

УДК 622.281.74

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ДЛИНЫ АНКЕРОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК

Р. Н. Терещук

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

Приведены результаты математического моделирования рамно-анкерной крепи, установленной в наклонной выработке, для условий пласта m_5^{16} шахты «Добропольская» ООО «ДТЭК Добропольеуголь». Изучено поведение приконтурного массива наклонной горной выработки, закрепленной рамно-анкерной крепью, и определена рациональную длину анкеров. Получены зависимости смещений кровли и почвы наклонной выработки от изменения длины и количества анкеров, установленных в приконтурный массив горной выработки. Выполнен анализ полученных результатов. Определена рациональная длина анкера для крепления наклонных выработок в данных горно-геологических условиях. Намечены основные направления дальнейших исследований поведения приконтурного массива наклонных горных выработок, закрепленных рамно-анкерной крепью.

Ключевые слова: анкерная крепь, рациональная длина анкера, математическое моделирование, наклонная выработка, приконтурный массив.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ АНКЕРІВ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ ПОХИЛИХ ВИРОБОК

Р. М. Терещук

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

Наведено результати математичного моделювання рамно-анкерного кріплення, встановленого в похилій виробці, для умов пласта m_5^{16} шахти «Добропільська» ТОВ «ДТЕК Добропільлявугілля». Вивчено поведінку приконтурного масиву похилої гірничої виробки, що закріплені рамно-анкерним кріпленням, та визначено раціональну довжину анкера. Отримано залежності зміщень покрівлі та підшви похилої виробки від зміни довжини та кількості анкерів, що встановлені в приконтурний масив гірничої виробки. Виконано аналіз отриманих залежностей. Визначено раціональну довжину анкера для кріплення похилих виробок у даних гірничо-геологічних умовах. Намічені основні напрямки подальших досліджень поведінки приконтурного масиву похилих гірничих виробок, що закріплені рамно-анкерним кріпленням.

Ключові слова: анкерне кріплення, раціональна довжина анкера, математичне моделювання, похила виробка, приконтурний масив.

АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ. Одним из основных фактором, определяющим состояние угольной промышленности и перспективы ее дальнейшего развития, является вопрос обеспечения эксплуатационного состояния горных выработок в течение всего срока их целевого использования. Нарушение эксплуатационного состояния выработок приводит к потере производственной мощности предприятий, то есть снижает реальную добычу полезного ископаемого и увеличивает его себестоимость.

Проблема обеспечения устойчивости горных выработок приобретает особенно большое значение с увеличением глубины разработки, так как при этом повышается величина горного давления, что обуславливает значительные деформации крепи горных выработок.

Для обеспечения эксплуатационного состояния горных выработок приходится вести ремонтные работы, заключающиеся в полном перекреплении отдельных участков или всей выработки, замене деформированных элементов крепи, применении временной усиливающей крепи, увеличении плотности установки рам и замене межрамных ограждений крепи, подрывке вспученных пород почвы и др.

Решение вопросов о рациональном креплении, поддержании и охране горных выработок должно основываться на результатах натурных исследований [1–4]. В работах [5–7] выполнен значительный объем численного моделирования, направленного на

изучение параметров одиночного анкера, установленного в однородный и неоднородный приконтурный массив. Эти результаты могут служить только как предварительные для определения параметров крепления горных выработок рамно-анкерной (анкерной) крепью в реальных горно-геологических условиях. Для более точного обоснования рациональных параметров крепления горных нужно дополнительно изучать влияние анкерных систем на приконтурный массив.

Целью работы является изучение поведения приконтурного массива наклонной горной выработки, закрепленной рамно-анкерной крепью, и определение рациональной длины анкеров, установленных в выработке, для условий пласта m_5^{16} шахты «Добропольская» ООО «ДТЭК Добропольеуголь».

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Исследования влияния рамно-анкерной (анкерной) крепи на приконтурный массив наклонной горной выработки выполнялись на основе изучения закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния приконтурного углепородного массива и сводились к определению ожидаемых смещений породного контура выработки.

Методом конечных элементов моделировались условия грузового хода уклона пласта m_5^{16} горизонта 450 м шахты «Добропольская». Условия заложения, проведения и крепления выработки, а так-

же физико-механические параметры угольного пласта и вмещающих пород, используемые при математическом моделировании, подробно описаны в работе [8]. Расчетная схема к решению задачи определения рациональной длины анкеров для крепления наклонных выработок приведена на рис. 1.

