

from all aggregate of factors rock-geological and production, which can have influence on power descriptions of anchors with the lock fixing, determining are construction of anchor lock displacement in relation to a mining hole, rock strength and fracturing in the place of lock fixing, and the basic loss of anchors pull in rock deformation on the contact with a lock and supporting plate.

Key words: the pull of anchorage, strength of anchorage fixing, contact stress.

REFERENCES

1. Yurchenko, I. A. (1970), “Energy approach to the calculation of anchorage”, *FTRPI*, no. 1, pp. 27–32.
2. Kravchenko, G. I. (1970), “About influencing of anchor support pull on the strength of the system “support – rock”, *FTRPI*, no. 4, pp. 34–40.
3. Kravchenko, G. I. and Belov, A. E. (1965), “Methodic and results of investigation anchorage influence on carrying ability of walls”, *Voprosy gornogo davleniya*, no. 24, pp. 37–45.
4. Melnikov, N. I. and Lindenau, N. I. (1959), *Opyt primeneniya ankernoy krepki* [Experience of application of anchorage], Gosgortekhzdat, Moscow, Russia.
5. Kurganskiy, E. V. (1972), “Research of work of metallic anchorage during its protracted exploitation”, Abstract of D.Sc. (Tech.) dissertation, Underground working mining, Novocherkassk, Russia.
6. *Tipovaya metodika po ispytaniyu opytnykh obraztsov i opytno-promyshlennykh partiy ankernoy krepki* [Sample methodic on the test of pre-production models and experimental-industrial parties of anchorage] (1972), IGD im. A. A. Skochinskogo, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 28.10.2013.

УДК 622.281.74

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ АНКЕРОВАНИЯ ОДНОРОДНОГО ПРИКОНТУРНОГО МАССИВА

Р. Н. Терещук

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»

просп. К. Маркса, 19, г.Днепропетровск, 45005, Украина.

E-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

Приведены результаты математического моделирования анкерной крепи, установленной в однородном приконтурном массиве. Получены зависимости изменения относительных смещений кровли от расстояния между анкерами и изменения размеров рациональной зоны влияния одиночного анкера от угла его наклона. Выполнен анализ полученных результатов. Определена рациональная плотность анкерования однородного массива при проведении горных выработок.

Ключевые слова: анкерная крепь, плотность анкерования, математическое моделирование, приконтурный массив.

СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН

**ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЩІЛЬНОСТІ АНКЕРУВАННЯ
ОДНОРІДНОГО ПРИКОНТУРНОГО МАСИВУ**

Р. М. Терещук

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ
просп. К. Маркса, 19, Дніпропетровськ, 45005, Україна.

E-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

Наведені результати математичного моделювання анкерного кріплення, що встановлене в однорідному приконтурному масиві. Отримані залежності зміни відносних зміщень покрівлі від відстані між анкерами та зміни розмірів раціональної зони впливу одиночного анкера від кута його нахилу. Виконано аналіз отриманих результатів. Визначена раціональна щільність анкерування однорідного масиву при проведенні гірничих виробок.

Ключові слова: анкерне кріплення, щільність анкерування, математичне моделювання, приконтурний масив.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Вопросы обеспечения устойчивости горных выработок, повышения безопасности ведения подземных работ и быстрая подготовка новых выемочных полей могут быть решены путем использования более эффективных и металлосберегающих видов крепи, одним из которых является анкерная.

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

Исследование взаимодействия одиночного анкера, а тем более системы анкеров, с породным массивом аналитическими методами представляет очень непростую задачу. В этой связи основные параметры анкерной крепи можно определить путем математического моделирования.

Результаты исследований размеров зоны влияния одиночного анкера на однородный приконтурный массив при различной длине анкера, на различных глубинах разработки и при изменяющихся физико-механических характеристиках вмещающих пород приведены в работах [1–5].

