frac{C}{\gamma H} + 1 - \left( \frac{\gamma H - P}{\gamma H} \right) \cdot \frac{r_b^2}{r^2} \right] \cdot \frac{\sin \varphi \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi} \right\}^n t \quad (8)$$

Обработка полученных данных позволила получить более удобную зависимость для прогноза размеров ЗРП:

$$\frac{R_{зрп}}{r_0} = 0,763 \cdot e^{1,104 \cdot \frac{\gamma H}{\sigma_0 \cdot K_c}} \quad (9)$$

### Библиографический список

1. Поддержание и проведение выработок глубоких шахт / С.С. Гребенкин, Ю.Ф. Булгаков, Н.Н. Касьян, Ю.А. Петренко, А.В. Агафонов, М.А. Ильяшов, С.Д. Керкез, С.Н. Смоланов, В.Д. Рябичек, В.А. Трофимов, С.Е. Топчий. – Донецк: «Каштан», 2005. – 256 с.
2. Петренко Ю.А., Новиков А.О., Захаренко А.В. Обоснование своевременности применения способов охраны при поэтапном поддержании горных выработок // Известия Донецкого горного института. – 1998. - № 1. – С. 34-38.
3. Динник А.Н., Савин Г.И., Моргаевский А.Б. Распределение напряжений вокруг подземных горных выработок. – В кн.: Труды совещания по управлению горным давлением. – М.: Изд. АН СССР, 1938.
4. Рукин В.В., Руппенейт К.В. Механизм взаимодействия обделки напорных тоннелей с массивом горных пород. – М.: Недра, 1969. – 160 с.
5. Либерман Ю.М. Естественное напряженное состояние массива горных пород. – В сб.: Вопросы прочности подземных сооружений. Труды ВНИИСТ, 1962, вып. 12, с. 15-18.
6. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика горных пород. – М.: Недра, 1975. – 271 с.
7. Черняк И.Л. Повышение устойчивости подготовительных выработок. – М.: Недра, 1993. – 256 с.
8. Качанов Л.М. Основы механики разрушения. – М.: Наука, 1974. – 311 с.
9. Литвинский Г.Г. Кинетика хрупкого разрушения породного массива в окрестности горной выработки // ФТПРПИ. – 1974. - № 5. – С. 15-22.

## 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

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