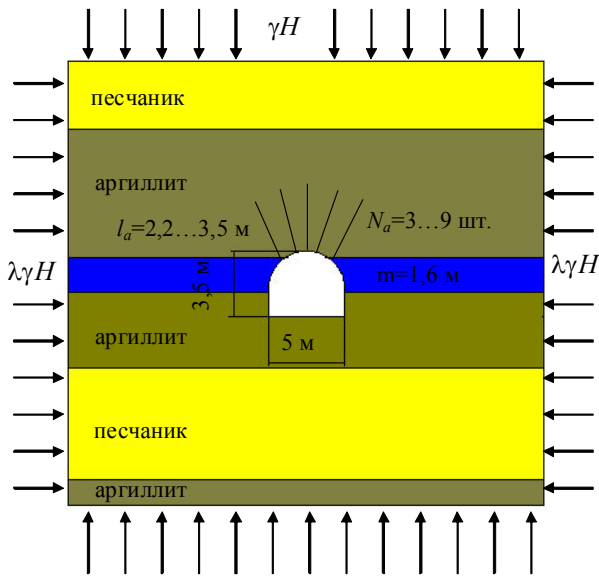
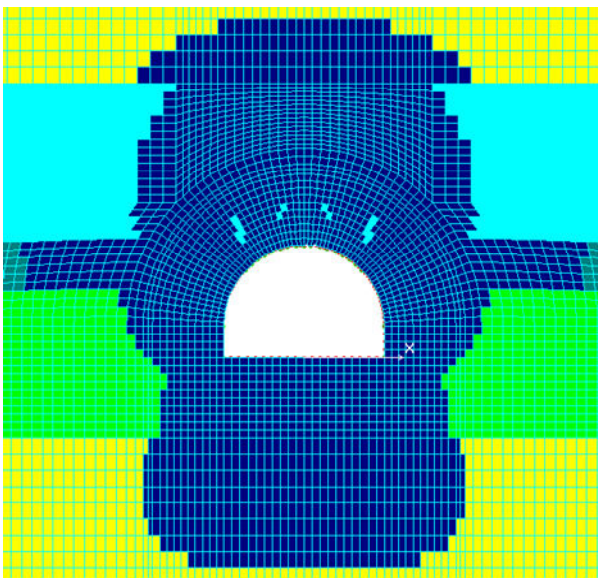
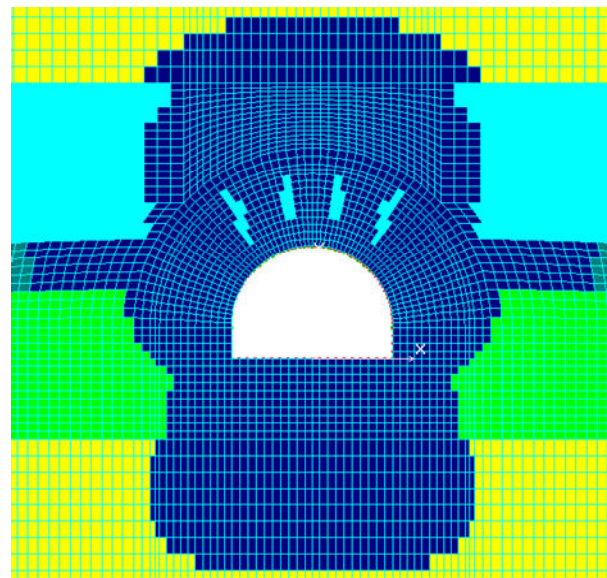


Рисунок 1 – Расчетная схема к решению задачи определения рациональной длины анкеров для крепления наклонных выработок

Исследования были направлены на определение рациональной длины анкеров, установленных в выработке, при количестве анкеров от 3 до 9 штук, без



а



б

Рисунок 2 – Прилегающая к выработке зона разрыхления при креплении выработки арочной крепью и дополнительно 4 анкерами длиной 2,2 м (а) и 3 м (б)

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы:

– прилегающая к выработке зона разрыхления (рис. 2), независимо от длины анкеров, практически не изменяет своих внешних размеров, при этом ее усредненный радиус r_l составляет около 6,6 м. От-

