

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

ГОУ ВПО
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО ЛНР
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
кафедры разработки месторождений полезных ископаемых

№4 (2018)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

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

г. Донецк, 24 мая 2018 г.

ДОНЕЦК
2018

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 4. / редкол.: Н.Н. Касьян [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2018. – 226 с.

Представлены материалы научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых» в рамках проведения IV-го международного научного форума «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» Донецкой Народной Республики. Представленные материалы отражают широкий диапазон научных исследований по актуальным проблемам в области геотехнологии, геомеханики, геоинформатики и экологии при разработке месторождений полезных ископаемых.

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

Организатор конференции – кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых» (РМПИ) Горного факультета ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Соорганизаторы конференции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула, РФ);

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Республика Казахстан);

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» (г. Алчевск, ЛНР).

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, канд. техн. наук, доцент кафедры РМПИ.

Конференция проведена на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк) 24 мая 2018 г.

Члены организационного комитета:

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

Стрельников Вадим Иванович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры РМПИ;

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

Редакционная коллегия:

Касьян Н. Н. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Новиков А. О. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Петренко Ю. А. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Саммаль А. С. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры механики материалов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»;

Хуанган Нурбол – доктор Ph.D., заведующий кафедрой промышленного транспорта Карагандинского государственного технического университета;

Леонов А. А. – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет»;

Стрельников В.И. – канд. техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Касьяненко А. Л. – канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л.Н., ведущий инженер кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

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

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», 9-й учебный корпус, Горный факультет, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», каб. 9.505, тел.: +3(8062)300-2475, 301-0929, E-mail: rpm@mine.donntu.org, WWW: <http://krmpi.gf.donntu.org>

УДК 622.28.044

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ

Николаев И.А., Бабак Б.Н., Касьян Н.Н., Дрипан П.С.*

В настоящее время до 90 % горных выработок поддерживаются металлической арочной податливой крепью, выполненной из тяжелых спецпрофилей. В усложняющихся горно-геологических и горнотехнических условиях отработки угольных месторождений, как показывает опыт, они 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. Анализ проведения ремонтных работ по перекреплению выработок показал, что их стоимость составляет до 70 % от общей стоимости проведения.

Анализ известных разработок и внедрений по креплению и поддержанию выработок в отечественной и зарубежной практике показал, что одним из перспективных направлений является применение анкерной крепи.

На угольных шахтах за рубежом происходит неуклонное увеличение объемов применения анкерного крепления, доля которого сегодня составляет: Австралия – 87 %, КНР – 83 %, США – 52 %. Оно позволяет в 5 – 10 раз уменьшить расход металлопроката, бетона, 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 во время эксплуатации. В условиях шахт Украины объем применения анкерной крепи составляет 1 – 2 % от общего количества. Одной из основных причин, препятствующих широкому внедрению анкерной крепи на шахтах является не достаточное 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.

Существующие способы закрепления анкерной крепи условно можно разделить на три группы. К первой группе относятся способы закрепления, основанные на использовании замков различной конструкции, которые

* Николаев И.А., Бабак Б.Н. – студенты

Касьян Н.Н. – д.т.н., проф. зав. каф. РМПИ (научный руководитель)

Дрипан П.С. – ст. препод. (научный руководитель)

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

распираются в шпуре при вращении анкера. Несущая способность анкера составляет 20 – 60 кН при времени установки анкера 2 – 5 мин.

Ко второй группе относятся способы закрепления предусматривающие использование вяжущих материалов. При этом анкер закрепляется на некотором участке или по всей длине. Усилие закрепления анкера таким способом составляет 50 – 130 кН. Установка анкера производится за 3-5 мин., но включение в работу происходит через более длительный период, связанный с временем схватывания связующего состава.

Такой способ установки, с использованием полимерных смол, получил наибольшее распространение в отечественной и зарубежной практике.

