

ВІСНИК

Кременчуцького національного університету

імені Михайла Остроградського

Випуск 2/2012 (73)

- Електромеханічні системи та автоматизація. Електричні машини і апарати. Енергетика
- Новітні матеріали і нанотехнології
- Енерго- та ресурсозберігаючі технології
- Інформаційні системи і технології. Математичне моделювання
- Сучасні технології в машинобудуванні, транспорті та гірництві
- Екологічна безпека
- Землепорядкування та кадастр. Будівництво
- Економіка і управління підприємствами, галузями, національним господарством
- Менеджмент, маркетинг та управління персоналом
- Бухгалтерський облік, фінанси та грошовий обіг
- Природничі науки
- Гуманітарні науки

Головний редактор

М. В. Загірняк, член-кор. Національної академії педагогічних наук України, д.т.н., проф.

Заступник головного редактора

А. В. Луговой, к.т.н., проф.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Андрусенко О. М., д.т.н., проф.;
Артамонов В. В., д.т.н., проф.;
Бахарев В. С., к.т.н., доц.;
Воробйов В. В., д.т.н., проф.;
Гаврилюк Ю. М., к.т.н., доц.;
Гученко М. І., д.т.н., проф.;
Дідур С. В., д.е.н., проф.;
Дивак М. П., д.т.н., проф.;
Драгобецький В. В., д.т.н., проф.;
Єлізаров О. І., д.ф.-м.н., проф.;
Жорняк М. С., к.т.н., доц.;
Жуков І. А., д.т.н., проф.;
Капустян Г. Т., д.і.н., проф.;

Касич А. О., д.е.н., проф.;
Комір В. М., д.т.н., проф.;
Коренькова Т. В., к.т.н., доц.;
Кратт О. А., д.е.н., проф.;
Ляшенко В. П., д.т.н., доц.;
Мартинов В. Л., к.т.н., доц.;
Маслак В. І., к.і.н., доц.;
Маслак О. І., д.е.н., проф.;
Маслов О. Г., д.т.н., проф.;
Мороз М. М., к.т.н., доц.;
Мосьпан В. О., к.т.н., доц.;
Некрасов А. В., к.т.н., доц.;
Одінцов М. М., д.е.н., проф.;

Оксанич А. П., д.т.н., проф.;
Перерва П. Г., д.е.н., проф.;
Петренко В. Р., д.т.н., проф.;
Пилипенко А. А., д.е.н., проф.;
Родькін Д. Й., д.т.н., проф.;
Саленко О. Ф., д.т.н., проф.;
Сінчук О. М., д.т.н. проф.;
Сокур М. І., д.т.н., проф.;
Солтус А. П., д.т.н., проф.;
Хоменко М. М., д.е.н., проф.;
Чебенко В. М., д.т.н., проф.;
Чорний О. П., д.т.н., проф.;
Шмандій В. М., д.т.н., проф.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА

Віктор Алферов, д.м.н., проф. (Росія);
Ернест Єфремов, член-кор. Національної академії наук України, д.т.н., проф.;
Олександр Кириленко, академік Національної академії наук України, д.т.н., проф.;
Олександр Павленко, д.т.н., проф. (Росія);
Janusz Ślodec, проф. (Польща);
Bojan Štumberger, проф. (Словенія);

Damijan Miljavec, проф. (Словенія);
Jimmie Cathey, проф. (США);
Johanes Zentner, проф. (Німеччина);
Krzysztof Klyuschyński, проф. (Польща);
Lubomír Paná, к.політ.н., доц. (Чехія);
Ren Enen, проф. (Китай).

Відповідальний секретар – В. В. Никифоров, д.б.н., проф.

Науково-технічний редактор – Т. Ф. Козловська, к.х.н., доц.

Заступник відповідального секретаря – Т. Ю. Заблоцька

Відповідно до постанови Президії Вищої атестаційної комісії України від 27.05.2009 року № 1–05/3 журнал внесений до Переліку фахових видань, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук. Статті журналу індексуються в реферативному журналі та базі даних ВІНТІ (Російська академія наук), у світовій довідковій системі «ULRICH PERIODICALS DIRECTORY», а також у загальнодержавній базі даних «УКРАЇНКА НАУКОВА» (реферативний журнал «ДЖЕРЕЛО»).

Друкується за рішенням Вченої ради Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (протокол № 7 від 24.04.2012 р.). Свідоцтво про державну реєстрацію друкованих засобів масової інформації серії КВ № 18771–7571 ПР від 30.01.2012 р.

