

УДК 622.281.76

**Ю.А. Заболотная (ассист.)**ГВУЗ «Национальный горный университет»,  
г. Днепропетровск**СПОСОБЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ  
ВЫРАБОТОК С ЦЕЛЬЮ ИСКЛЮЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ  
ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ БОКОВЫХ  
ПОРОД**

Приведены возможные способы расположения магистральных горных выработок без оставления охранных целиков в условиях слабых боковых пород с использованием зон разгрузки.

**Ключевые слова:** целик, зона разгрузки, надработка выработок, бесцеликовая отработка.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Одним из основных показателей, влияющих на эффективность работы шахты и достижения заданных технико-экономических показателей, является состояние вскрывающих выработок и выработок главного направления. Выработки главного направления должны обеспечивать нормальное функционирование транспортной сети шахты, надлежащее проветривание горных выработок и очистных забоев, водоотлив из выработок и лав, высокий уровень безопасного ведения горных работ. Охрана магистральных горных выработок от влияния очистных работ в большинстве случаев в соответствии с нормативными документами осуществляется путем оставления целиков угля. Такой способ охраны выработок является наиболее простым и технологически достаточно легко выполнимым, но он связан со значительными потерями оконтуренных запасов угля, особенно при производстве горных работ на больших глубинах. Кроме того, оставленные для охраны выработок угольные целики создают в толще пород зоны повышенных напряжений, что ухудшает условия ведения горных работ при разработке сближенных пластов. Поэтому решение задач применения бесцеликовой отработки запасов у выработок главного направления должно обеспечить сохранность

выработок, т.е. сократить затраты на поддержание выработок, и минимизировать потери угля.

**Анализ исследований и публикаций.** Условия шахт Западного Донбасса характеризуется наличием слабых вмещающих пород. Горный массив в основном представлен аргиллитами и алевролитами, реже песчаниками. Прочность вмещающих пород изменяется от 12,5МПа до 24 МПа [1]. Еще одна особенность месторождения – это большое количество водопроводимых слоев горных пород. Эти факторы в сочетании с увеличением глубины разработки при погоризонтной и панельной схемах подготовки способствуют неудовлетворительному состоянию дренажных и откаточных штреков.

Согласно положениям нормативного документа [2] охрана магистральных выработок от влияния очистных работ может осуществляться расположением выработок в разгруженных зонах или целиками угля. Ширина целиков принимается равной не менее размеров зоны опорного давления, которая определяется в зависимости от глубины расположения выработки и крепости вмещающих пород.

При существующих схемах подготовки шахтных полей и охране капитальных выработок целиками рост глубины ведения работ приводит к увеличению размеров целиков, и как следствие к значительным потерям запасов угля в целиках у горных выработок. Для охраны выработок, которые находятся на глубине 450-500 м, размер целиков достигает 100 м [3].

Проведение магистральных выработок в зонах разгрузки позволяет сохранить их в безремонтном состоянии [4], но при таком способе расположения выработок следует учитывать, что при отработке соседних выемочных полей зоны повышенного горного давления (ПГД) формируются в ранее разгруженной зоне, а также в средней части сплошного выработанного пространства [5].

В условиях шахт им. Героев Космоса и «Западно-Донбасская» было проведено ряд экспериментов, в которых очистные работы велись бы непосредственно от выработок без оставления охранных целиков [6]. В этом случае применялись следующие способы охраны и поддержания магистральных горных

выработок: при отходе лав от магистральных выработок при минимальном размере охранного целика; проведение выработок в разгруженных зонах, которые образованы очистными работами и ранее пройденной магистральной выработкой; поддержание выработки вне влияния других горных работ (в массиве). Вследствие изучения причин неудовлетворительного состояния магистральных горных выработок, анализа инструментальных измерений, экспериментальной проверки способов охраны и поддержания выработок сделаны выводы, что охрана магистральных горных выработок по схеме «целик-целик» нецелесообразна; необходимо размещать выработки в разгруженных зонах.

Таким образом, задача удовлетворительного поддержания магистральных выработок по мере роста глубины развития горных работ не имеет полного решения.

**Постановка цели исследований.** Цель статьи – обоснование использования зон разгрузки для расположения в них выработок главного направления, что будет способствовать сохранности таких выработок и минимизации потерь запасов.