Наряду с высокой технологичностью, реализация данного способа закрепления анкера связана с использованием дорогостоящей смолы, стоимость которой составляет от 20 до 40 % от общих затрат на установку анкера.

Третью группу составляют способы, в которых закрепление анкера производится без связующих составов и механических замков – беззамковые способы закрепления. Закрепление анкера осуществляется за счет энергии взрыва [1], или за счет выпрямления предварительно смятой внутри тонкостенной трубы диаметром 41 мм в шпуре диаметром 30 – 39 мм под действием давления воды 30 МПа [2].

Известен способ закрепления трубчатого тонкостенного анкера с продольным разрезом за счет упругих свойств при введении анкера диаметром 38 мм в шпур диаметром 35 мм. Усилие закрепления составляет от 25 до 50 кН на 1 м. Время установки анкера 2 мин. [2].

Одним из возможных ресурсосберегающих способов установки анкеров является безшпуровая технология разработанная в США.

Способ установки анкерной крепи предусматривающий закрепление анкера без предварительного бурения шпура за счет вдавливания анкера с помощью гидравлической установки в окружающий выработку массив [3]. Сплошной анкерный стержень диаметром 20,6 мм вдавливался в породы прочностью 30 – 40 МПа на глубину 0,5 – 0,8 м. Одной из проблем при реализации данного способа установки анкера является обеспечение заданного направления его установки. К этому можно добавить плохую изученность характера перераспределения сил в зоне установки анкера.

Краткий обзор существующих способов закрепления анкерной крепи показывает, что для их реализации необходимы определенные материальные затраты, связанные с бурением шпуров, специальным изготовлением анкеров, необходимостью применения дорогих связующих материалов, использованием специального оборудования. Поэтому, поиск и разработка ресурсосберегающих способов и средств закрепления анкерной крепи является весьма актуальной задачей. Совершенствование способов закрепления ан-

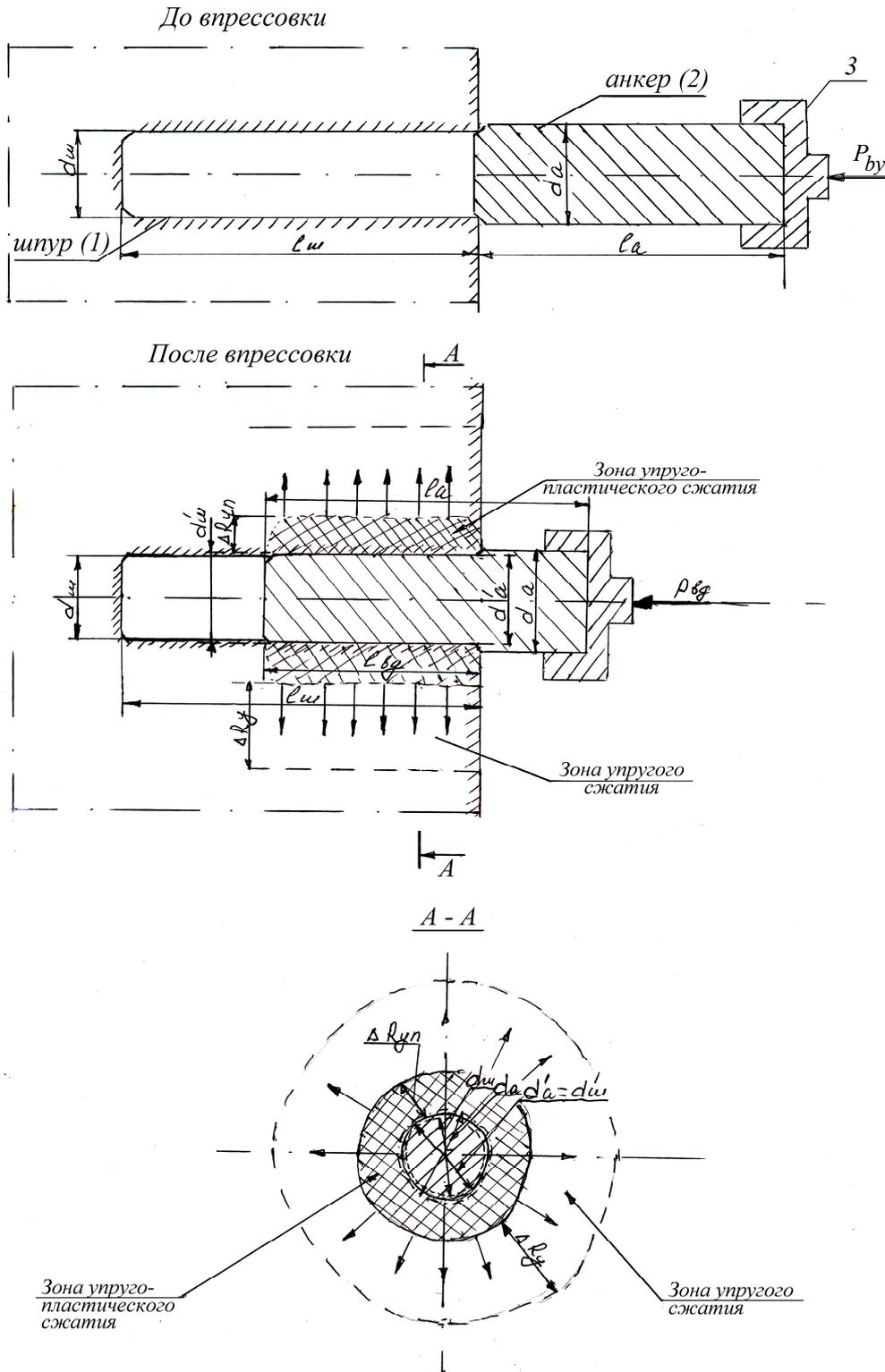
керной крепи, на наш взгляд, необходимо вести в направлении разработки и использования малооперационных и простых способов и средств.