Цель работы – изучить поведение однородного приконтурного массива, закрепленного анкерной крепью, и определить рациональную плотность установки анкеров.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Исследование влияния анкеров на приконтурный массив выполнялось на основе изучения закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния приконтурного массива пород и сводилось к определению ожидаемых смещений породного контура выработки.

Для решения поставленной задачи использовались численные методы механики деформируемого твердого тела. Они обладают наибольшей общностью при описании механических процессов в породных массивах и конструкциях, так как свободны от влияния частных факторов, отражающих специфику гор-

нотехнической ситуации. Эти методы также позволяют исследовать механические процессы в более широком диапазоне, т.е. дают возможность не только качественно, но и количественно прогнозировать результаты проявления горного давления.

Методом конечных элементов моделировалась одиночная выработка прямоугольного сечения с линейными размерами: ширина – 6 м, высота – 3 м; расположенная в центре однородного массива (с размерами 50×50 м) с физико-механические параметры: модуль упругости $E = 7950$ МПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,23$, предел прочности на сжатие $R_c = 30$ МПа, предел прочности на растяжение $R_p = 3,0$ МПа, плотность пород $\gamma = 2,5$ т/м³ на глубине $H = 1000$ м, что соответствует горному давлению 25 МПа.

Исследования выполнялись по двум направлениям: определялся рациональный шаг установки анкеров, расположенных перпендикулярно кровле выработки (рис. 1,а), и влияние угла наклона анкера на плотность их установки (рис. 1,б). При моделировании принимались анкера длиной 2, 2.5 и 3 м. При решении первой задачи изменяли расстояние между анкерами $a = 0,1 \dots 1,6$ м и изучали его влияние на смещения приконтурного массива, оценивая относительными смещениями U''/U_0 , где U'' – смещения кровли между анкерами, см, U_0 – максимальные смещения кровли, см. При решении второй задачи исследовали изменения рациональной зоны влияния b_a одиночного анкера в зависимости от угла его наклона к кровле выработки $\alpha_a = 0 \dots 45^\circ$. При вертикальной установке анкера $\alpha_a = 0^\circ$. На рис. 2 приведена схема к определению рациональной зоны влияния одиночного анкера на приконтурный массив. Она определяется из условия $\Delta U = U_0 - U_a \geq 15\%$, где U_a – смещения в районе анкера. Результаты исследований приведены на рис. 3–8.

Анализируя полученные результаты первой задачи можно сделать следующие выводы:

- при расстоянии между анкерами 20...50 см ($l_a = 2 \dots 3$ м соответственно) наблюдается область приконтурного массива, где не произошло разрушение пород (рис. 4);

- при расстоянии между анкерами 20...50 см ($l_a = 2 \dots 3$ м соответственно) область кровли между анкерами смещается на величину равной смещениям U_a в районе анкера (рис. 3 и 5);

- при увеличении шага установки анкеров между ними появляется прогиб кровли, что свидетельствует о смещениях больших, чем U_a (рис. 6);

- при шаге установки анкеров 130...165 см ($l_a = 2 \dots 3$ м соответственно) смещения между анкерами достигают максимальных смещений в кровле выработки U_0 (рис. 3);

- сравнивая результаты натуральных исследований и в данной работе (рис. 3), можно сделать вывод, что рациональный шаг установки анкеров в кровле составляет 90 см для анкеров длиной 2 м, 100 см – $l_a = 2,5$ м, 110 – $l_a = 3$ м.

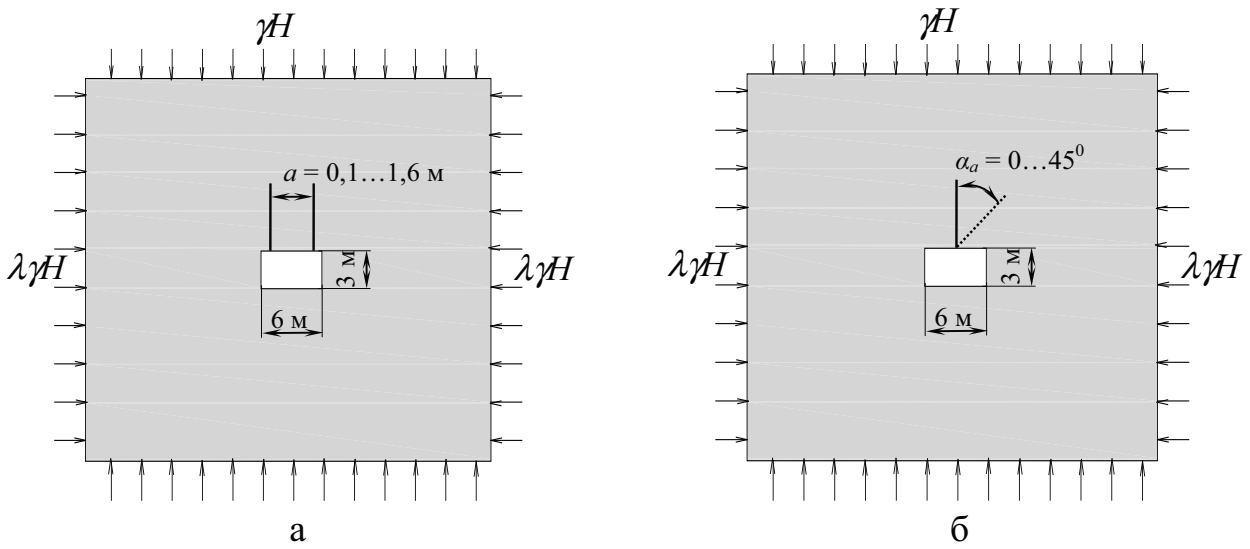


Рисунок 1 – Расчетные схемы

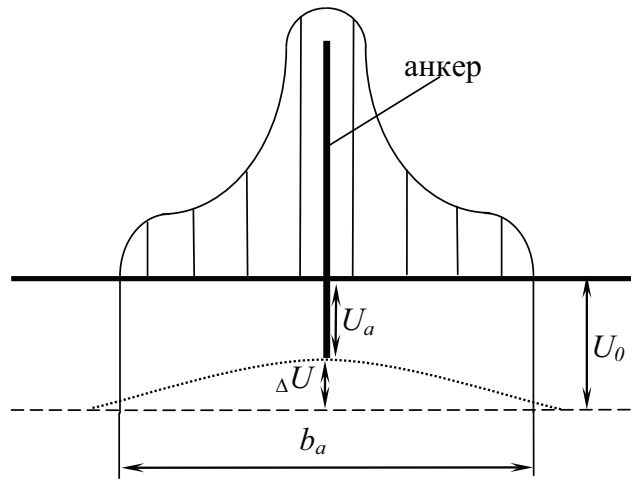


Рисунок 2 – Схема к определению зоны влияния одиночного анкера

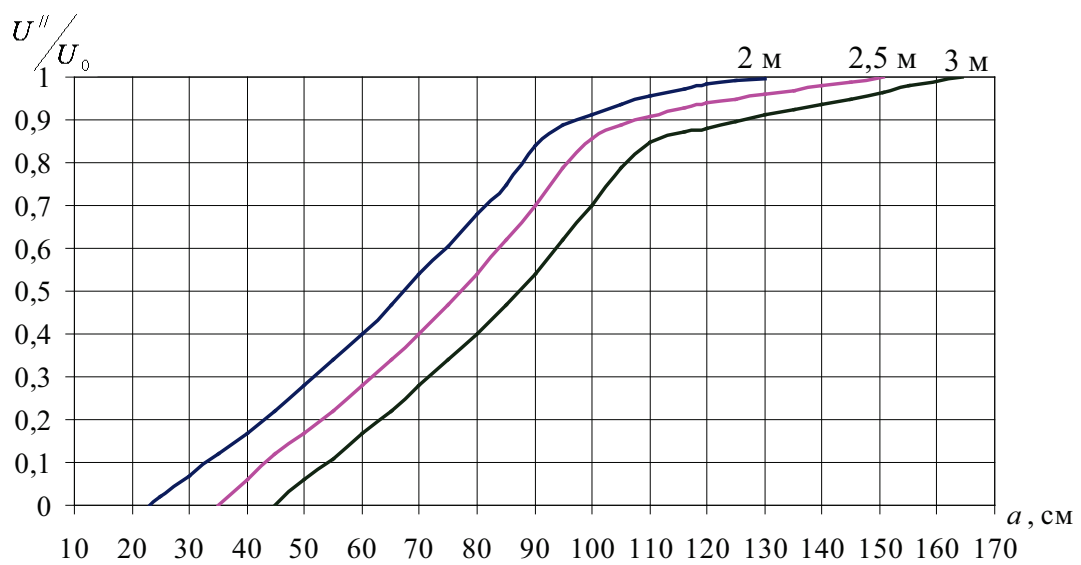


Рисунок 3 – Зависимость изменения относительных смещений кровли от расстояния между анкерами

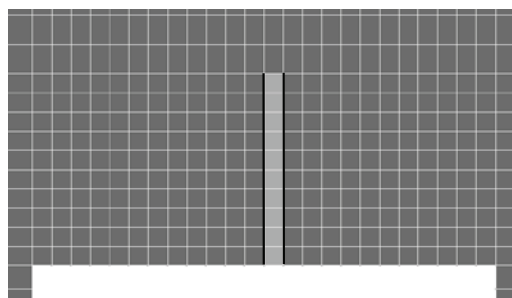


Рисунок 4 – Прилегаюча к выработке зона разрыхления

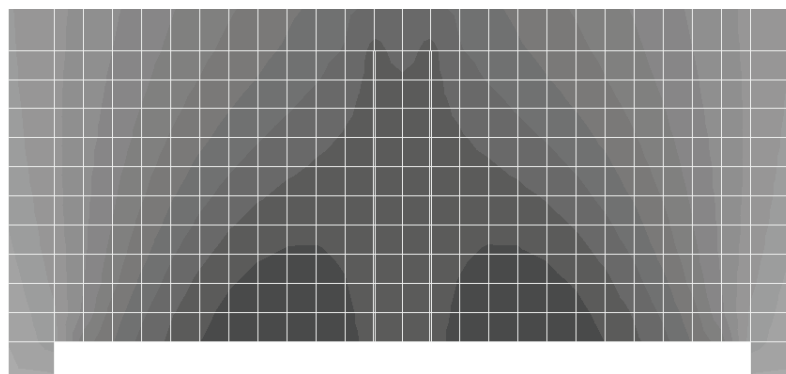


Рисунок 5 – Картина распределения полных перемещений при $a = 0,5$ м

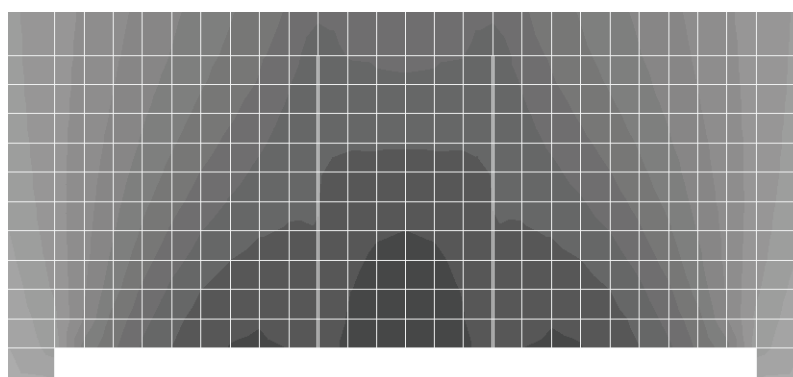


Рисунок 6 – Картина распределения полных перемещений при $a = 1,5$ м

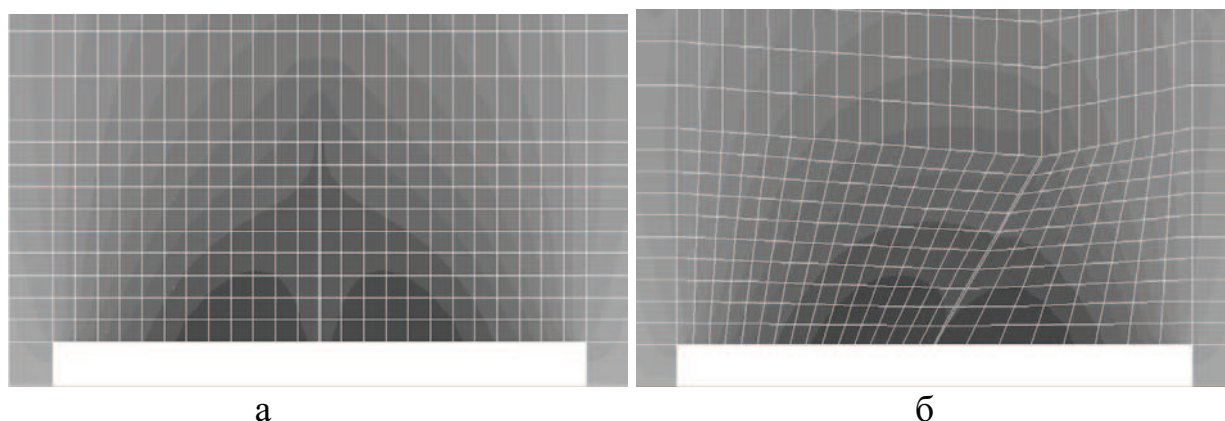


Рисунок 7 – Картина распределения полных перемещений:
а – при $\alpha_a = 0^0$, б – $\alpha_a = 30^0$

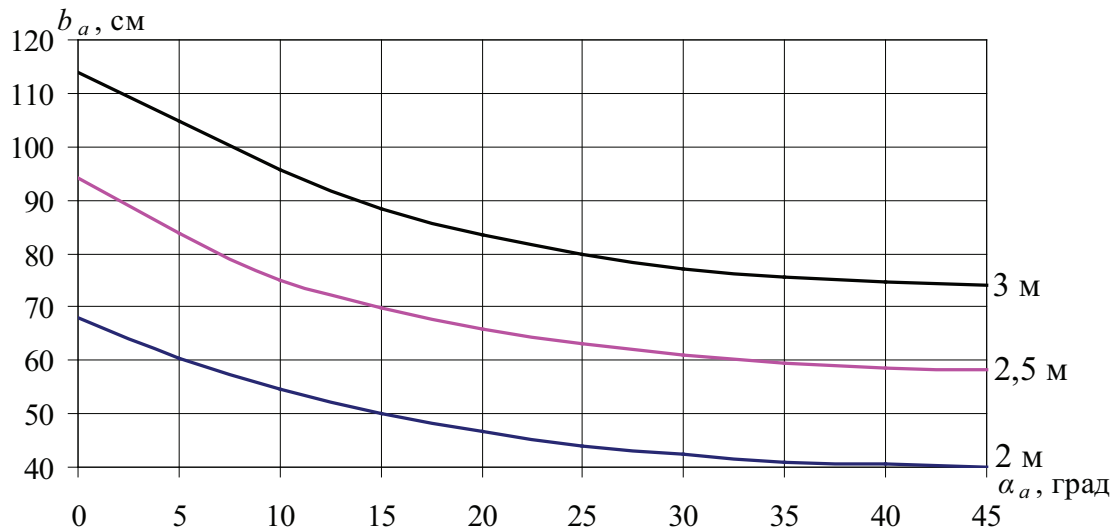


Рисунок 8 – Зависимость изменения размеров рациональной зоны влияния b_a одиночного анкера от угла его наклона

Анализируя полученные результаты второй задачи можно сделать следующие выводы:

– при изменении угла установки анкера относительно кровли от 0 до 45^0 рациональная зона влияния одиночного анкера уменьшается с 68 см до 40,2 см для анкеров длиной 2 м, что составляет 41 %, с 94 см до 58,2 см – $l_a = 2,5$ м (38 %), с 114 см до 74,2 см – $l_a = 3$ м (35 %) рис. 7;

– существенно уменьшение размеров рациональной зоны влияния одиночного анкера происходит при установке анкеров от 0 до 30^0 , дальнейшее увеличение угла установки практически не влияет (уменьшение на 8 %) на b_a (рис. 8);

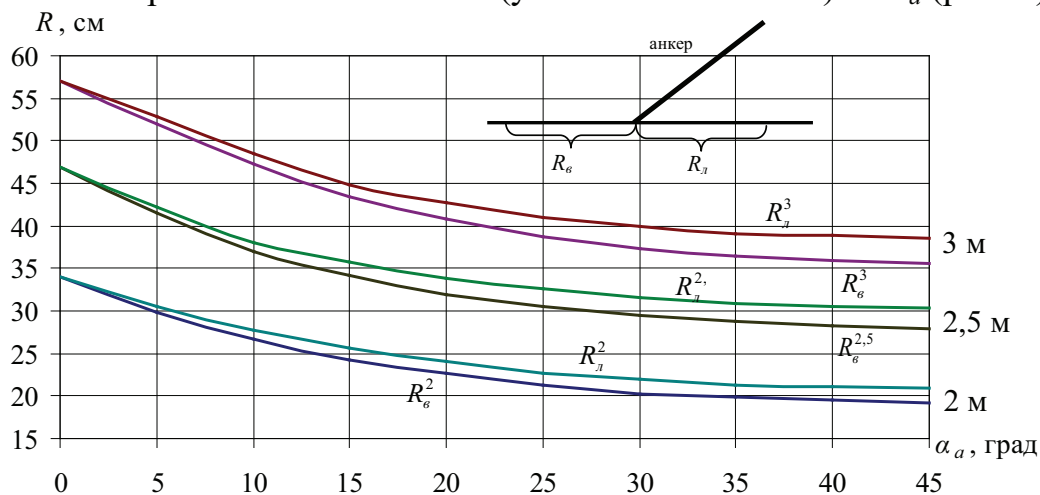


Рисунок 9 – Зависимость изменения радиусов зоны влияния одиночного анкера от угла его наклона

– смещения кровли под анкером на 9% меньше, чем смещения кровли над анкером (рис. 6);

– при изменении угла установки анкера относительно кровли от 0 до 45^0 радиусы зоны влияния одиночного анкера со стороны лежащего бока R_l и висячего бока R_g уменьшаются для анкеров длиной 2 м с 34 см до 19,3 см (43 %) и с 34 см

СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗРОБКИ КОРИСНИХ КОПАЛИН

до 20,9 см (39 %) відповідно, $l_a = 2,5$ м – с 47 см до 27,9 см (41 %) і с 47 см до 30,3 см (35 %) відповідно, $l_a = 3$ м – с 57 см до 35,6 см (38 %) і с 57 см до 38,6 см (32 %) відповідно (рис. 9);

– різниця між радіусами зони впливу одиночного анкера зі сторони лежачого боку R_l і висячого боку R_v становить близько 9%;

– при установці двох анкерів, один перпендикулярно кровлі вироботки, а другою під кутом, при зміні кута нахилу анкера від 0 до 50° крок установки анкерів буде зменшуватися для $l_a = 2$ м з 68 до 53,2 см і описуватися поліноміальною залежністю $y = 0,0084x^2 - 0,6969x + 67,429$, для $l_a = 2,5$ м з 94 до 74,8 см і описуватися поліноміальною залежністю $y = 0,0112x^2 - 0,9176x + 93,211$, для $l_a = 3$ м з 114 до 92,4 см і описуватися поліноміальною залежністю $y = 0,0122x^2 - 1,0215x + 113,51$.

ВИВОДИ. Рациональна густина анкерування однорідного приконтурного масиву при установці анкерів перпендикулярно кровлі вироботки становить 1,25 анк./м² ($l_a = 2$ м), 1 анк./м² ($l_a = 2,5$ м), 0,9 анк./м² ($l_a = 3$ м), при установці одного з анкерів під кутом від 0° до 50° до кровлі вироботки – 1,25...1,8 анк./м² ($l_a = 2$ м), 1...1,3 анк./м² ($l_a = 2,5$ м), 0,9...1,1 анк./м² ($l_a = 3$ м). Далішні дослідження будуть направлені на вивчення поведінки неоднорідного приконтурного масиву, закріпленого анкерною кріпкою, і визначення рациональної густини установки анкерів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Расчет анкерной крепи для различных условий применения / А.П. Широков, В.А. Лидер, Б.Г. Писляков. – М.: Недра, 1976. – 208 с.
2. Круковский А.П. Обоснование параметров и условий применения анкерной крепи на угольных шахтах: дис... канд. техн. наук: 05.15.09 / Круковский Александр Петрович. – Днепропетровск, 2005. – 175 с.
3. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. – Днепропетровск: Институт геотехнической механики НАН Украины, 2002. – 372 с.
4. 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.
5. 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.

DEFINITION OF RATIONAL ANCHORING DENSITY OF HOMOGENOUS SURROUNDING MASSIF

R. Tereschuk

State Higher Educational Institution "National Mining University"

prosp. Karla Marxa, 19, Dnipropetrovsk, 49005, Ukraine.

E-mail: Tereschuk_rm@mail.ru

The results of mathematical modeling of roof bolts, installed in a uniform massif, are shown. The dependences of the change in relative displacement of the roof on the distance between the anchors and resize rational influence zone of single anchor on the angle of inclination are achieved. The analysis of the results is done. The rational density of the homogeneous solid anchoring during the excavations is defined.

Key words: roof bolting, anchoring density, mathematical modeling, surrounding massif.

REFERENCES

1. SHirokov, A.P., Lider, V.A. and Pislyakov, B.G. (1976), *Raschet ankernoy krepki dlya razlichnykh usloviy primeneniya* [The calculation of roof bolts for different application conditions], Nedra, Moscow, Russia.
2. Krukovsriy, A.P. (2005) “Justification of the parameters and conditions of use of roof bolting in coal mines Dis... Cand. Sc. (Engineering.), 05.15.09, The institute of geotechnical mechanics, Dnipropetrovsk, Ukraine.
3. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002), *Oporno-ankernoe krepenie gornykh vyrabotok ugolnykh shakht* [Support-anchoring of mine workings of coal mines], The institute of geotechnical mechanics, Dnipropetrovsk, Ukraine.
4. Tereschuk, R. (2011), “Determination of influence a single anchor on a uniform surrounding massif”, *Ground control in mining*, no. 19, pp. 183-195.
5. 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, 2013, pp. 63-68.

Стаття надійшла 29.10.2013.

УДК 622.235

МОЖЛИВОСТІ ЗБІЛЬШЕННЯ ГЛИБИНИ ВИКОРИСТАННЯ НАБРИЗКБЕТОННОГО КРІПЛЕННЯ, ЩО ДОСЛІДЖЕНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В. В. Коваленко

Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»
просп. Карла Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49005, Україна.

E-mail: kovalenko_vlad@mail.ru

Наведені результати моделювання методом скінчених елементів напружено-деформованого стану виробку, закріпленої набризкбетонним покриттям. Для формування розрахункової схеми обрані гірничо-геологічні й гірничотехнічні умови розробки найбільш характерні для більшості шахт Донбасу на глибинах 500...700 м, що пояснюється тим, що на цих глибинах набризкбетон використовується рідко або взагалі не використовується. Визначені НДС набризкбетонного кріплення залежно від товщини покриття і місця розташування в арочній області. Подані діаграми залежності зміни коефіцієнта стійкості набризкбетонного покриття при його товщині 20 см від кута дії еквівалентних напружень.