**Изложение материала и результаты.** В условиях шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» было проанализировано состояние 296 участков дренажных и откачных штреков после отхода лав. Определены усредненные значения размеров охранных целиков со стороны выемочных штреков в начале ведения очистных работ в выемочных столбах. Полученные фактические размеры целиков сравнивались с проектными, определенными по методике [2] и построена гистограмма отклонений фактических размеров целиков от проектных (рис. 1).

Отклонения со знаком «+» показывают на какую величину фактический размер целика превышает проектный, а отклонения со знаком «-» говорят об уменьшении фактического размера целика. Гистограмма распределения отклонений фактических размеров целика от проектных указывает на существующую тенденцию, как к уменьшению проектных размеров, так и к увеличению. Наблюдается значительный разброс отклонений от проектных размеров, при этом среднее арифметическое значение достигает 1 м, а среднее квадратическое отклонение составляет 29,3 м.

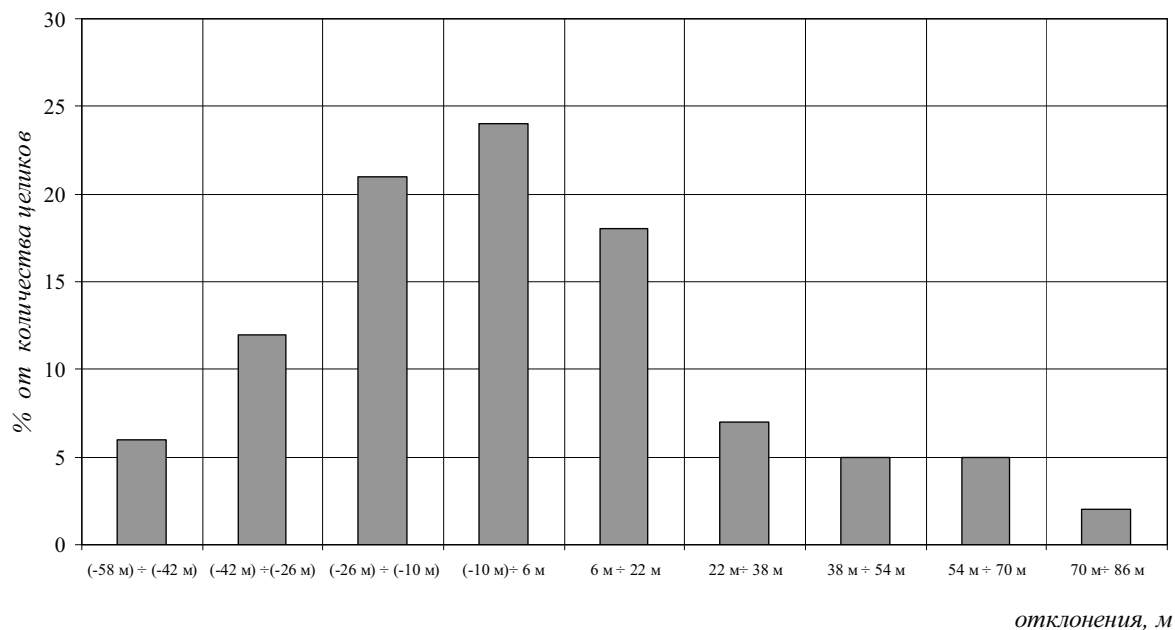


Рис. 1. Распределение отклонений фактических размеров целиков от проектных

Состояние выработок оценивалось величиной вертикальной конвергенции. Известно, что вертикальная конвергенция, в основном, проявляется в смещениях в замках податливости, поднятии почвы, внедрении стоек в почву выработки, деформациях верхняка. В данной работе не представлялось возможным изучить эти составляющие, а величина вертикальной конвергенции принималась как разница между высотой выработки по паспорту и высотой выработки на момент проведения маркшейдерских замеров, т.е. в период, активизированный от влияния очистных работ.

На состояние магистральных выработок оказывают влияние глубина их расположения, размер оставленного целика, прочностные свойства вмещающих пород, вынимаемая мощность, а также срок эксплуатации выработок. Определение влияния мощности пласта на состояние выработок является нецелесообразным, так как вынимаемая мощность пластов изменяется в пределах 10%. Для учета прочностных свойств вмещающих пород выработки были разделены на две группы:

- выработки, проводимые по пластам, кровля и почва которых представлена аргиллитами и алевролитами, прочностью до 20 МПа;

– выработки, проводимые по пластам, в кровле которых присутствует песчаник.

Для каждой из этих групп получены зависимости вертикальной конвергенции выработок от глубины ведения очистных работ и размеров охранных целиков.

