

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 622.261.2

МЕХАНИЗМ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

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

На основании теоретических и экспериментальных исследований, касающихся устойчивости упруго-пластических систем, разработан новый подход к изучению механизма потери устойчивости горных выработок.

Одной из важнейших задач горной геомеханики является обеспечение устойчивости выработок. В условиях глубоких шахт изменяется динамика и характер геомеханических процессов, происходящих в породном массиве, вмещающем выработку.

Анализ существующих представлений о механизме проявления горного давления в окрестности поддерживаемых выработок показал, что образование и развитие зон неупругих деформаций (ЗНД) во многом определяет их состояние. В тоже время закономерности процессов, происходящих внутри ЗНД, пока изучены недостаточно.

Существующие на данный момент методы оценки устойчивости выработок и параметров ожидаемого напряженно-деформируемого состояния (НДС) вмещающего массива позволяют рассчитать, как правило, лишь отдельные виды деформаций породных обнажений и применимы в узком диапазоне условий конкретных регионов, в большинстве случаев носят эмпирический характер.

Результаты известных аналитических расчетов имеют значительные расхождения с данными шахтных наблюдений. Одними из главных причин такого противоречия являются механистический перенос основных подходов и соотношений теории сплошных сред на поведение такой сложной среды, как горный массив, а также классических представлений о потере устойчивости упругих систем на упругопластические. Из-за сложностей математического характера в известных решениях, как правило, рассматривается задача о распределении НДС вокруг круглой выработки, внутри которой установлена крепь с равномерным отпором. При выполнении расчетов с реальными значениями параметров, характеризующими физико-механические свойства горных пород, эти решения прогнозируют смещения контура выработок в несколько десятков миллиметров, в то время как, фактически установленные смещения для таких условий на один – два порядка выше. Смещения контура выработок являются

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

следствием весьма сложных геомеханических процессов, происходящих в окружающем породном массиве. Именно это обстоятельство практически вынудило исследователей выстраивать многочисленные деформационные модели (зачастую весьма сложные и тонкие) с введением, вообще говоря, не оправданных допущений [1–3], что привело исключительно к идеализации механизма проявления горного давления, в котором не отражается физическая сущность происходящих геомеханических процессов.

В силу указанных обстоятельств исследования посвященные изучению механизма формирования НДС вмещающего выработки массива, нагрузок на крепи, разработке методов оценки устойчивости и обеспечения длительного эксплуатационного состояния всего комплекса горных выработок на протяжении последних 30–40 лет являются предметом многочисленных дискуссий.

В ряде работ [4–8] предложен новый подход к оценке устойчивости выработок. В них критерий устойчивого и не устойчивого состояния упругой системы Эйлера перенесен в упруго–пластическую область деформирования и сформулирован в бифуркационной форме. Для случая, когда возможен равновесный переход системы из исходного состояния в некоторое другое (бифуркация равновесия) при неизменных внешних силах – ее состояние неустойчиво. Идея такого подхода заключается в том, что если при решении задачи о бифуркации состояния системы выделяются значения внешних параметров, при которых становятся возможными разные, но бесконечно близкие значения внутренних параметров, то в условиях пластичности появляется другая дополнительная возможность определения характерных значений внешних параметров. А именно, при рассмотрении упругопластической задачи в приращениях можно выделить такие значения, которые отвечают неединственности решения системы уравнений для приращений. В противоположность классическим задачам устойчивости движения, характерным для теоретической механики, на первый план выступают не свойства инерционности, а природа связей, в качестве которых выступают определяющие соотношения пластичности, эквивалентные в какой-то мере меняющимся связям с сухим трением. Именно это обстоятельство позволяет отказаться от постулата о непрерывной зависимости параметров, определяющих движение системы в данный момент, от таковых в любой предыдущий конечно удаленный момент. В соответствии с этим появилась возможность определить понятие неустойчивости движения даже более эффективным, чем по Ляпунову способом. Невозмущенное движение, начиная с данного момента, является неустойчивым, если исчезающее малое изменение параметров движения в данный момент времени приводит к конечному их изменению в любом последующем конечном временном интервале.

На основе новых подходов и решений задачи об устойчивости массива горных пород вокруг протяженной одиночной выработки [6–8] было установлено, что по мере развития деформационных процессов в зависимости от величины горного давления и физико-механических свойств пород, вмещающий

массив последовательно проходит дискретный полубесконечный ряд равновесных состояний. При этом, можно выделить такие значения деформаций контура выработки, которые отвечают не единственности решения системы уравнений пластичности, т.е. достигается такое возмущение контура выработки, при котором при неизменных внешних параметрах нагружения происходит переход из сложившегося напряженного состояния массива в некоторое другое, то есть появляется точка бифуркации. Проведенные для различных геомеханических условий расчеты показали, что относительные возмущения контура выработки, при которых наступает потеря устойчивости, составляют 12-18 %, что хорошо коррелирует с данными инструментальных наблюдений за смещениями пород в выработках [9].

В отличие от устоявшихся представлений о процессах формирования и эволюции в процессе своего развития НДС вмещающего выработку массива установлено, что они происходят скачкообразно, последовательно проходя дискретный ряд равновесных состояний, отвечающих определенному соотношению физико-механических свойств вмещающих пород и уровню горного давления.

Установлено, что процесс потери устойчивости выработки инициируется формированием и попеременным вдавливанием двух клиновидных областей вмещающего массива. Визуально этот процесс выглядит, как образование складок.

