

УДК 622.016.347:001.891.55

ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК, ЗАКРЕПЛЕННЫХ РАМНО-АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ

Р. Н. Терещук, А. Е. Григорьев

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»
просп. К. Маркса, 19, Днепропетровск, 45005, Украина. E-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

Рассмотрены горно-геологические и горнотехнические условия проведения и крепления подготовительных выработок. Цель работы – изучить поведение приконтурного массива подготовительных горных выработок, закрепленных рамно-анкерной крепью. Приведена методика проведения шахтных инструментальных наблюдений, конструкции замерной станции и глубинного репера. Приведены результаты смещений кровли, почвы и боков подготовительной выработки, смещения глубинных реперов и величины среднего коэффициента разрыхления пород кровли, в условиях шахты «Добропольская» ООО «ДТЭК Добропольеуголь». Выполнен анализ полученных зависимостей. Определено расстояние, на котором начинается повышенное влияние очистных работ на подготовительные выработки. Выявлено уменьшение смещений пород кровли, почвы и боков выработки с рамно-анкерной крепью в сравнении с рамной крепью. Намечены основные направления дальнейших исследований поведения приконтурного массива подготовительных выработок, закрепленных рамно-анкерной крепью.

Ключевые слова: подготовительная выработка, замерная станция, глубинный репер, коэффициент разрыхления.

ШАХТНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК, ЩО ЗАКРІПЛЕНІ РАМНО-АНКЕРНИМ КРІПЛЕННЯМ

Р. М. Терещук, О. Є. Григор'єв

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»
просп. К. Маркса, 19, Дніпропетровськ, 45005, Україна. E-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

Розглянуто гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови проведення та кріплення підготовчих виробок. Мета роботи – вивчити поведінку приконтурного масиву підготовчих гірничих виробок, що закріплені рамно-анкерним кріпленням. Наведено методику проведення шахтних інструментальних спостережень, конструкції замірної станції та глибинного реперу. Наведено результати зміщень покрівлі, підшви та боків виробки, зміщення глибинних реперів і величини середнього коефіцієнту розпушення порід покрівлі в умовах шахти «Добропольська» ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля». Виконано аналіз отриманих залежностей. Визначена відстань, з якої починається підвищений вплив очисних робіт на підготовчі виробки. Виявлено зменшення зміщень порід покрівлі, підшви та боків виробки з рамно-анкерним кріпленням порівняно з рамним кріпленням. Намічені основні напрямки досліджень поведінки приконтурного масиву підготовчих гірничих виробок, що закріплені рамно-анкерним кріпленням.

Ключові слова: підготовча виробка, замірна станція, глибинний репер, коефіцієнт розпушення.

АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ. Постоянное увеличение глубины ведения горных работ, протяженности поддерживаемых выработок, отработка пластов, находящихся в сложных горно-геологических условиях, существенно ухудшило условия поддержания подготовительных выработок в эксплуатационном состоянии. Применяемые конструкции крепей, в основном подпорно-ограждающего типа, в настоящее время не в состоянии обеспечить достаточную устойчивость выработок. Об этом свидетельствуют все увеличивающиеся затраты на ремонт и поддержание подготовительных выработок, с одновременным увеличением доли применения металлической крепи (в первую очередь, тяжелых профилей).

Как показывает анализ средств и способов повышения устойчивости подготовительных выработок, наибольший эффект в сложившихся условиях дают мероприятия и крепи, направленные на сохранение целостности окружающего выработку массива и использование его несущей способности.

На ближайшую перспективу возможны два взаимодополняющих направления решения задачи повышения устойчивости подготовительных выработок: с одной стороны – это совершенствование

конструкции металлической крепи на основе широкого привлечения технических решений по повышению ее надежности и использованию несущей способности приконтурного массива; с другой – расширение объемов применения новых конструкций крепи и способов охраны и поддержания с разгрузкой и упрочнением массива.

В работах [1–5] выполнен большой объем шахтных исследований, однако с увеличением глубины горных работ и изменением горно-геологических и горнотехнических условий требуется постоянный мониторинг состояния горных выработок.

Целью работы является изучение поведения приконтурного массива подготовительных горных выработок, закрепленных рамно-анкерной крепью.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Натурные исследования проводились в 8-ом южном конвейерном штреке пласта m_5^{1b} гор. 450 м шахты «Добропольская» ООО «ДТЭК Добропольеуголь» на глубине 760 м. Выработка пройдена комбайновым способом и закреплена арочной крепью АП-13,8 с установкой дополнительно четырех анкеров длиной 2,4 м. Сечение выработок в проходке 15,9 м² (в свету 12,8 м²). Бока и кровля выработки затягива-

лись дерев'яною затяжкою. Расстояние между рамами крепи 800 мм, плотность анкерования 0,8 анк./м².

Характеристика угольного пласта и вмещающих пород:

– песчаник светло-серый, тонкозернистый, косо-слоистый, слюдистый, массивный, среднеобрушаемый А₂, средней крепости, является основой кровлей;

– алевролит серый, слабослоистый, переслаивается с тонкими слоями мелкозернистого песчаника, слюдистый, с редкими отпечатками обуглившейся флоры, средней крепости;

– аргиллит темно-серый, горизонтально-слоистый, слабо-песчаный, с сидеритовыми стяжениями, с тонкими прослойками алевролита, с отпечатками обуглившейся флоры, средней крепости, малоустойчивый Б₃, является непосредственной кровлей;

– угольный пласт $m_5^{1в}$ двух пачечного строения, черный полублестящий, полосчатый, с линзами пирита, средней крепости, мощностью 1,50...1,65 м.

– аргиллит темно-серый, в верхней части слоя «кучерявчик», комковатый, со следами скольжения, с тонкими слоями угля, далее массивный, однородный, в конце слоя горизонтально-слоистый,

средней крепости, среднеустойчивый П₃, является непосредственной почвой пласта.

Оценка общего состояния подготовительных выработок выполнялась в ходе визуального обследования, результаты которого приведены в работе [2].

Инструментальные наблюдения за процессами деформирования вмещающих выработки пород проводились с помощью контурных и глубинных замерных станций (ПК 38). Замерная станция состояла из четырех замерных пунктов, установленных в выработке на расстоянии друг от друга, равном двойному шагу установки рамной крепи.

Замерный пункт представляет собой три контурных репера, два из которых установлены в противоположных боках выработки соосно, на высоте 1,0 м от почвы выработки, и один – в кровле выработки по ее вертикальной оси (рис. 1).

Репер представляет собой шпур длиной 0,50 м диаметром 32 мм, в котором при помощи деревянных пробок закрепляются металлические штыри, выходящие одним концом в выработку. Конец репера, выходящий в выработку, выполнен в виде крюка для удобства фиксации шнуров отвеса и условного замерного горизонта.

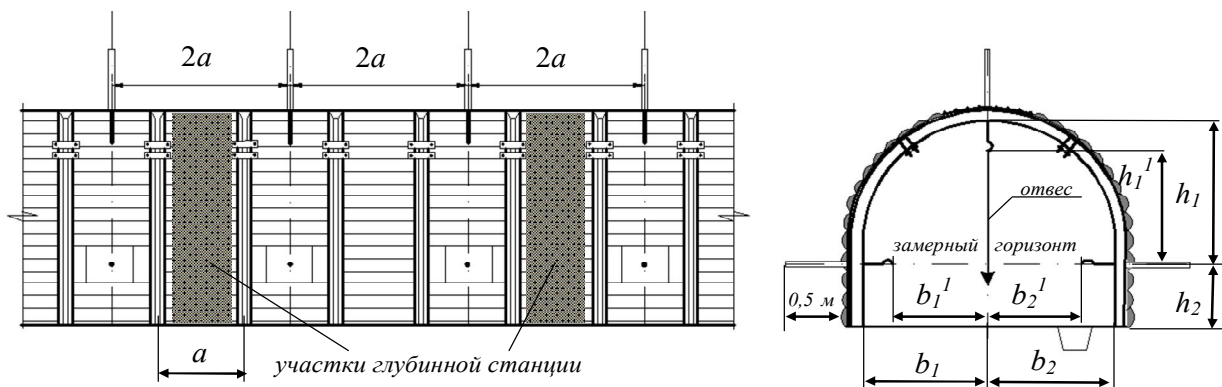


Рисунок 1 – Схема устройства замерной станции с контурными реперами

Участки замерной станции, на которых установлены глубинные реперы, показаны затенением на рис. 1. Глубинные реперы размещались в скважинах и позволяли контролировать смещения в глубине массива на различном расстоянии от контура выработки. Глубинные реперы устанавливались на расстоянии 1,5 м от забоя выработки.

Для установки глубинных реперов на замерной станции в кровле по оси выработки бурились две скважины длиной 8 м диаметром 32 мм. В каждой скважине с шагом 0,5...1,0 м устанавливались глубинные реперы.

Каждый репер состоит из якорной части, выполненной из стальной проволоки диаметром 3 мм в виде пружинного элемента, и измерительных тяг из стального тросика диаметром 2 мм.

Концевые части измерительных тяг, которые входят в выработку, снабжались метками, относительно которых выполнялись замеры. Кроме того, каждая тяга маркировалась для возможности ее идентификации при проведении измерений.

Для проведения измерений использовались маркшейдерская рулетка, отвес на гибком подвесе, жгут для натягивания измерительного горизонта и строительный уровень.

На верхний репер вывешивался отвес, а между боковыми реперами натягивался условный горизонт, положение которого проверялось строительным уровнем. Далее выполнялись измерения от верхнего репера до измерительного горизонта, от верхняка крепи до измерительного горизонта и от горизонта до уровня головки рельса. Дополнительно измерялись величины замков арочной крепи.

Для контроля изменения ширины выработки измерялись расстояние между боковыми реперами, реперами и отвесом и стойками крепи и отвесом. Полученные результаты фиксировались в замерной ведомости. Частота проведения измерений в первые шесть недель наблюдений была один раз в три дня, в дальнейшем, один раз в десять дней. Результаты измерений приведены на рис. 2–6.

В условиях образования зоны неупругих деформаций качественную и количественную оценки деформационных процессов производили по изменению величины коэффициента разрыхления пород k_{cp}

на участках между рассматриваемыми глубинными реперами. Средний коэффициент разрыхления пород между соседними реперами определяли по формуле, предложенной в работе [5].

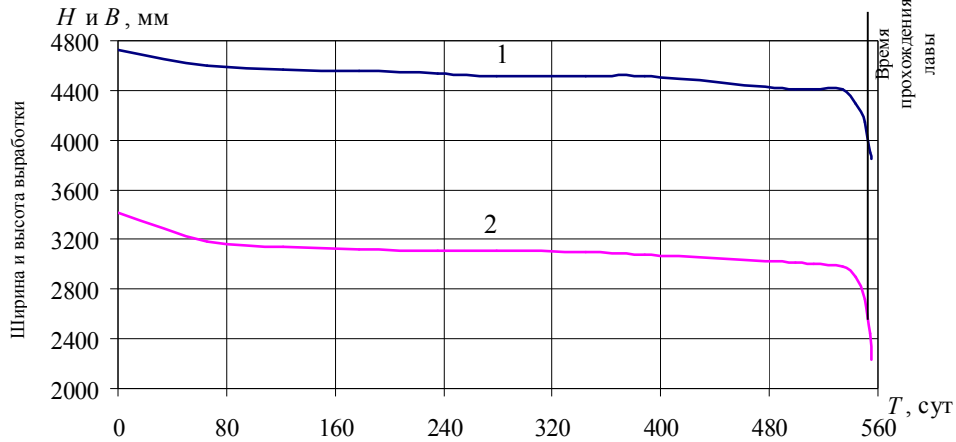


Рисунок 2 – Зависимость изменения параметров 8-ого южного конвейерного штрека от времени: 1 – ширина (B), 2 – высота (H)

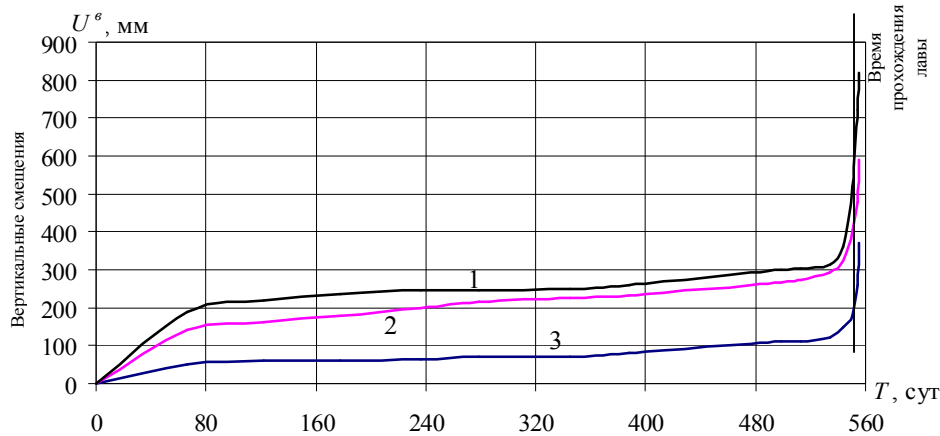


Рисунок 3 – Зависимость изменения величины вертикальных смещений в 8-ом южном конвейерном штреке от времени: 1 – почвы, 2 – массива в кровле, 3 – верхняка крепи

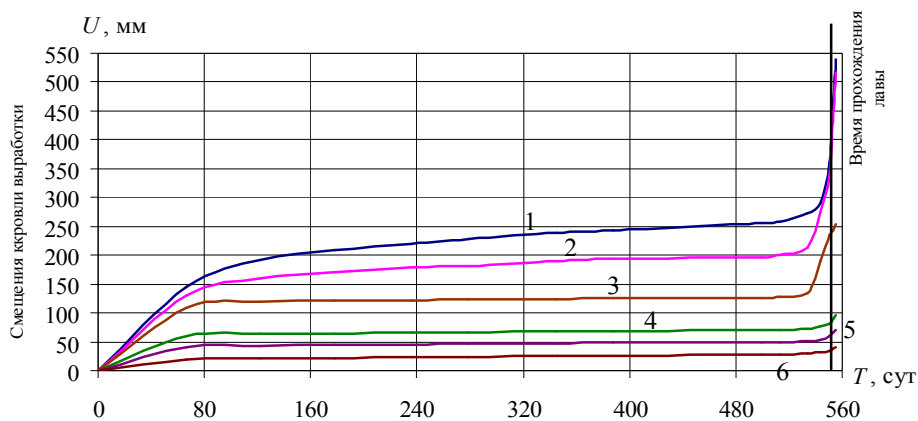


Рисунок 4 – Смещения кровли выработки относительно глубинных реперов во времени: 1 – 5 м, 2 – 4 м, 3 – 3 м, 4 – 2 м, 5 – 1 м, 6 – 0,5 м

Анализ полученных результатов показывает следующее:

– изменения параметров 8-ого южного конвейерного штрека, величины и скорости смещений в выработке происходят в три стадии: первая стадия

(0...70 сут. выработка в массиве) уменьшение высоты и ширины выработки, увеличение смещений и рост скорости смещений в выработке; вторая – (70...520 сут. выработка в массиве) практически затухание все процессов; третья – (520 сут. и далее

выработка испытывает влияние лавы) довольно быстрое уменьшение высоты и ширины выработки, значительный рост скорости и величины смещений в выработке (рис. 2–4, 6);

– уменьшения высоты и ширины 8-ого южного конвейерного штрека на 70 сут. на участке с рамно-

анкерной крепь составили 245 и 135 мм соответственно, на 520 сут. – 415 и 320 мм соответственно, на момент прохождения лавы – 980 и 830 мм соответственно (рис. 2), тогда как на участке с рамной крепью в 1,5...2 раза больше;

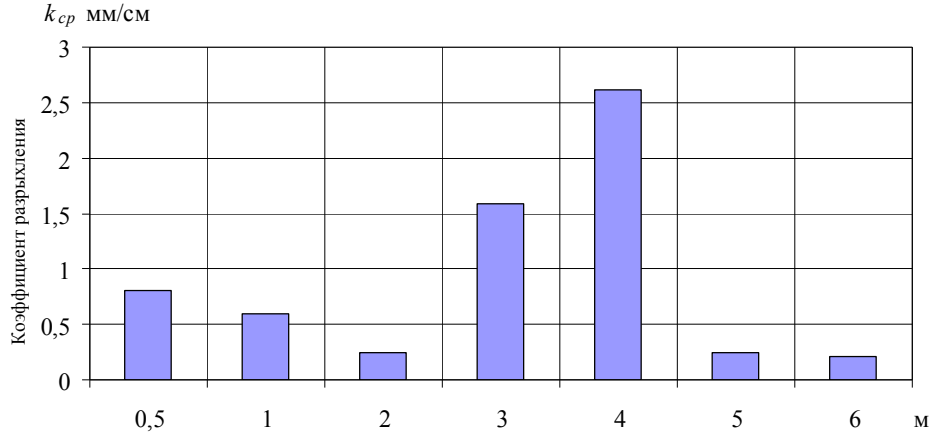


Рисунок 5 – Величина среднего коэффициента разрыхления пород кровли при удалении от контура выработки на 555 сутки наблюдений (в районе окна лавы)

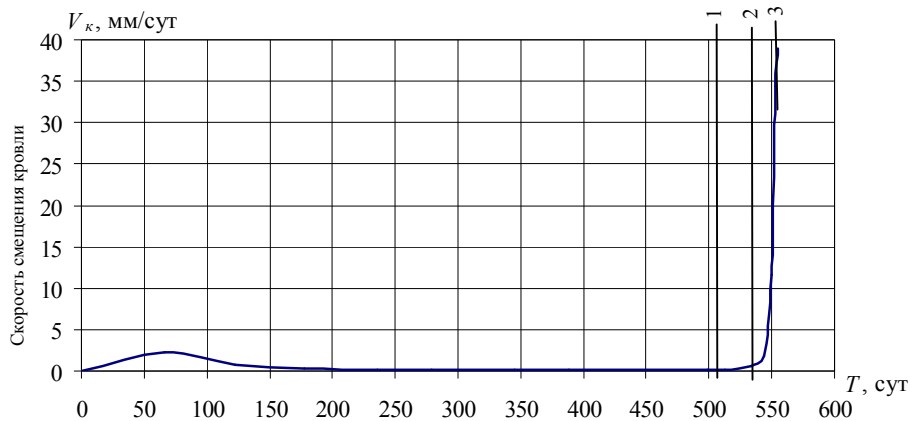


Рисунок 6 – Скорость смещения кровли относительно глубинного репера (5 м) во времени и расстоянии до лавы: 1 – 120 м до лавы, 2 – 60 м до лавы, 3 – окно лавы

– смещения массива в кровле, почвы и верхняка крепи выработки составили: на 70 сут. – 142, 192 и 51 мм соответственно, на 520 сут. – 274, 306 и 111 мм соответственно, на момент прохождения лавы – 480, 720 и 260 мм соответственно (рис. 3);

– процесс смещения массива в кровле 8-ого южного конвейерного штрека происходил в три этапа: первые 70 сут. смещения со скоростью – 2,2 мм/сут.; следующие 450 сут. смещения практически прекратились – 0,2 мм/сут., а далее (до лавы 100... 0 м) резкое увеличение величины и скорости смещений – 1,2...38,9 мм/сут. (рис. 6);

– процесс смещения в почве 8-ого южного конвейерного штрека происходил в три этапа, первые 70 сут. смещения со скоростью – 2,7 мм/сут.; следующие 450 сут. смещения практически прекратились – 0,25 мм/сут., а далее (до лавы 100... 0 м) резкое увеличение величины и скорости поднятия почвы – 1,3...47,3 мм/сут.;

– процесс смещения верхняка крепи происходил в три этапа: первые 70 сут. смещения со скоростью – 0,72 мм/сут.; следующие 450 сут. смещения практически прекратились – 0,13 мм/сут., а далее (до лавы 100...0 м) резкое увеличение величины и скорости смещений верхняка крепи – 0,9...21,5 мм/сут.;

– большая разница между смещениями массива в кровле выработки и верхняком крепи (рис. 3) свидетельствует о том, что забутовка закрепного пространства в кровле выполнена некачественно, тогда как в боках выработки массив и крепь смещаются практически совместно;

– как видно из рис. 4, расслоение массива вглубь от контура выработки происходит практически с момента ее проведения, но особенно оно активизируется при приближении очистного забоя на расстояние около 90 м;

– приконтурный участок массива (до 2 м от контура выработки), перемещался практически единым блоком (рис. 4);

– непосредственно за этим участком (2...4 м от контура выработки) наблюдается зона сильно разрушенных пород ($k_{cp} = 1,6...2,6$) (рис. 5), далее (4 м и далее от контура выработки) деформации массива значительно уменьшаются ($k_{cp} = 0,22...0,09$);

– вокруг подготовительной выработки, закрепленной рамно-анкерной крепью, образуется зона неупругих деформаций и зона разрушения. Особенностью образования зоны разрушенных пород является то, что она начинает развиваться не от контура выработки, а от внешней границы заанкерowanego массива.

ВЫВОДЫ. В кровле выработки, закрепленной рамно-анкерной крепью, формируется породно-анкерная конструкция, которая выполняет роль крепи. Далее начинается расслоение пород за ее границей, при этом конструкция воспринимает на себя нагрузку от разрыхления пород в зоне разрушения и сдерживает развитие деформаций в глубину массива и смещения пород в направлении контура выработки.

Начало повышенного влияния очистных работ на подготовительные выработки происходит на расстоянии 80...100 м. Смещения пород кровли, почвы и боков выработки с рамно-анкерной крепью в сравнении с рамной крепью, для данных условий разработки, уменьшаются в 1,5...2 раза.

Результаты натурных инструментальных исследований являются исходными данными для разработки методов и средств обеспечения устойчивости подготовительных выработок шахт ООО «ДТЭК Добропольеуголь», которые будут использованы при создании лабораторных и математических моделей.

MINING BEHAVIOUR RESEARCH OF MARGINAL MASSIF OF FRAME-BOLTED DEVELOPMENT WORKINGS

R. Tereschuk, O. Grigoriev

State Higher Educational Establishment "National Mining University"

prosp. Karl Marx, 19, Dnipropetrovsk, 49005, Ukraine. E-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

In the article, the authors have considered mining and geological conditions of driving and walling of the development workings. The purpose of the research was to study behaviour of the marginal massif of the frame-bolted development workings. The technique of mine instrumental observations, designs of metering station and deep bench mark are shown. Also, the article presents the results of displacement of the roof, floor and sides of the development workings, as well as the deep frames, and offset of the value of the average coefficient of roof rocks loosening in the conditions at the «Dobropolskaya» mine of «DTEK Dobropolyeugol», LTD. The obtained relationships were analyzed. It was defined the distance on which the higher influence of cleaning works on preliminary developments begins. The reduction of displacement of roof rocks, ground, and walls of the frame-bolted working in comparison to the bolted one was detected. The key areas for further research of the behavior of the marginal massif of frame-bolted development workings are identified.

Key words: development working, metering station, deep frame, fragmentation index.

REFERENCES

1. Khalimendik, Yu., Panibratchenko, V., Tereschuk, R. *et al.* (2011), "Mining research of state of inclined workings", *Geotechnical mechanics*, vol. 94, pp. 229–238.
2. Tereschuk, R., Grigoriev, O. (2012), "Survey of workings' state of mines at the "Dobropolskoye" mine office "DTEK Dobropolyeugol", LTD", *Ground control in mining*, vol. 1–2, no. 20–21, pp. 68–85.
3. Tereschuk, R., Grigoriev, O. (2012), "Experimental survey and estimation of workings' state of mines at the "Bilozerskoye" mine office "DTEK Dobropolyeugol", LTD", *Up-to-date resource- and energy-saving technologies in mining industry*, Kremenchuk Mykhailo

ЛИТЕРАТУРА

1. Халимендик Ю.М., Панибратченко В.Ф., Терещук Р.Н. и др. Шахтные исследования состояния наклонных выработок // *Геотехнічна механіка*. – Дніпропетровськ: ІГТМ НАН України, 2011. – Вип. 94. – С. 229–238.
2. Терещук Р.Н., Григорьев А.Е. Обследование состояния горных выработок на шахтах шахтоуправления «Добропольское» ООО «ДТЭК Добропольеуголь» // *Проблеми гірського тиску*. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – №1 (20)–№2 (21). – С. 68–85.
3. Терещук Р.Н. Григорьев А.Е. Экспериментальные исследования и оценка состояния горных выработок на шахтах шахтоуправления «Белозерское» ООО «ДТЭК Добропольеуголь» // *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал*. – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 2/2012 (10). – С. 60–67.
4. Терещук Р.Н. Шахтные исследования поведения приконтурного массива наклонных горных выработок, закрепленных рамно-анкерной крепью // *Вісті Донецького гірничого інституту*. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – № 1 (32). – С. 292–297.
5. Новиков А.О. Развитие научных основ управления устойчивостью выработок с использованием анкерных систем: дисс. ... доктора техн. наук: 05.15.02 / Новиков Александр Олегович. – Донецк, 2011. – 479 с.

Ostrohradskyi National University, vol. 2, no. 10, pp. 60–67.

4. Tereschuk, R. (2013), "Mining studies of bearing strata in vicinity of inclined mining workings supported by frame and roof bolting", *Visti Donetskogo girnychoho instytutu*, vol. 1, no. 32, pp. 292–297.

5. Novikov, A.O. (2011), "The development of scientific bases of management by stability of developments using bolting systems", Thesis Doc. Sc. (Engineering), 05.15.02, DonNTU, Donetsk, Ukraine.

Стаття надійшла 16.12.2013.