Сотрудниками кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» ДонНТУ разработаны новые безклеевые способы установки анкера [4,5]. В первом способе закрепление сплошного анкерного стержня диаметром d_a большим, чем диаметр шпура $d_{ш}$ осуществляется за счет сил возникающих в породном массиве на контуре шпура.

В предлагаемом способе впрессовка тела анкера в шпур происходит в импульсном режиме, что позволяет существенно уменьшить необходимое для этого давление на торец анкера $P_{вд}$ по сравнению со статическим режимом и сократить время, необходимое для вдавливания анкера на проектную величину. При этом происходит упруго-пластичное деформирование пород по контакту тела анкера и стенок шпура, а также в его окрестности. При этом происходит передача давления на торец анкера $P_{вд}$ в радиальных направлениях, перпендикулярных оси шпура, за счет которого упруго сжимаются породы в окрестности шпура. После впрессовки тела анкера до проектного положения сжимающее давление, создаваемое вдоль продольной оси шпура при его установке, не сохраняется. Однако в плоскости, перпендикулярной оси шпура, за счет сил упругого восстановления сжатых при впрессовке пород и тела анкера образуется давление около 200 МПа на стенки шпура и прилегающий массив, что позволяет за счет увеличения коэффициента бокового распора изменить вид и параметры напряженного состояния укрепляемых пород. При этом многократно возрастает прочность укрепляемых пород, повышается устойчивость укрепляемых пород и выработки в целом.

Схема установки анкера приведена на рис.1.