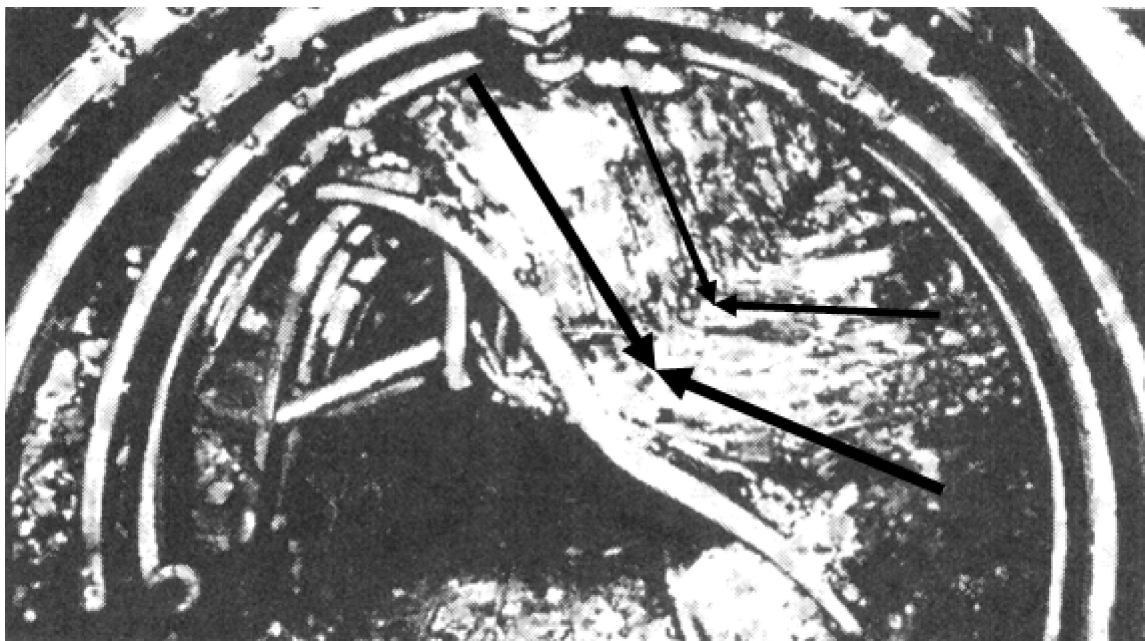


Рис. 1 – Потеря выработкой устойчивости по первой схеме

В зависимости от тяжести горно-геологических и геомеханических условий поддержания выработки деформирование вмещающего массива при

потере устойчивости может проходить по двум внешне близким схемам, требующим, различных инженерных решений. Первая (мягкая) (рис. 1) потеря устойчивости сопровождается формированием «клина вдавливания» с углом раскрытия $140-150^\circ$, внутри которого происходят расслоения пород по нормали к напластованию с сохранением их структуры. В этом случае для сохранения устойчивости выработки необходимо выполнить предварительное укрепление массива, например, путем направленного нагнетания вяжущих или установки анкеров в точно выбранном направлении.

При потере устойчивости по второй схеме (жесткая) (рис. 2) происходит формирование «клина вдавливания» с углом раскрытия близким к прямому, при этом, внутри клина образуется ядро перемятых уплотненных пород с полной потерей структуры, а со стороны противоположной основному направлению деформирования, появляется дополнительное вдавливание, соответствующее предыдущей стадии деформирования. В этом случае для сохранения устойчивости выработки, простого механического воздействия недостаточно.



Рис. 2 – Потеря выработкой устойчивости по второй схеме

Подводя итог, можно сделать вывод о необходимости мероприятий по управлению напряженно–деформированным состоянием массива, например, локальная разгрузка, либо изменение его физико–механических свойств.

Библиографический список

1. **Ставрогин, А. Н., Протосеня, А. Г.** Пластичность горных пород. – М.: Недра, 1979. – 301 с.
2. **Протосеня, А. Г., Ставрогин, А. Н., Черников, А. К., Тарасов, В. Г.** К определяющим уравнениям состояния при деформировании горных пород в запредельной области // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1981. – №3. – С. 33–43.
3. **Протосеня, А. Г., Ставрогин, А. Н., Черников, А. К., Тарасов, В. Г.** Запредельное состояние горных пород и его связь с задачами неоднородной теории пластичности // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1979. – №6. – С. 3–9.
4. **Driban, V.** New approach to assessment of mine working stability [Text] / V. Driban // 7-th International Scientific Conference Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection SGEM - Albena, (Bulgaria). – 2007. – P. 251 – 259.
5. **Driban, V.** On the of mine working stability [Text] / V. Driban // Форум гірників – 2007 - Дніпропетровськ, (Україна). – 2007. – с. 35 – 41.
6. **Driban, V.** On the new approach to the problem of maintenance mine workings [Text] / V. Driban // 21th World Mining Congress “New Challenges and Visions for Minings” – Krakow (Poland). – 2008. – P. 65 – 72.
7. **Дрибан, В. А.** Об одном подходе к оценке устойчивости массива горных пород вокруг выработок / Зб. наук. пр. УкрНДМІ НАНУ. – Донецьк, 2010. - № 7 – С. 211–223.
8. **Дрибан, В. А.** Об одном пути потери устойчивости горной выработки выработок / Зб. наук. пр. УкрНДМІ НАНУ. – Донецьк, 2011. – №9 частина I. - С. 309–335.
9. **Дрибан, В. А.** Определение критерия устойчивости выработок / Дрибан В. А., Южанин И. А., Терлецкий А. М. / Зб. наук. пр. УкрНДМІ НАНУ. – Донецьк, 2010. – №7 – С. 190–198.

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