Корреляционная зависимость между конвергенцией выработок и размером целиков для выработок, проводимых по пластам, почва и кровля которых представлена аргиллитами и алевролитами характеризуется уравнением:

$$\Delta h = 0,008l - 0,007, \text{ при } r = 0,46,$$

где  $\Delta h$  – вертикальная конвергенция,  $l$  – размер охранного целика.

Уравнение между конвергенцией выработок и размером целиков для выработок, в кровле которых залегает песчаник, представлено прямолинейной зависимостью:

$$\Delta h = 0,0001l + 0,758, \text{ при } r = 0,02.$$

Характер этих зависимостей говорит о том, что вертикальная конвергенция выработок при наличии в кровле и почве аргиллитов и алевролитов возрастает с увеличением размеров целиков при небольшой тесноте связи между ними.

Зависимость между глубиной ведения работ и вертикальной конвергенцией выработок для выработок, проводимых по пластам, почва и кровля которых представлена аргиллитами и алевролитами характеризуется уравнением:

$$\Delta h = 0,002H + 0,114, \text{ при } r = 0,70,$$

где  $\Delta h$  – вертикальная конвергенция,  $H$  – глубина ведения очистных работ.

Зависимость между глубиной ведения работ и вертикальной конвергенцией выработок для выработок, в кровле которых залегает песчаник, описывается уравнением:

$$\Delta h = 0,001H + 0,412, \text{ при } r = 0,47.$$

Таким образом, с уменьшением крепости пород увеличивается влияние размеров целиков на вертикальную конвергенцию охраняемых выработок. Однако, установленная прямолинейная зависимость между размерами целиков и вертикальной конвергенцией не может быть объяснена традиционным представлением, при котором с увеличением размеров целиков должна повы-

шаться сохранность выработок. Полученную зависимость можно объяснить двумя факторами: несоответствием крепления выработок условиям их эксплуатации и перемещением опорного давления при слабых породах вглубь массива на величину, близкую разгрузке краевой части [7], т.е. попаданием выработки в зону влияния опорного давления.

Глубина ведения горных работ прямо влияет на вертикальную конвергенцию охраняемых (дренажных) выработок. Это подтверждает сложившееся представление об увеличении зоны опорного давления с глубиной.

В связи с малым коэффициентом детерминации приведенных эмпирических формул можно утверждать, что прогноз состояния охранных выработок по ним вести нецелесообразно.

Эффективным направлением улучшения состояния дренажных штреков и увеличения полноты выемки запасов в условиях слабых боковых пород можно считать применение схем подготовки выемочных столбов с использованием зон разгрузки.

В краевой части угольного пласта формируется область разгрузки, которая проявляется в виде разрушений пласта и слабых боковых пород (рис.2). Ширина нарушенной зоны зависит от глубины ведения очистных работ. В работе [8] приведена данная прямолинейная зависимость, которая скорректирована с учетом дополнительно проведенных наблюдений и может быть представлена в виде:

$$n = 0,04H + 0,3,$$

где  $n$  – ширина нарушенной зоны,  $H$  – глубина ведения очистных работ.

Коэффициент корреляции составляет 0,8.

В условиях шахты «Западно-Донбасская» при надработке южного магистрального штрека № 3 (ЮМОШ № 3), расположенном в почве пласта  $c_8^H$ , очистными работами в 830-й лаве была заложена наблюдательная станция и проведены натурные наблюдения с целью оценки массива при отходе лавы от разрезной печи (рис. 3). Породы кровли и почвы выработки представлены преимущественно аргиллитом и алевролитом крепостью до 25 МПа. Глубина ведения очистных работ в 830-й лаве 420 м.



Рис. 2. Система техногенных трещин в 854-й лаве шахты «Западно-Донбасская»

На участке с ПК78 по ПК88 установлена крепь усиления в виде двух рядов деревянных стоек.

На каждом замерном сечении (ПК63 – ПК88) производились сечения выработки. На замерном сечении в бортах выработки на расстоянии 1,20 м от почвы были закреплены точки. Для проведения измерений между этими точками натягивался шнур, и рулеткой измерялись ширина выработки, а также домеры до кровли и почвы выработки.

Развитие опорного давления по результатам обработки замеров на станции представлено на рис. 4.

Анализ результатов наблюдений за состоянием ЮМОШ №3 указывает на формирование трех зон:

1 – зона опорного давления в сторону, противоположную направлению движения очистного забоя; расстояния до максимального значения опорного давления в данном случае достигает около 15 м, после чего напряжения в целике понижаются;

2 – зона пониженного опорного давления, может рассматриваться как зона сводообразования в кровле лавы при ее отходе от

разрезной печи. Размеры в данных условиях оцениваются протяженностью до 30 м.

3 – зона, характеризующаяся постоянным увеличением конвергенции надрабатываемой выработки, т.е. зона воздействия движущегося опорного давления.

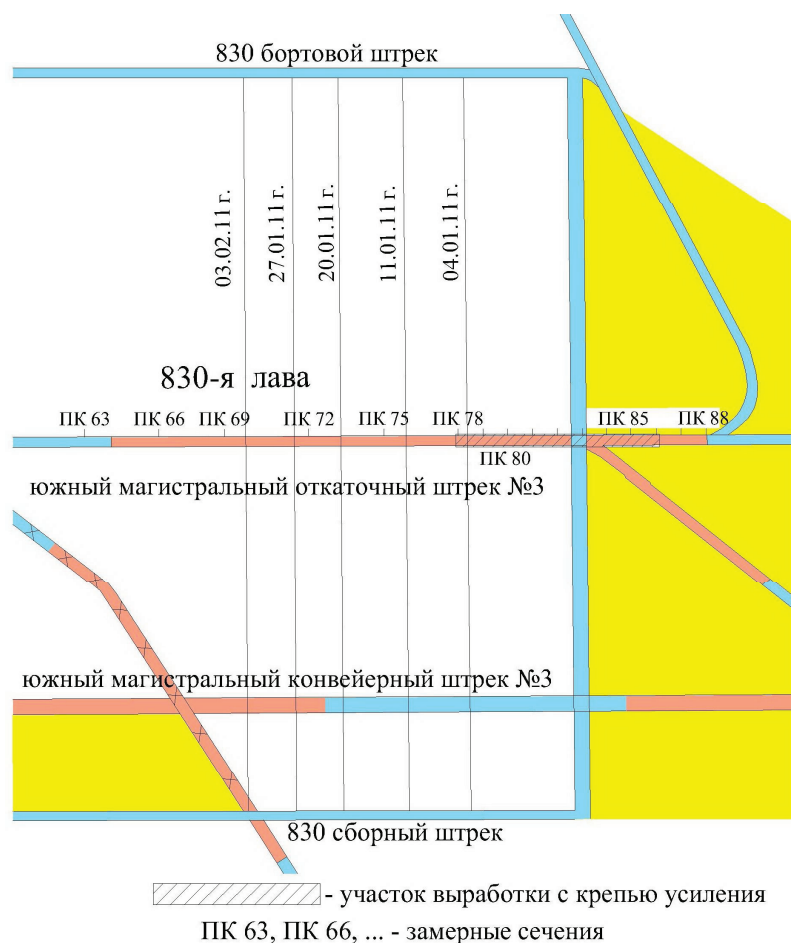


Рис. 3. Выкопировка из плана горных работ по пл. с<sub>8</sub><sup>Н</sup> шахта «Западно-Донбасская»

Выявленные зоны пониженных напряжений позволяют разработать схемы расположения выработок главного направления, позволяющие минимизировать потери угля и обеспечить сохранность выработок. Схемы расположения выработок представлены на рис. 5.