Журнал публікує після рецензування та редагування статті, які містять результати досліджень з питань розвитку науки, освіти і виробництва, впровадження нових результатів фундаментальних і прикладних досліджень у галузі технічних, природничих, економічних і гуманітарних наук.

Науковий журнал видається з 1996 року.

© Науково-дослідна частина, 2012 р.

ISSN 1995–0519

ISSN 2072–8263

Адреса редакції: вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук Полтавської обл., Україна, 39600. Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, НДЧ кімн. 3210, т. +3805366 36217;
 E-mail: visnik@kdu.edu.ua Web sites: www.kdu.edu.ua, www.nbu.gov.ua

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВЗРЫВНОЙ ШТАМПОВКИ. II. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ <i>Р. В. Елисеев</i>	74
ВЛИЯНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ОБОЛОЧКИ НА СКОРОСТЬ ДЕТОНАЦИИ ЗАРЯДА И ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ <i>С. А. Калякин, Е. В. Терентьева</i>	79
ОПТИМИЗАЦИЯ СПОСОБОВ ЗАРЯЖАНИЯ И ИНИЦИИРОВАНИЯ ШТУРОВЫХ ЗАРЯДОВ ПАТРОНИРОВАННЫХ ЭВВ МАРКИ «ЕРА» ПРИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТАХ В УГЛЕПОРОДНЫХ МАССИВАХ <i>А. Л. Кириченко, Е. Б. Устименко, Л. Н. Шиман, Л. И. Подкаменная, В. В. Политов</i>	84
СТВОРЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЩОДО ВІДОБРАЖЕННЯ ЗМІН ЩІЛЬНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ НА СВІТЛОФОРАХ <i>О. Ф. Кір'янов, Р. П. Бублик</i>	88
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДОБУВАННЯ І ПІДГОТОВКИ ГАЗУ З ВИСНАЖЕНИХ РОДОВИЩ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОГІДРАТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ <i>В. В. Клименко, М. Л. Зоценко, О. В. Бандуріна, Л. О. Педченко</i>	92
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЯГОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ ДИЗЕЛЬ-ПОТЯГА <i>Д. О. Кулагін</i>	96
АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ СТАБІЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ <i>К. О. Латішев</i>	100
БУРЕНИЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ШАХТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ <i>В. В. Левит, А. А. Горелкин</i>	104
ФЕНОМЕНОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПРУЖНОГО СТАНУ ШАРУ СУМІШІ МЕТАЛЕВОГО ПОРОШКУ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ФОРМУВАННІ <i>Д. В. Савелов, Г. П. Хабло, О. Ф. Іткін</i>	111
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В СМЕСИТЕЛЯХ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ <i>Ю. С. Саленко</i>	116
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ ПРИ ОТХОДЕ ЛАВЫ ОТ МОНТАЖНОЙ КАМЕРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШАГА ПОСАДКИ ОСНОВНОЙ КРОВЛИ В УСЛОВИЯХ ПСП «ШАХТА СТЕПНАЯ» ПАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ» <i>Е. А. Сдвижкова, К. В. Кравченко, А. В. Мартовицкий</i>	121
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ ВЗРЫВОМ <i>О. В. Хоменчук, С. В. Борщевский, В. В. Глебка</i>	127
СОПОСТАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ШТАМПОВКЕ ПРОДОЛЬНОГО РИФТА ФОРМОВКОЙ И ГИБКОЙ <i>С. В. Шлык, В. В. Драгобецкий, Д. В. Мосьпан</i>	131
ВІДНОВЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДИНАМІЧНИМИ СИЛАМИ ПРИ ОБРОБЦІ В КЛІЩЕВІЙ ВАННІ В УМОВАХ ВЕЛИКИХ РОБОЧИХ ЗАЗОРІВ <i>В. М. Гейчук, В. С. Майборода В. С., І. В. Ткачук</i>	135
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ЯК СКЛАДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ <i>С. І. Азаров, Ю. В. Литвинов, В. Л. Сидоренко</i>	142
ВПЛИВ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ НАНОСТРУКТУРОВАНОГО АДСОРБЕНТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ <i>Л. А. Безденежних, Т. Г. Нечипоренко-Шабуніна, В. М. Шмандій, М. І. Сокур, О. В. Харламова</i>	147
БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УМОВАХ ЗМІН ПРОМИСЛОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ РЕГІОНУ <i>В. В. Бойко, Л. Д. Пляцук, Л. Г. Філатов, І. О. Трунова</i>	150