ношение усредненного радиуса зоны разрыхления к радиусу выработки r_0 составит 2,64. Таким образом, можно отметить достаточно удовлетворительное совпадение (98,5 %) теоретических $r_l/r_0 = 2,68$ и численных $r_l/r_0 = 2,64$ результатов;

1 – выработка, закрепленная арочной крепью и дополнительно тремя анкерами длиной от 2,2 до 3,5 м в кровле;

2 – выработка, закрепленная арочной крепью и дополнительно четырьмя анкерами длиной от 2,2 до 3,5 м в кровле;

3 – выработка, закрепленная арочной крепью и дополнительно пятью анкерами длиной от 2,2 до 3,5 м в кровле;

4 – выработка, закрепленная арочной крепью и дополнительно шестью анкерами длиной от 2,2 до 3,5 м в кровле;

5 – выработка, закрепленная арочной крепью и дополнительно семью анкерами длиной от 2,2 до 3,5 м в кровле;

6 – выработка, закрепленная арочной крепью и дополнительно восемью анкерами длиной от 2,2 до 3,5 м в кровле;

7 – выработка, закрепленная арочной крепью и дополнительно девятью анкерами длиной от 2,2 до 3,5 м в кровле.

Таким образом, поскольку в каждой рассматриваемой ситуации исследовались по 14 вариантов, то общее количество моделей, которые были смоделированы в данной работе, составило 98.

Результаты математического моделирования рамно-анкерной крепи, установленной в наклонной выработке, приведены на рис. 2–5.

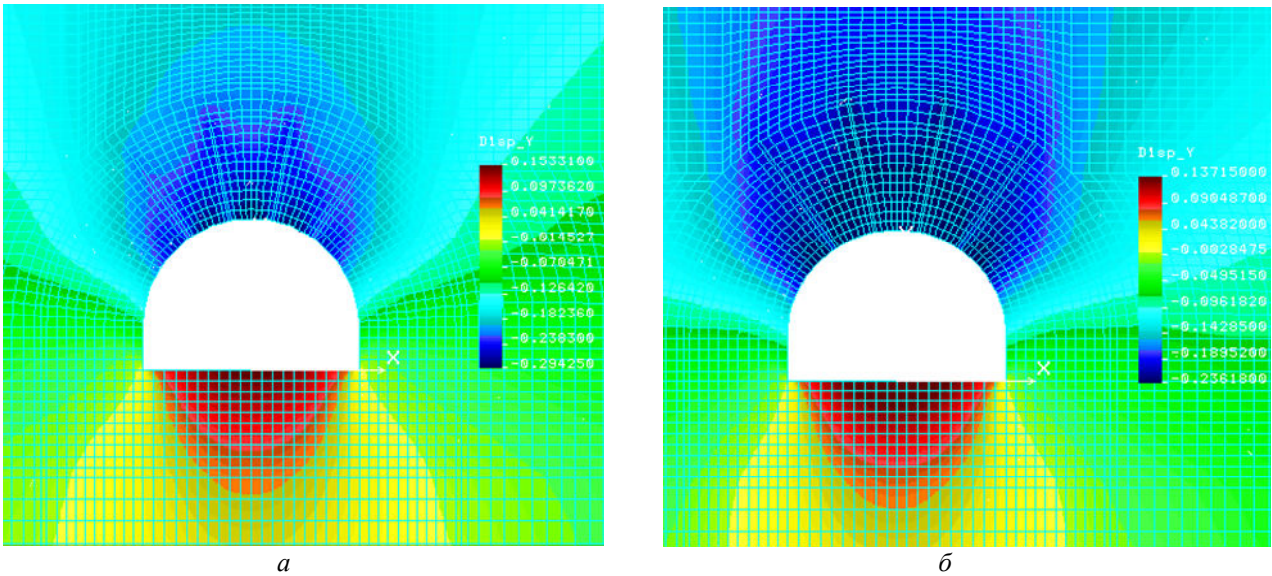


Рисунок 3 – Картина распределения полных перемещений при креплении выработки арочной крепью и дополнительно 4 анкерами длиной 2,2 м (а) и 3 м (б)