Реализация способа осуществляется следующим образом. Во вмещающем выработку массиве пробурили шпур 1. Далее на сплошной металлический анкер 2, который имел диаметр больший, чем диаметр шпура, устанавливают опорную плиту 3. После этого вставили свободный конец анкера 2 в шпур 1. Для удобства вдавливания свободный конец анкера 2 имел сужение (фаску). Далее в импульсном режиме при помощи отбойного молотка производили впрессовку анкера 2 в шпур 1. При этом давление на торец анкера 1 находилось в пределах $10\sigma_{пор}^{сж} \leq P_{вд} \leq \sigma_{анк}^{изг}$, диаметры шпура и анкера подбирали таким образом, чтобы соотношение площадей поперечного сечения шпура $S_{штур}$ и анкера $S_{анк}$ находилось в пределах $0,74 \leq S_{штур}/S_{анк} \leq 0,93$, а соотношение модулей деформации анкера $E_{анк}^{деф}$ и породы $E_{пор}^{деф}$ находилось в пределах $100 \leq E_{анк}^{деф}/E_{пор}^{деф} \leq 1000$. Где $\sigma_{пор}^{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, Па; $\sigma_{анк}^{изг}$ – предел прочности анкера на изгиб, Па.



$l_{ш}$ – длина шпура, м; $d_{ш}$ – диаметр шпура, м; $d'_{ш}$ – диаметр шпура после впрессовки, м; l_a – длина анкера, м; d_a – диаметр анкера, м; d'_a – диаметр анкера после впрессовки, м; l_{by} – длина впрессовки анкера, м; P_{by} – усилие впрессовки; $\Delta R_{уп}$ – величина зоны упругоэластического сжатия, м; ΔR_y – величина зоны упругого сжатия, м

Рисунок 1 – Схема установки анкера

В настоящее время проведены аналитические и лабораторные исследования данного способа установки анкера. В ближайшее время планируется проведение шахтных испытаний.

Второй способ закрепления анкерной крепи основан на использовании процессов естественного деформирования стенок шпура. Учитывая тот факт, что зона влияния выработки распространяется на 3 – 4 её радиус [6], шпур длиной 2 – 3 м, пробуренный с контура выработки вглубь массива, попадает в зону действия повышенных напряжений. При этом вокруг шпура также формируется зона повышенных напряжений. В связи с тем, что уровень действующих напряжений в окрестности шпура выше, чем вокруг выработки, можно с уверенностью предположить, что деформационные процессы вокруг шпура будут происходить с опережением деформированных процессов в породном массиве вокруг выработки. На рис. 2 показаны схемы к объяснению механизма закрепления анкера. Реализация разработанного способа закрепления анкера производится в два этапа. На первом этапе (рис. 2, а) в пробуренный шпур 1 вводится анкер 2, который с помощью пластмассовой втулки 3 закрепляется в донной части скважины. После этого устанавливается опорная плита 4 и с помощью гайки 5 производят предварительное натяжение анкера.

На втором этапе (рис. 2, б) за счет деформирования стенок скважины производится закрепление анкера по всей длине, что возможно только в случае, когда конвергенция стенок скважины превышает разность между диаметрами шпура ($d_{ш}$) и анкера (d_a).