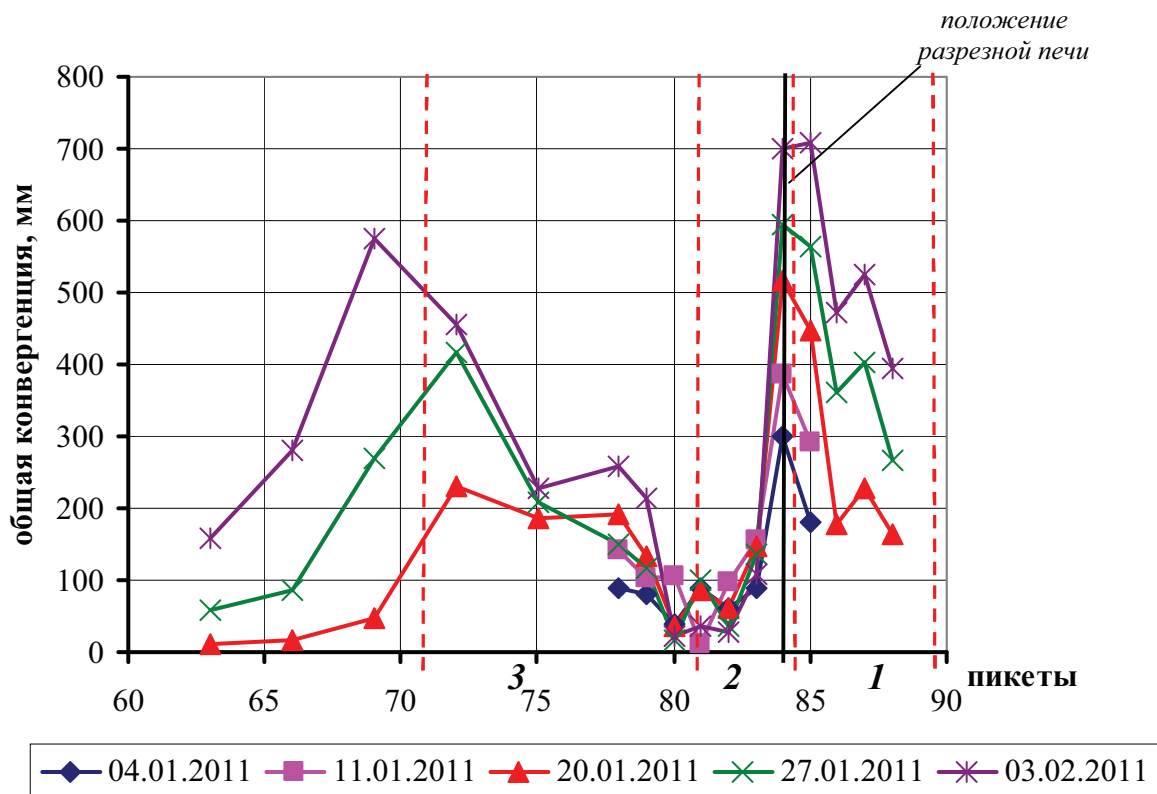


Рис. 4. Общая вертикальная конвергенция ЮМОШ № 3 при отходе лавы от разрезной печи

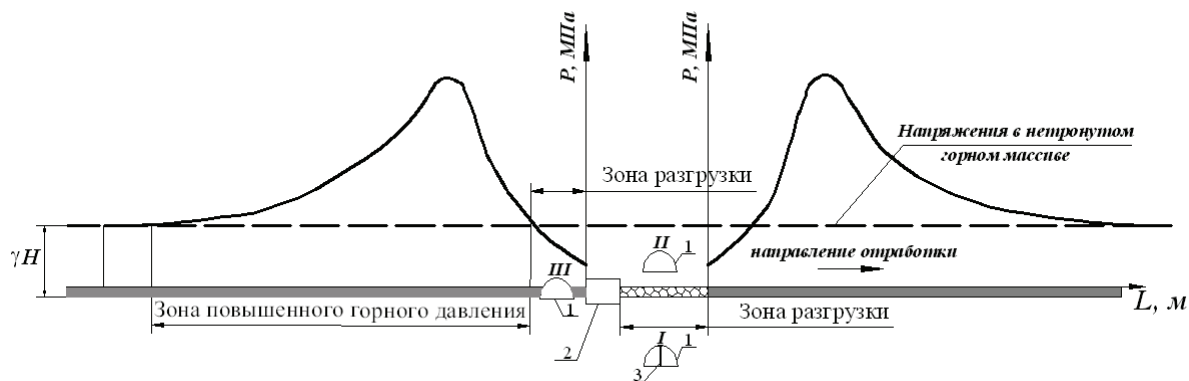


Рис. 5. Схемы расположения магистральных выработок: 1 – магистральная выработка; 2 – разрезная печь; 3 – крепь усиления; I, II, III – возможные варианты расположения магистральных выработок

Расположение выработки по варианту I осуществляется следующим образом [9]. На рабочем горизонте проводятся выемочные выработки, и монтируется разрезная печь (2). Магистральная выработка (1) может проводиться до и после проведения очист-

ных работ. Для отвода газовой смеси до начала ведения очистных работ в лаве в нижней части выемочного столба проводится выработка (1) с учетом положения зоны 2. При отработке лавы впереди движения очистного забоя происходит перераспределения напряжений, которые значительно превышают напряжения в нетронутым массиве. Для сохранения магистральной выработки в эксплуатационном состоянии на время надработки она укрепляется крепью усиления (3). За фронтом ведения очистных работ формируется зона разгрузки, поэтому после прохождения очистных работ над выработкой (1), крепь усиления демонтируется, т.к. выработка находится в разгруженной зоне. Таким образом, магистральная выработка, только непродолжительный период времени располагается в зоне незначительного влияния очистных работ.

Расположение магистральной выработки по варианту II осуществляется только после осуществления очистных работ для исключения негативного влияния подработки. Следовательно, магистральная выработка будет расположена в разгруженной зоне, поэтому нет необходимости в установлении крепи усиления.

Расположение магистральной выработки по варианту III позволяет проведение выработки по разрабатываемому пласту. По аналогии с краевой частью пласта можно принять, что при отходе лавы также формируется подобная зона разгрузки, так как не представляется возможным исследовать массив при отходе лавы. Данная зона разгрузки может быть использована для расположения выработок в присечку или с отходом от штрека. Для проведения выработки с отходом от штрека необходимо в магистральной выработке устанавливать крепь усиления.

**Вывод.** Предложенные варианты расположения магистральных выработок в условиях слабых вмещающих пород, независимо от глубины разработки предоставят возможность предприятиям одновременно решить две задачи: минимизировать потери угля в целиках и сохранить выработки долгосрочной эксплуатации в безремонтном состоянии. За счет этого в целом по-

вышается эффективность горных работ при снижении затрат на дополнительное проведение выработок.

### Список литературы

1. Усаченко Б.М. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса / Б.М. Усаченко, В.Я. Кириченко, А.В. Шмиголь. – М.: Обзор ЦНИЭИуголь, 1992. – 168 с.
2. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: КД 12.01.01.201-98 / Утв. Минуглепромом Украины 25.06.98. – Изд. офиц. – Донецк: УкрНИМИ, 1998. – 150 с.
3. Ступник Н.И. Оценка применения прямоугольной формы угольных целиков для охраны магистральных штреков / Н.И. Ступник, А.А. Гайдай // Уголь Украины. – 2013. – С. 8-10.
4. Зборщик М.П. Охрана выработок глубоких шахт в зонах разгрузки / М.П. Зборщик, В.В. Назимко. – К.: Техника, 1991. – 248 с.
5. Бабенко Е.В. Особенности эволюции зон повышенного горного давления при развитии очистных работ / Е.В. Бабенко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – 2008. – № 2. – С. 211-226.
6. Халимендик Ю.М. Бесцеликовая охрана магистральных горных выработок на шахте «Западно-Донбасская» ПО «Павлоградуголь» / Ю.М. Халимендик, В.С. Мартюшев. – Донецк: ЦБНТИ, 1993. – 56 с.
7. Халимендик Ю.М. Проявление опорного давления в условиях слабых боковых пород / Ю.М. Халимендик, Ю.А. Заболотная // Науковий вісник НГУ. – 2013. – №1. – С. 33-39.
8. Заболотная Ю.А. Формирование нарушенной зоны горного массива при ведении очистных работ в условиях слабых боковых пород / Ю.А. Заболотная // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов. – 2013. – Вып. 111. – С. 29-35.
9. Спосіб відробки запасів і охорони гірничої виробки: Пат. № 102769 UA, МПК E21D 11/00 (2013.01) / Ю.М. Халимендик, Ю.О. Заболотна; заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад “Національний гірничий університет”. – № а 2012 03072; заявл. 16.03.2012; опубл. 12.08.2013, Бюл. № 15. – 3 с.

Стаття надійшла до редакції 11.11.2013.

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук В.О. Каніним

**Ю.О. Заболотна**

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ

**СПОСОБИ РОЗТАШУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИРОБОК З МЕТОЮ ВИКЛЮЧЕННЯ ВПЛИВУ ОЧИСНИХ РОБІТ В УМОВАХ СЛАБКИХ БІЧНИХ ПОРІД**

Наведені можливі способи розташування магістральних гірничих виробок без залишення охоронних ціликів в умовах слабких бічних порід з використанням зон розвантаження.

**Ключові слова:** цілик, зона розвантаження, надробка виробок, безціликова відробка.

**Yu. A. Zabolotnaya**

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk

**METHODS OF MAIN MINE WORKINGS LOCATION IN ORDER TO AVOID THE INFLUENCE OF CLEARING WORKS IN WEAK WALL ROCKS**

The possible methods of main mine workings locations without leaving pillars in conditions of weak wall rocks with usage of unloading zones are presented in the article.

**Key words:** unloaded zone, pillar, mine workings overworking, non-pillar mining.