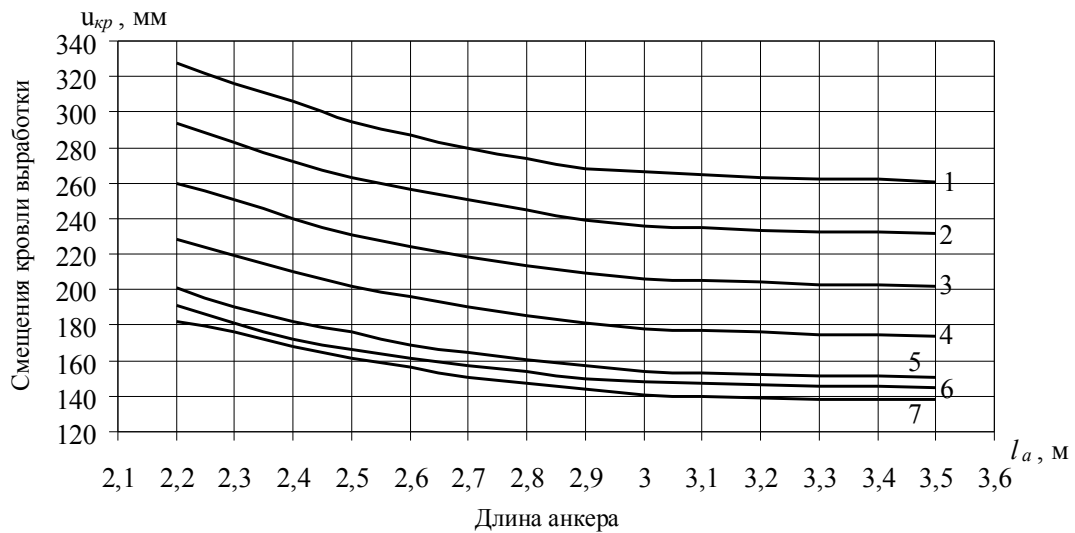


Рисунок 4 – Изменение величины смещения кровли в зависимости от длины анкеров: 1 – 3 анк., 2 – 4 анк., 3 – 5 анк., 4 – 6 анк., 5 – 7 анк., 6 – 8 анк., 7 – 9 анк.

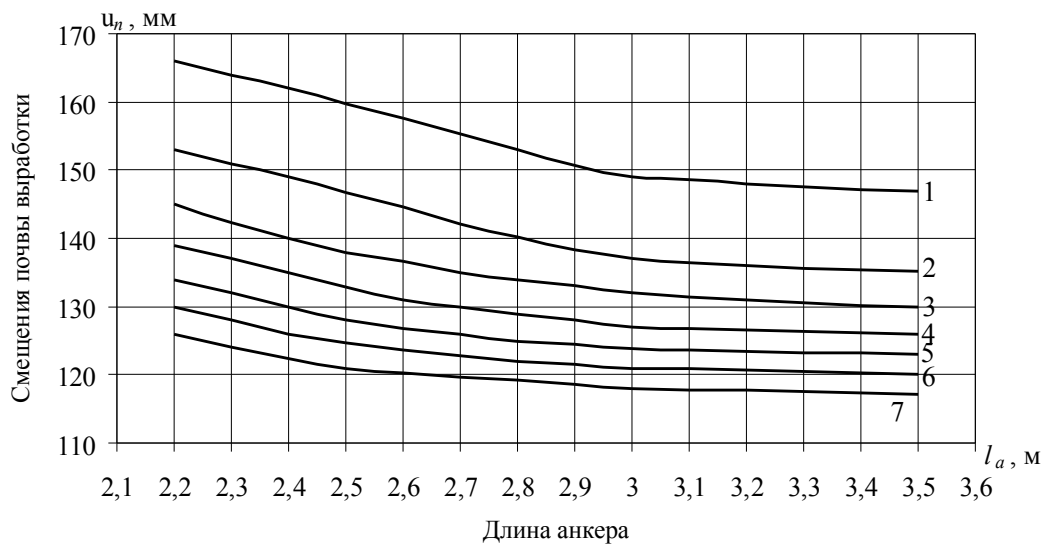


Рисунок 5 – Изменение величины смещения почвы в зависимости от длины анкеров: 1 – 3 анк., 2 – 4 анк., 3 – 5 анк., 4 – 6 анк., 5 – 7 анк., 6 – 8 анк., 7 – 9 анк.

– из рис. 3 видно, что при увеличении длины анкеров в кровле выработки образуется определенная зона (более темная), в которой все точки массива перемещаются на одинаковую величину;

– основное влияние по уменьшению смещений кровли и почвы выработки оказывает установка анкеров длиной около 3 м (смещения уменьшаются на 93 и 89 % соответственно), дальнейшее увеличение длины анкеров существенно не влияет на геомеханическую ситуацию вокруг выработки (рис. 4 и 5);

– величины смещений кровли выработки уменьшаются при изменении длины анкеров от 2,2 до 3,5 м (рис. 4) и описываются полиномиальными зависимостями для:

3 анкеров – на 67 мм (20,5 %) с 328 мм до 261 мм, $u_{кр} = 55,433l_a^2 - 365,24l_a + 862,59$;

4 анкеров – на 62 мм (21,1 %) с 294 мм до 232 мм, $u_{кр} = 49,615l_a^2 - 328,75l_a + 776,15$;

5 анкеров – на 58 мм (22,3 %) с 260 мм до 202 мм, $u_{кр} = 47,401l_a^2 - 312,72l_a + 717,74$;

6 анкеров – на 54 мм (23,7 %) с 228 мм до 174 мм, $u_{кр} = 43,118l_a^2 - 285,99l_a + 648,28$;

7 анкеров – на 50 мм (24,9 %) с 201 мм до 151 мм, $u_{кр} = 41,012l_a^2 - 269,67l_a + 594,01$;

8 анкеров – на 46 мм (24,1 %) с 191 мм до 145 мм, $u_{кр} = 38,537l_a^2 - 251,78l_a + 556,14$;

9 анкеров – на 44 мм (24,2 %) с 182 мм до 138 мм, $u_{кр} = 35,824l_a^2 - 237,51l_a + 531,52$;

– величины смещений почвы выработки уменьшаются при изменении длины анкеров от 2,2 до 3,5 м (рис. 5) и описываются полиномиальными зависимостями для:

3 анкеров – на 19 мм (11,4 %) с 166 мм до 147 мм, $u_{кр} = 11,064l_a^2 - 78,702l_a + 286,6$;

4 анкеров – на 17 мм (11,1 %) с 153 мм до 136 мм, $u_{кр} = 11,611l_a^2 - 80,543l_a + 274,84$;

5 анкеров – на 15 мм (10,3 %) с 145 мм до 130 мм, $u_{кр} = 9,5538l_a^2 - 65,396l_a + 242,12$;

6 анкеров – на 13 мм (9,4 %) с 139 мм до 126 мм, $u_{кр} = 10,252l_a^2 - 68,133l_a + 239,28$;

7 анкеров – на 11 мм (8,2 %) с 134 мм до 123 мм, $u_{кр} = 9,3114l_a^2 - 60,892l_a + 222,58$;

8 анкеров – на 10 мм (7,7 %) с 130 мм до 120 мм, $u_{кр} = 7,8441l_a^2 - 51,571l_a + 20$;

9 анкеров – на 9 мм (7,1 %) с 126 мм до 117 мм, $u_{кр} = 6,6458l_a^2 - 43,917l_a + 189,85$;

– при увеличении количества анкеров от трех до девяти штук степень влияния длины анкера на смещения кровли и почвы выработки уменьшается с 67 до 44 мм (34,3 %) и с 19 до 9 мм (52,6 %) соответственно.

ВЫВОДЫ. Таким образом, в условиях пласта m_5^1 шахты «Добропольская» при креплении наклонных горных выработок рамно-анкерной крепью рациональная длина анкеров, установленных в кровле выработки по технологическим параметрам, составляет около 2,9...3,1 м, что совпадает с резуль-

татами, полученными для одиночного анкера, установленного в однородном породном массиве [9].

Дальнейшие исследования будут направлены на определение рациональной длины анкера и плотности их установки при изменении глубины заложения выработки для условий пласта m_5^1 шахтоуправления «Добропольское» ООО «ДТЭК Добропольеуголь».

ЛИТЕРАТУРА

1. Халимендик Ю.М., Панибратченко В.Ф., Терещук Р.Н., Колесниченко Е.А., Григорьев А.Е. Шахтные исследования состояния наклонных выработок // Геотехнічна механіка: міжвід. збір. наук. праць. – 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» // Збір. наук. праць «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 (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. Терещук Р.Н. Определение рациональной плотности анкерования однородного приконтурного массива // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий журнал. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 2 (12). – С. 130–137.

6. Терещук Р.Н. Определение зоны влияния одиночного анкера на однородный приконтурный массив // Збір. наук. праць «Проблеми гірського тиску». – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – № 19. – С. 183–195.

7. Терещук Р.Н. Определение рациональной зоны влияния одиночного анкера на неоднородный приконтурный массив // Збір. наук. праць «Проблеми гірського тиску». – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – № 1 (22)–№ 2 (23). – С. 80–94.

8. Терещук Р.Н. Определение рациональной плотности анкерования наклонных выработок // Уголь Украины. – 2014. – № 10. – С. 8–11.

9. Терещук Р.Н. Определение параметров зоны влияния одиночного анкера, установленного в однородном приконтурном массиве // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників-2013», 2–5 жовтня 2013 р. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – С. 63–68.

DETERMINATION OF RATIONAL LENGTH OF ANCHORS FOR FASTENING OF INCLINED WORKINGS

R. Tereschuk

State Higher Educational Establishment "National Mining University"

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

The results of mathematical modeling of arch and roof bolt support, installed in an inclined working, for conditions of seam m_5^{16} of the mine "Dobropolskaya" LLC "DTEK Dobropolyeugol" are given. The aim of this work is to study the behavior of surrounding massif of inclined mine working fixed with arch and roof bolt support and identify rational length of anchors. The dependences of the displacement of the roof and ground of inclined working on changes in the length and number of anchors installed in the surrounding massif of mine working are achieved. The analysis of the results is carried out. The rational length of anchor for fastening of inclined workings in given mining and geological conditions is determined. The main directions for further studies of the behavior of surrounding massif of inclined mine workings, fixed with arch and roof bolt support are outlined.

Key words: roof bolt support, rational length of anchor, mathematical modeling, inclined workings, surrounding massif.

REFERENCES

1. Khalimendik, YU., Panibratchenko, V., Tereschuk, R., Kolisnichenko, E., Grigoriev, O. (2011), "Mining research of state of inclined workings", *Mizhvid. zb. nauk. prac Geotekhnikal mechanics*, vol. 94, pp. 229–238.
2. Tereschuk, R., Grigoriev, O. (2012), "Survey of workings' state in mines of mine office "Dobropolskoye" LTD "DTEK Dobropolyeugol", *Zb. nauk. prac 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 in mines of mine office "Bilozerskoye" LTD "DTEK Dobropolyeugol", *Modern resource- and energy- saving technologies in mining industry*, vol. 2, no. 10, pp. 60–67.
4. Tereschuk, R. (2013), "Mining studies of bearing strata in vicinity of inclined mining workings fastened with arch and anchor support", *Visti Donetskogo girnychogo institutu*, vol. 1, no. 32, pp. 292–297.
5. Tereschuk, R. (2013), "Definition of rational anchoring density of homogenous surrounding massif", *Modern resource- and energy- saving technologies in mining industry*, vol. 2, no. 12, pp. 130–137.
6. Tereschuk, R. (2011), "Determination of influence a single anchor on a uniform surrounding massif", *Zb. nauk. prac Ground control in mining*, no. 19, pp. 183–195.
7. Tereschuk, R. (2013), "Rational zone of influence of a single anchor on the heterogenous surrounding massif", *Zb. nauk. prac Ground control in mining*, vol. 1–2, no. 22–23, pp. 80–94.
8. Tereschuk, R. (2014), "Determination of rational density of anchoring the inclined workings", *Ugol Ukrainy*, no. 10, pp. 8–11.
9. Tereschuk, R. (2013), "Defining the parameters of influence a single anchor, set in a uniform surrounding massif", *Materialy mizhnarodnoyi konferentsiyi «Forum girnykiv – 2013»* [Materials of international conference «Forum of mining engineers–2013»], Dnipropetrovsk, NMU, October 2–5, pp. 63–68.

Стаття надійшла 28.02.2015.