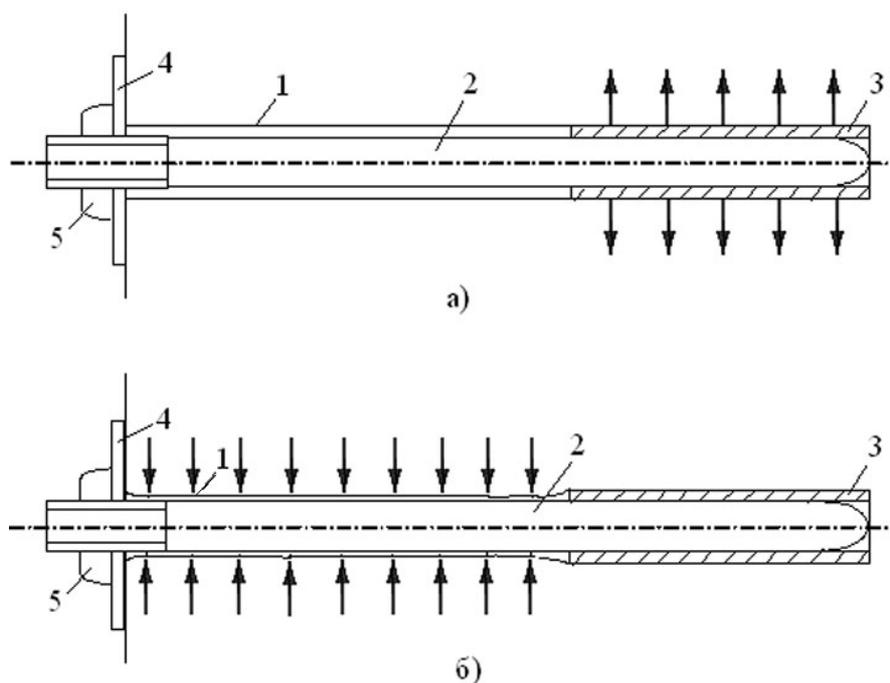


Рисунок 2 – Схема к объяснению механизма закрепления анкера

Для реализации этого способа закрепления анкера необходимо обоснование ряда технических и технологических аспектов. На первом этапе, на основании математического моделирования необходимо установить зоны повышенных напряжений по периметру выработки, в направлении которых возможна реализация предлагаемого способа закрепления анкера. На втором этапе необходимо проведение инструментальных шахтных наблюдений за деформированием контура стенок шпуров, пробуренных в направлении зон повышенных напряжений вокруг выработки. Результаты шахтных измерений позволят обосновать рациональную величину диаметров шпура и анкера. После этого будут проведены шахтные испытания.

Таким образом, предложенные новые способы закрепления анкеров позволяют значительно (в 1,5 – 2 раза) снизить затраты на установку анкерной крепи и увеличить объемы ее применения на шахтах.

Библиографический список

1. **Анкерная крепь** : Справочник / Широков А. П. [и др.] – М: Недра 1990. – 205 с.
2. **Юхимов, Я. И.** Анкерные крепи и средства контроля за состоянием кровли (зарубежная информация) / Я. И. Юхимов, В. Г. Гальперин // Уголь Украины, 1983. – №10. – С.44-46.
3. **Харрелл, М. В.** Новый гидравлический способ установки анкерных болтов / М. В. Харрелл // Mining Congress Journal. – 1971.– №6.
4. **Патент** на корисну модель №55763 Україна. МКИ E21D 20/00. Спосіб встановлення анкера / Касьян М.М., Новіков О.О., Петренко Ю.А., Дрипан П.С., Шестопалов І.М., Гладкий С.Ю., Виговський Д.Д. – Заявл. 04.06.2010 ; опубл. 27.12.2010 ; бюл. № 24. – 6 с.
5. **Патент** Украины по заявке №2000063409 от 12.06.2000 г. Спосіб установки анкера / А.П. Клоев, Н.Н. Касьян, П.С. Дрипан, А.И. Москаленко.
6. **Булычев, Н. С.** Механика подземных сооружений / Н. С. Булычев. – М.: Недра, 1989. – 270 с.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агарков А.В., Симонов А.М., Карнаух Н.В., Мавроди А.В., Захлебин В.В.</i> Поддержание подготовительных выработок в условиях шахты имени Челюскинцев	4
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Касьян Н.Н.)</i> Совершенствование конструкции сооружения из рядовой породы, помещенной в оболочку, с целью улучшения его нагрузочно- деформационной характеристики	12
<i>Вережникова Е.А., Зозуля Я.Д. (научн. рук. Макеев А.Ю., Шестопалов И.Н.)</i> Методика расчета параметров комбинированной рамно-анкерной крепии	19
<i>Воронова И.Н. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Отработка пластов опасных по горным ударам.....	30
<i>Высоцкий С.А., Дрига И.В. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Особые требования при технологии ликвидации вертикального ствола угольной шахты.....	36
<i>Гречко П.А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Изучение проявлений горного давления с помощью лазерных сканирующих систем	40
<i>Гнидаш М.Е., Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Особенности поддержания конвейерных штреков при различных вариантах сплошной системы разработки в условиях шахты «Коммунарская» «ПАО Шахтоуправление «Донбасс».....	45
<i>Елистратов В.А. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Возможные направления использования геотермальной энергии угольных шахт	54
<i>Иванюгин А.А. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Компьютерные технологии рецензирования проекта разработки угольного пласта	59
<i>Иващенко Д.С., Гнидаш М.Е. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Охрана подготовительных выработок глубоких шахт комбинированными опорными конструкциями	68
<i>Кириленко Ю.И. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Исследование состава пород угольных пластов Донецко-Макеевского района Донбасса	79