УДК 622.272

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ ПРИ ОТХОДЕ ЛАВЫ ОТ МОНТАЖНОЙ КАМЕРЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШАГА ПОСАДКИ ОСНОВНОЙ КРОВЛИ В УСЛОВИЯХ ПСП «ШАХТА СТЕПНАЯ» ПАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

Е. А. Сдвижкова, К. В. Кравченко

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»,

пр. К. Маркса, 19, г. Днепропетровск, 49005, Украина. E-mail: sdvzhkova@front.ru, kravchenko_k_v@i.ua

А. В. Мартовицкий

ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»

ул. Ленина, 76, г. Павлоград, 51400, Украина. E-mail: info@dtek.com

Выполнен численный анализ изменений напряженно-деформированного состояния породного массива при последовательном продвижении забоя угольной лавы от монтажной камеры. Методом конечных элементов моделировались различные стадии развития очистных работ с учетом формирования зон разрушения в породной среде на основе обобщенного критерия Хоека-Брауна. Определен критический размер выработанного пространства, при котором происходит посадка основной кровли. Представлены данные визуальных и инструментальных наблюдений за состоянием пород при отходе лавы от монтажной камеры.

Ключевые слова: горное давление, зона неупругих деформаций, лава.

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕХАНИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВУГЛЕПОРОДНОМУ МАСИВІ ПРИ ВІДХОДІ ЛАВИ ВІД МОНТАЖНОЇ КАМЕРИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КРОКУ ПОСАДКИ ОСНОВНОЇ ПОКРІВЛІ В УМОВАХ ПСП «ШАХТА СТЕПНА» ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»

Е. О. Сдвижкова, К. В. Кравченко

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»,

пр. К. Маркса, 19, м. Днепропетровськ, 49005, Україна. E-mail: sdvzhkova@front.ru, kravchenko_k_v@i.ua

О. В. Мартовицкий

ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»

вул. Леніна, 76, м. Павлоград, 51400, Україна. E-mail: info@dtek.com

Виконаний чисельний аналіз змін пружно-деформованого стану породного масиву при послідовному просуванні забою вугільної лави від монтажно́ї камери. Методом скінчених елементів моделювалися різні стадії розвитку очистних робіт з урахуванням формування зон руйнування в породному середовищі на основі узагальненого критерію Хоека-Брауна. Визначений критичний розмір відпрацьованого простору, при якому відбувається посадка основної покрівлі. Наведені дані візуальних та інструментальних спостережень за станом порід при відході лави від монтажно́ї камери.

Ключові слова: гірський тиск, зона непружних деформацій, лава.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Несмотря на сложность природных условий, эффективность угледобычи в Украине растет за счет концентрации горных работ и повышения их темпов. Реализация этих направлений осуществляется за счет внедрения новой высокопроизводительной техники, позволяющей достигнуть нагрузки на очистной забой более 3000 тонн в сутки. Интенсивное ведение горных работ предполагает быстрое обнажение пород значительной площади. Геомеханические процессы, которые при этом развиваются в породном массиве, на сегодняшний день изучены не достаточно. Продолжает оставаться актуальной проблема поддержания горных выработок в зоне влияния высоконагруженных лав. На устойчивость штреков оказывают влияние циклические скачкообразные изменения напряженного состояния породного массива, обусловленные периодическими посадками основной кровли в процессе очистной выемки. Момент обрушения сопровождается резким возрастанием давления, как на крепь лавы, так и на крепь подготовительных выработок.

В зависимости от литологического состава вмещающих пород процесс обрушения пород имеет различную качественную и количественную карти-

ну, что в инженерной практике принято характеризовать как «обрушаемость» и рассматривать как классификационный признак. Количественным показателем при этом выступает шаг обрушения кровли. При начальном продвижении фронта очистных работ площадь обнажения возрастает значительно, особенно при залегании в кровле прочных пород. А.А. Борисов [1] отмечает, что в момент обрушения происходит мгновенное изменение характера и значений нагрузок на опорные целики, почву и кровлю, то есть происходит ударная нагрузка одних и разгрузка других участков породного массива. При резком скачке опорного давления возможны посадки механизированных очистных комплексов «нажестко», существенные деформации крепи подготовительных выработок. Прогноз первичной и последующих посадок кровли (определение шага генерального и установившегося обрушения) является необходимым элементом при проектировании средств охраны выработок глубоких угольных шахт и, с точки зрения механики горных пород представляет собой сложную научную задачу.

Целью работы является установление закономерностей развития геомеханических процессов в породном массиве при отходе лавы от монтажной

камеры и определение шага первичной посадки основной кровли в условиях шахты «Степная».

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В условиях Западного Донбасса этот вопрос также приобретает актуальность в связи с усложнением горно-геологических условий. При введении в эксплуатацию 163-й лавы горизонта 490 м. ПСП «Шахта Степная» ПАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ» интенсивные проявления горного давления при первичной посадке кровли определяются совокупностью факторов: увеличением глубины разработки, структурной неоднородностью пород основной кровли, в частности, наличием слоя прочного песчаника, высокими темпами очистных работ при работе стругового комплекса.

При наличии в кровле очистной выработки прочных пород, в частности песчаников и песчаных сланцев, создается консольное зависание пород с последующим внезапным, трудно прогнозируемым обрушением. При этом длина зависающей консоли а, следовательно, и интенсивность нагружения элементов крепи обусловлены влиянием большого количества факторов, которые не учитываются в рекомендациях, сформулированных в нормативных документах [2]. На формирование критического размера выработанного пространства, при котором происходит обрушение пород, окажет влияние прочность и мощность песчаника, а также расстояние от пласта до указанного слоя [3]. Наличие в кровле жесткого слоя песчаника может существенно повлиять на шаг первичной посадки кровли при отходе от разрезной печи, увеличив его от 30–35 м (что типично для условий западного Донбасса) до 55–70 м. Такой размер выработанного пространства может спровоцировать обрушение кровли с большим динамическим эффектом, аналогичным горному удару, вызывая резкое повышение нагрузки на оборудование, раскрытие трещин, отжим воды, повышенное газовыделение и т.д.

Теоретические предпосылки. По сложившимся представлениям непрерывное подвигание очистного забоя сопровождается перераспределением напряжений в породном массиве, вследствие чего над выработанным пространством формируется область неупругих деформаций, в пределах которой состояние горных пород характеризуется разрыхлением, потерей связи между слоями, необратимыми деформациями.

Согласно условию, предложенному М.М. Протодьяконовым и развитому в работах Л.Я. Парчевского [4], обрушение наступит тогда, когда вес пород, заключенных в этой области, превысит величину удерживающей силы

$$Q \geq R_{yo}, \quad (1)$$

где $Q = S \cdot \gamma$ – вес пород внутри зоны разрушения (неупругих деформаций), определяемый как произведение площади S поперечного сечения зоны разрушения на объемный вес пород;

• $R_{yd} = \sigma_p \cdot L$ – удерживающая сила, определяемая как предел прочности на одноосное растяжение, взятый по всей длине L границы обрушения.

Таким образом, задача об определении критического размера выработанного пространства, т.е. шага первичной посадки кровли состоит из следующих этапов:

- определение НДС породного массива;
- определение области разрушения над выработанным пространством в соответствии с выбранным критерием;

– проверка условия обрушения кровли $Q \geq R_{yo}$.

Для определения НДС массива в данной работе используется хорошо апробированный в задачах геомеханики метод конечных элементов.

Реализация метода осуществляется с помощью лицензионной программы PHASE-2, разработанной лабораторией RockScience (Канада).

В качестве критерия оценки состояния пород использовался обобщенный критерий Хоека–Брауна [5], в соответствии с которым разрушение породы имеет место при выполнении условия:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + R_c \left(m_b \frac{\sigma_3}{R_c} + s \right)^a, \quad (2)$$

где σ_1 и σ_3 – максимальное и минимальное действующие напряжения, R_c – среднее значение предела прочности на одноосное сжатие породных образцов, m_b – константа Хоека–Брауна, учитывающая генезис и состояние (качество) породного массива, s и a – константы.

Для нарушенного породного массива константа m_b определяется следующим образом:

$$m_b = m_i \exp \left(\frac{GSI - 100}{28} \right). \quad (3)$$

Здесь GIS (Geological Strength Index) – параметр, учитывающий геологические особенности породного массива, в частности его структуру и наличие трещин ($5 \leq GSI \leq 100$).

Для породного массива «хорошего» качества ($GSI > 25$) $s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9} \right)$, $a = 0,5$.

Для породного массива «плохого» качества ($GSI < 25$) $s = 0$, $a = 0,65 - \frac{GSI}{200}$.

Числовые значения GIS выбираются из таблицы лаборатории Rock Science на основе визуального обследования пород «insitu» и заключения об их качестве и степени нарушенности.

Моделирование первичной посадки кровли для условий 163-й лавы шахты «Степная». Решение осуществляется путем реализации последователь-

сти расчетных схем, которые имитируют движение лавы от разрезной печи.

Первоначально моделировалось напряженное состояние нетронутого массива, нагруженного весом вышележащих слоев (начальные напряжения, отвечающее глубине разработки 470 м и плотности пород 2,47 т/м³, составили 11 МПа).

Затем в массиве путем изменения граничных условий формировались поэтапно полости различных размеров: полость, соответствующая монтажной камере, полость, соответствующая разрезной печи; полость размером 5 м, имитирующая выработанное пространство при отходе лавы на 5 м от разрезной печи в процессе выемки угля, и так далее (рис. 1). Всего расчетная схема включает 16 стадий, на каждой стадии добавляется 5 м выработанного пространства.

После того, как лава отошла на расстояние 20 м от разрезной печи, имитировалось отслоение и обрушение непосредственной кровли мощностью 1 м позади забоя лавы.

Породная среда смоделирована в соответствии с прогнозным паспортом 163-й лавы и данными геологической службы о физико-механических свойствах пород (табл. 1).

Таблица 1 – Физико-механические характеристики угля и вмещающих пород

№	Название характеристики	Уголь	Аргиллит	Алевролит	Песчаник
1	Модуль упругости (Юнга), МПа	11755	913	1197	14856
2	Коеф. Пуассона	0,26	0,3	0,3	0,3
3	Прочность на сжатие, МПа	20	20	25	70
4	Геологический индекс прочности	50	50	50	50
5	Объемный вес пород, т/м ³	2,47	2,47	2,47	2,47

На каждой стадии расчета анализировалось НДС массива и определялась зона разрушенных пород в соответствии с критерием (2). На рис. 2–4 показаны зоны разрушения на различных стадиях подвигания очистного забоя.

Из рисунков видно, что при отходе лавы от разрезной печи на расстояние 20 м вся основная кровля (15 м) охвачена зоной разрушения (темный цвет). Прочный песчаник остается неразрушенным, хотя в вышележащих менее прочных породах (алевролит прочностью 30 МПа) формируется область разрушения. При этом вес пород в зоне разрушения не превосходит сил сцепления (табл. 2).

Обрушения кровли на этом этапе не происходит (удерживающая сила определялась при условии, что прочность аргиллита на растяжение составляет 2 МПа с коэффициентом структурного ослабления $K_c=0,2$). При дальнейшем отходе лавы на расстояние 25, 30, 35, 40 м появляются очаги разрушения в слое прочного песчаника. При отходе лавы на 45, 50 м большая часть песчаника над выработанным пространством разрушена.

Зона разрушения над песчаником и под ним (в основной кровле) сливаются. Вес пород в образо-

вавшейся зоне разрушения превосходит силу сцепления при отходе лавы на расстояние 45–50 м.

Таким образом, при наличии в кровле прочного песчаника на расстоянии 15 м от пласта угля условия для обрушения кровли создаются при отходе лавы от разрезной печи на расстояние 45–50 м.

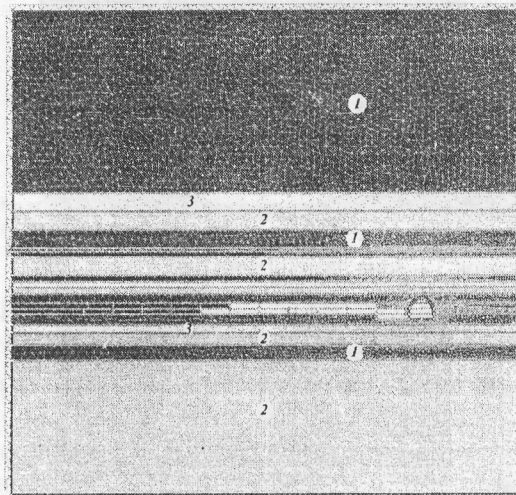


Рисунок 1 – Расчетная схема задачи (стадия 6 – отход лавы на 20 м от разрезной печи) и конечно-элементная сетка:
1 – алевролит, 2 – аргиллит, 3 – песчаник

вавшейся зоне разрушения превосходит силу сцепления при отходе лавы на расстояние 45–50 м.

Таким образом, при наличии в кровле прочного песчаника на расстоянии 15 м от пласта угля условия для обрушения кровли создаются при отходе лавы от разрезной печи на расстояние 45–50 м.

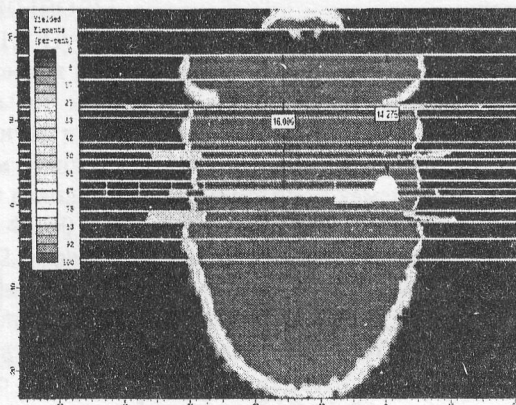


Рисунок 2 – Зона разрушения при отходе лавы от разрезной печи на 20 м

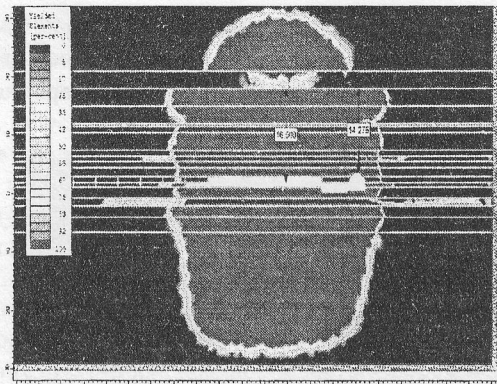


Рисунок 3 – Зона руйнування при отході лави від разрезної печі на 30 м

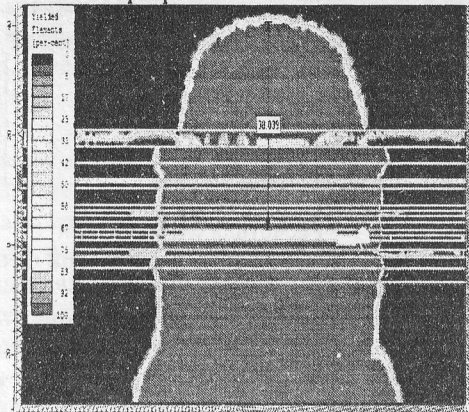


Рисунок 4 – Зона руйнування при отході лави від разрезної печі на 50 м

Визуальные наблюдения за состоянием подготовительных выработок при отходе лавы от монтажной камеры. Монтажный штрек 163-й лавы и 165 сборный штрек проходятся по пласту С₆ на площади восточного крыла прирезки к полю шахты «Степная».

Для изучения деформационных процессов в приконтурном массиве при воздействии очистных работ в выработке устанавливались замерные станции, состоящие из глубинного репера и трех контурных реперов, два из которых установлены в противоположных боках выработки соосно, на высоте 1,8–2,0 м от почвы выработки, и один – в кровле выработки по ее вертикальной оси.

До начала отработки 163-й лавы установлено семь замерных станций в 165-м сборном штреке (рис. 5) с интервалом в 10 м начиная от монтажной камеры. Таким образом, установленный ряд замерных станций позволяет получать данные о смещениях породного массива в окрестности 165-го сборного штрека на участке длиной 70 м.

Таблица 2 – Определение веса пород и удерживающей силы

Расстояние до забоя	Площадь зоны, м ²	Вес пород в зоне разрушения, Q кН	Длина огибающей зоны разрушения, м	Удерживающая сила, R, кН	Разность Q-R
15	273	6825	43	17200	-10375
20	560	14000	67	26800	-12800
25	624	15600	71	28400	-12800
30	720	18000	77	30800	-12800
35	800	20000	82	32800	-12800
40	1336,5	33412,5	88	35200	-1787,5
45	1445	36125	91	36400	-275
50	1786	44650	108	43200	-1450

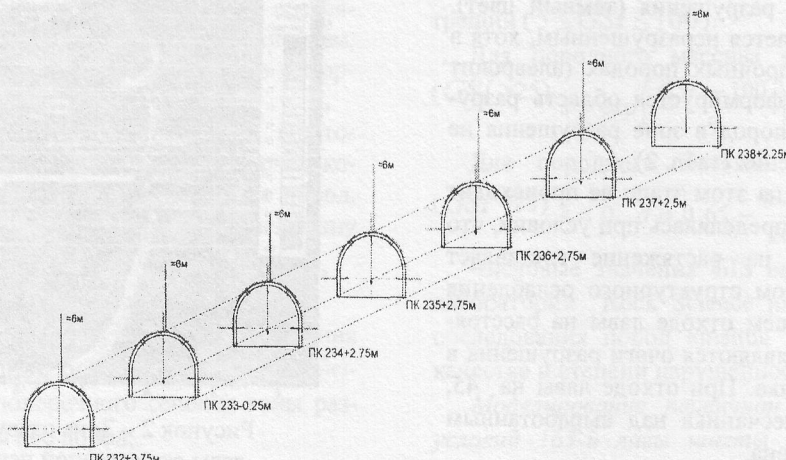


Рисунок 5 – Схема заложения замерных станций в 165-м сборном штреке

С помощью буровой установки MQT производилось бурение шпуров $\varnothing = 30$ мм, длиной около 7 м. На якорном репере закреплялся трос, после чего он устанавливался в досылник, который представлял собой сборный трубчатый стержень, изготовленный из отрезков металлопластиковой трубы $\varnothing = 16$ мм, соединяемых с помощью соединительных муфт $\varnothing = 26$ мм.

На момент установки станций очистные работы отсутствовали, расслоений в приконтурной части выработки не отмечено. По окончании установки всех реперов на глубинах: 6, 5, 4, 3, 2, 1 и 0,5 м, измерялась разница между концом троса первого глубинного репера, положение которого считается неизменным в течение всего времени измерений, и концами тросов остальных реперов.

На основе наблюдений установлен характер смещений точек породного массива в зависимости от расстояния L до очистного забоя (рис. 6–8). На каждом графике начало координат соответствует моменту времени, когда i -й ($i=1...7$) замерный пункт (ПК) и забой лавы находятся на одной оси.

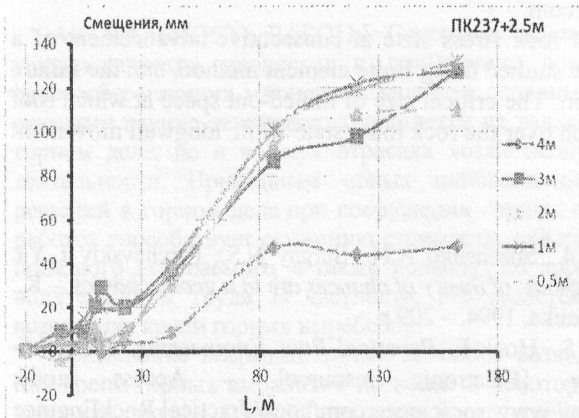


Рисунок 6 – Смещения глубинного репера ПК 237+2,5 м в зависимости от расстояния до очистного забоя

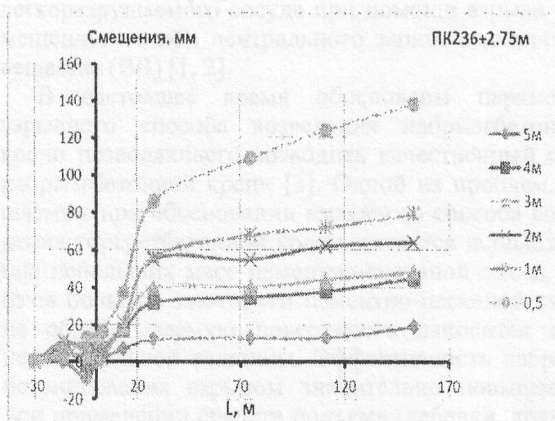


Рисунок 7 – Смещения глубинного репера ПК 236+2,75 м от расстояния до очистного забоя

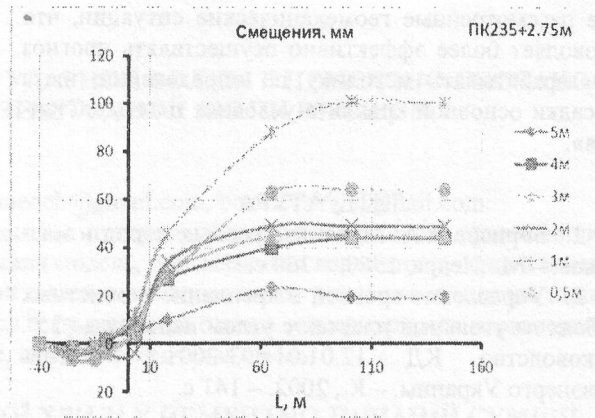


Рисунок 8 – Смещения глубинного репера ПК 235+2,75 м от расстояния до очистного забоя

Из графиков видно, что интенсивный прирост смещений имеет место при подходе забоя лавы непосредственно к месту расположения замерной станции (точка $L=0$), и последующее увеличение смещений наблюдается при отходе лавы на расстоянии 10–20 м.

По данным маркшейдерской службы шахты 26.10.11. г. произошла первичная посадка основной кровли 163-й лавы. В соответствии с составленным актом забой лавы по бортовому штреку в момент посадки находился на ПК 233+8 м, т.е. в 33,0 м от монтажного штрека, по сборному штреку – на ПК 235+4 м, т.е. в 40,0 м от монтажного штрека. Технология отработки угля струговым комплексом предполагает дугообразную форму забоя, при которой центр дуги выдвинут на расстояние 10–12 м по отношению к краевым частям лавы в сторону движения забоя. Поэтому можно утверждать, что в средней части лавы обрушение кровли произошло при отходе комплекса на расстояние 43–50 м, что подтверждает результаты численного моделирования НДС в срединном сечении лавы.

В момент посадки отмечены деформации крепи на сопряжениях лавы с подготовительными выработками и капеж воды из кровли пласта на расстоянии 30–40 м с завальной стороны в районе сборного штрека.

ВЫВОДЫ.

1. Путем численного моделирования геомеханических процессов в породном массиве при отходе лавы от монтажной камеры установлено, что при наличии в кровле прочного песчаника на расстоянии 15 м от пласта угля, обрушение кровли происходит при отходе лавы от монтажной камеры на расстоянии 45–50 м.

2. Сравнение данных математического моделирования с визуальными и инструментальными наблюдениями за состоянием горных пород, а также показаниями маркшейдерской службы шахты показало достаточную достоверность геомеханического прогноза.

3. Последующий мониторинг состояния подготовительных выработок показал, что расчетные схемы для численного моделирования и используемый математический аппарат адекватно описывают

все рассмотренные геомеханические ситуации, что позволяет более эффективно осуществлять прогноз и разрабатывать методику по определению шага посадки основной кровли в условиях шахты «Степная».

ЛІТЕРАТУРА

1. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. – М.: Недра, 1980. – 360 с.
2. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°. Руководство КД 12.01.01.503-2001. Минтопливэнерго Украины. – К., 2002. – 141 с.

MODELING GEOMECHANICAL PROCESSES IN THE COAL-ROCK MASSIF UNDER MOVING LONGWALL AWAY AN ASSEMBLY CHAMBER, AND DEFINING A FIT STEP IN MAIN ROOF FOR CONDITIONS OF COAL-MINE “STEPNAYA” PRIVATE STOCK COMPANY DTEK PAVLOGRADUGOL’

Ye. Sdvizhkova, K. Kravchenko

State HEE «National minning university»,

pr. K. Marksa, 19, Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: sdvizhkova@front.ru, kravchenko_k_v@i.ua

A. Martovitskyi

РАО «DTEK Pavlogradugol’»

vul. Lenina, 76, Pavlograd, 51400, Ukraine. E-mail: info@dtek.com

The numerical analysis is carried out to study the changes of rock stress state at consecutive advancement of a longwall from the assembly chamber. Different stage of mining are studied using finite element method, and the failure zone occurrence is considered on the basis of Hoek-Brown criterion. The critical size of mined-out space at which roof caving takes place is determined. Data of visual and tool supervision over the rock mass state while longwall movement are represented.

Key words: rock pressure, inelastic strains, wall.

REFERENCES

1. Borisov A.A. *Mechanics of mountain breeds and arrays*. – М.: Nedra, 1980. – 360 p.
2. *Management and fastening a roof in cleansing backwalls on coal layers with the angle of incidence to 35°*. Guidance KD 12.01.01.503-2001. – К., 2002. – 141 p.
3. Ivanov A.S., Sdvizhkova E.A., Babec D.V. Numerical design of influence of speed of barring of mountain breeds on mechanic process near-by the interface of the cleansing and preparatory making // *Forum miners-2009*. – Dnepropetrovsk: National minning university, 2009. – PP. 37-44.

3. Иванов А.С., Сдвижкова Е.А., Бабец Д.В. Численное моделирование влияния скорости обнажения горных пород на механические процессы вблизи сопряжения очистной и подготовительной выработки // *Форум горняков-2009*. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2009. – С. 37-44.

4. Шашенко А.Н., Сургай Н.С., Парчевский Л.Я. Методы теории вероятностей в геомеханике. – К.: Техника, 1994. – 209 с.

5. Hoek E. *Practical Rock Engineering, 2000 Edition* [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rocsience.com/hoek/Practical Rock Engineering>.

4. Shashenko A.N., Surgay N.S., Parchevskiy L.Ya. *Methods of theory of chances are in a geomechanics*. – К.: Техника, 1994. – 209 p.

5. Hoek E. *Practical Rock Engineering, 2000 Edition*. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.rocsience.com/hoek/Practical RockEngineering ring>.

Стаття надійшла 22.12.2011.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Чебенком В.М.