<i>Корниенко И.М., Сидяченко О.А. (научный руководитель Скаженик В.Б.)</i>	
Компьютерная анимация горных работ на угольных шахтах	87
<i>Кукота М.В. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i>	
Анализ существующих методов борьбы с внезапными выбросами в условиях ОП «Шахта Холодная Балка» ГП «Макеевуголь» и в мировой практике	91
<i>Манухин С.В., Склепович К.З.</i>	
Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород при анкероании почвы подготовительной выработки	99
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И.</i>	
Исследование физико-механических свойств и процессов развития нарушенности в несущих слоях горного массива	105
<i>Николаев И.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Касьян Н.Н., Дрипан П.С.)</i>	
Перспективные направления совершенствования технологии применения анкерной крепи	109
<i>Обедников Д.В. (научный руководитель Литвинский Г.Г.)</i>	
Разработка программы расчета на ЭВМ смещений пород в горных выработках	115
<i>Онокий Э. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i>	
Анализ методик оценки устойчивости пород в горных выработках	123
<i>Павленко Ю.В. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)</i>	
Особенности применения анкерной крепи для поддержания конвейерных штреков в условиях глубоких шахт Донбасса	130
<i>Панин Ф.А., Панин А.А. (научн. рук. Соловьев Г.И., Малышева Н.Н.)</i>	
Особенности применения комбинированных способов поддержания подготовительных выработок глубоких шахт Донбасса	139
<i>Палейчук Н.Н., Санин Д.А. (научный руководитель Рябичев В.Д.)</i>	
Обоснование вида переправы Керченского пролива	153
<i>Палейчук Н.Н., Спичак Ю.Н.</i>	
Экономические аспекты геотехнологии на шахтах Восточного Донбасса	157
<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Горбунов И.Э.</i>	
Выбросоопасность пологих нарушенных угольных пластов Донбасса	163

- Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Гетманец Л.В.*
Комплекс факторов, оказывающих влияние на формирование газодинамической активности угольных пластов, при проведении подготовительных выработок 170
- Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Анализ химических растворов, применяемых при упрочнении пород..... 187
- Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)*
Временная набрызгбетонная крепь основных выработок, сооружаемых буровзрывным способом..... 191
- Сивоконь М.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)*
Определение комплекса социально-экономической информации при проектировании технологической схемы угольной шахты 193
- Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Дрипан П.С.)*
Обоснование и выбор мероприятий по предотвращению газодинамических явлений при проведении участковых пластовых выработок в условиях пласта h_6 ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК» 196
- Терлецкий Ю.Н., (научный руководитель Касьяненко А.Л.)*
О возможности переработки углей Донецкого бассейна в синтетическое жидкое топливо 200
- Холод А.Н. (научный руководитель Новиков А.О.)*
Анализ существующих технологических схем ремонта горных выработок 207
- Чулаков К.П. (научный руководитель Новиков А.О.)*
О повышении устойчивости выработок в условиях НШУ «Яреганефть» ООО «Лукойл-Коми» 216
- Якубовский С.С. (научный руководитель Дрипан П.С.)*
Обоснование и выбор способа охраны магистральных выработок при разработке запасов уклонного поля пласта h_{10}^B ОП «Шахта им. С.М. Кирова» ГП «Макеевуголь» 219

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

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

№ 4 (2018)

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов