

УДК 622.281.74

Паульс І.М., студ. гр. ГРб-14-1, Дощенко Г.С., студ. гр. 192-17-1 ФБ,
Халимендик О.В., к.т.н.

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна

ДО ПИТАННЯ ПРО ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЩІЛЬНОСТІ АНКЕРУВАННЯ

За останні роки значно збільшилася глибина розробки вугільних родовищ та погіршилися гірничо-геологічні умови. Підтримка капітальних похилих виробок в нормальному експлуатаційному стані, в таких умовах, що є неодмінною умовою безпеки підземних робіт і стабільності високих техніко-економічних показників вуглевидобувних підприємств, пов'язане зі значними витратами на ремонтно-відновлювальні роботи.

Аналізуючи дослідження, які вивчають способи кріплення, охорону і підтримку підземних гірничих виробок і засоби підвищення їх стійкості, можна зробити висновок, що металеве аорчне піддатливе кріплення виробок, що проводяться на великих глибинах, не може в повній мірі протидіяти гірському тиску, і тому боротися з утворенням зон непружних деформацій шляхом збільшення несучої здатності кріплення недоцільно.

Виконано значний обсяг досліджень спрямованих на розробку моделей [1, 2] і визначення різних параметрів анкерування: кількості анкерів [1-3] і щільності їх встановлення [4, 5] в приконтурний породний масив для гірничо-геологічних умов шахт ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля».

Існуючі методи, методики і способи обґрунтування параметрів анкерних систем (аналітичні, графічний, енергетичний та ін.) не дозволяють в повній мірі вирішити задачу визначення параметрів анкерного кріплення капітальних похилих виробок при різних гірничотехнічних і гірничо-геологічних умовах.

Навіть нормативна література про застосування анкерних систем в гірничих виробках, також не дає однозначної відповіді про параметри анкерного кріплення в складних і особливо складних гірничо-геологічних умовах.

Мета роботи – визначити раціональну щільність анкерування приконтурного породного масиву капітальної похилої виробки в гірничо-геологічних умовах шахти «Піонер» з використанням математичних методів моделювання.

Для дослідження змін поведінки і напружено-деформованого стану приконтурного породного масиву капітальної похилої виробки, закріпленої анкерними системами, застосовувався метод скінченних елементів, який досить апробований і може застосовуватися в різних областях. З усіх математичних методів дослідження гірського масиву метод скінченних елементів дозволяє

розглядати механічні процеси в широкому діапазоні, прогнозувати як якісні, так і кількісні результати проявів гірського тиску в гірничих виробках.

Математична модель взаємодії анкерних систем з породним масивом була реалізована шляхом вирішення пружно-пластичної задачі. За допомогою методу скінченних елементів моделювалася похила виробка, що закріплена анкерним кріпленням, яка пройдена в гірничо-геологічні умови пласта m_4^2 шахти «Піонер». При моделюванні використовувалися фізико-механічні параметри вугільного пласта і порід, що вміщують, які наведені в табл.

Таблиця

Фізико-механічні параметри вуглепородного масиву

Матеріал	Модуль пружності, 10^4 МПа	Коефіцієнт Пуассона	Межа міцності на однісіне стиснення, МПа	Межа міцності на розтягнення, МПа	Щільність порід, т/м^3	Потужність шару, м
Аргіліт (основна покрівля)	0,8	0,23	30	3,0	2,4	15,0
Алевроліт (безпосередня покрівля)	1,0	0,22	40	4,0	2,5	4,0
Вугільний пласт m_4^2	0,9	0,16	15	1,5	1,6	1,2
Алевроліт (безпосередня підощва)	1,0	0,22	40	4,0	2,4	4,0
Пісковик (основна підощва)	1,65	0,21	50	5,0	2,5	20,0

Дослідження були спрямовані на визначення раціональної щільності анкерування в залежності від глибини розташування гірничої виробки. При чисельному моделюванні варіювалися наступні параметри: щільність анкерування $N_a = 3 \dots 9$ шт., при довжині анкерних штанг $l_a = 2,2$ і 3 м і глибиною розташування виробки $H = 700$ і 1500 м.

Розрахункова схема до вирішення задачі визначення раціональної щільності анкерування для кріплення капітальних похилих виробок при зміні глибини розташування виробки наведена на рис. 1.

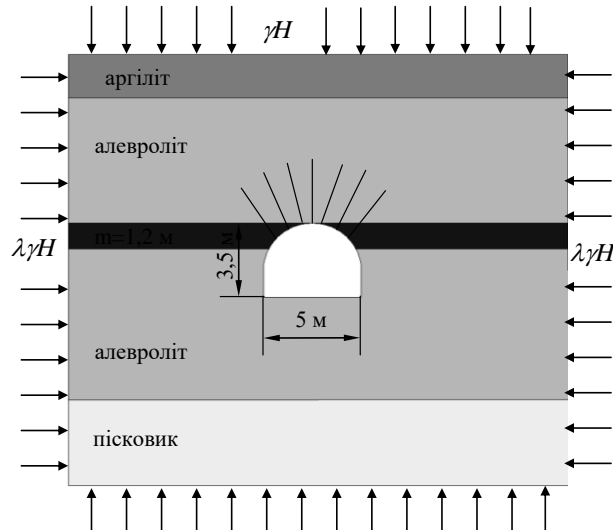


Рис. 1. Розрахункова схема до вирішення задачі визначення доцільної щільності анкерування похилих виробок

В роботі наведені графіки залежностей зміни зміщення покрівлі та підшви виробки при розташуванні її на глибині 700 і 1500 м при використанні анкерних штанг довжиною 2,2 і 3 м (рис. 2...5) від щільності анкерування $N_a = 3...9$ анк.

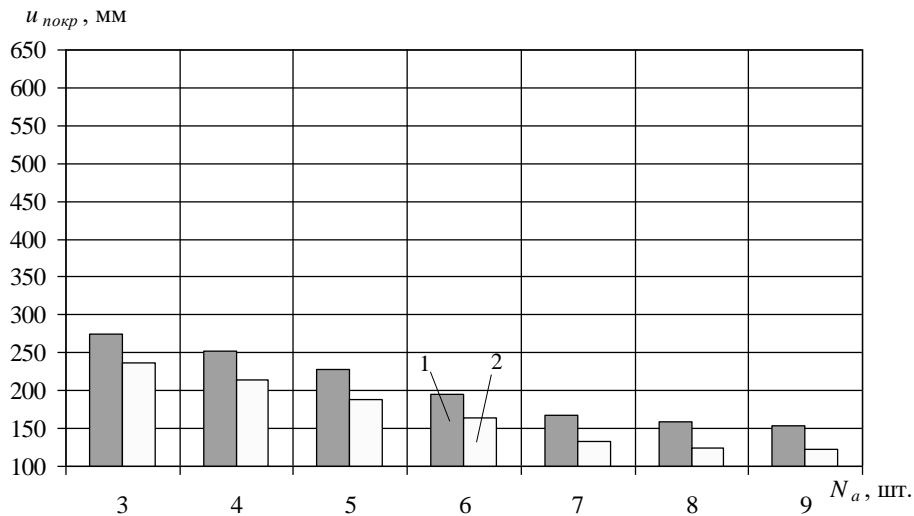


Рис. 2. Графіки залежностей зміни величини зміщення покрівлі від щільності анкерування при глибині розташування виробки 700 м: 1 – $l_a = 2,2$ м, 2 – $l_a = 3$ м

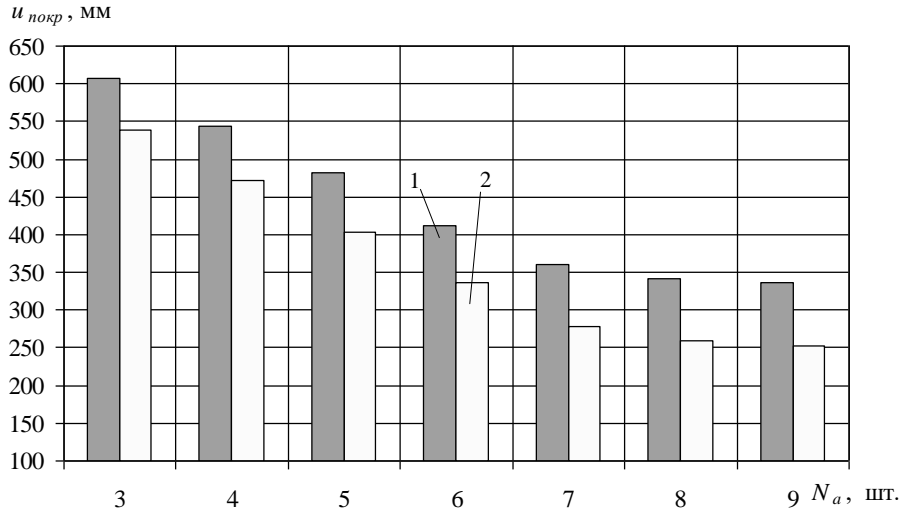


Рис. 3. Графіки залежностей зміни величини зміщення покрівлі від щільності анкерування при глибині розташування виробки 1500 м: 1 – $l_a = 2,2$ м, 2 – $l_a = 3$ м

Аналізуючи отримані результати можна зробити наступні висновки:

– при збільшенні глибини розташування виробки різниця між зміщеннями покрівлі (при кріпленні 3...9 анк.) збільшується при довжині анкерних штанг 2,2 і 3 м, відповідно, і становить: на глибині 700 м – 122 і 114 мм (рис. 2), на глибині 1500 м – 272 і 286 мм (рис. 3);

– величина зміщень покрівлі виробки зменшується при варіюванні кількості анкерів 3...9 анк. ($H = 700$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м} \quad u_{\text{покp}} = 0,8889N_a^3 - 8,619N_a^2 - 1,8651N_a + 284,43,$$

$$\text{для } l_a = 3 \text{ м} \quad u_{\text{покp}} = 0,8889N_a^3 - 8,6905N_a^2 + 0,2063N_a + 239;$$

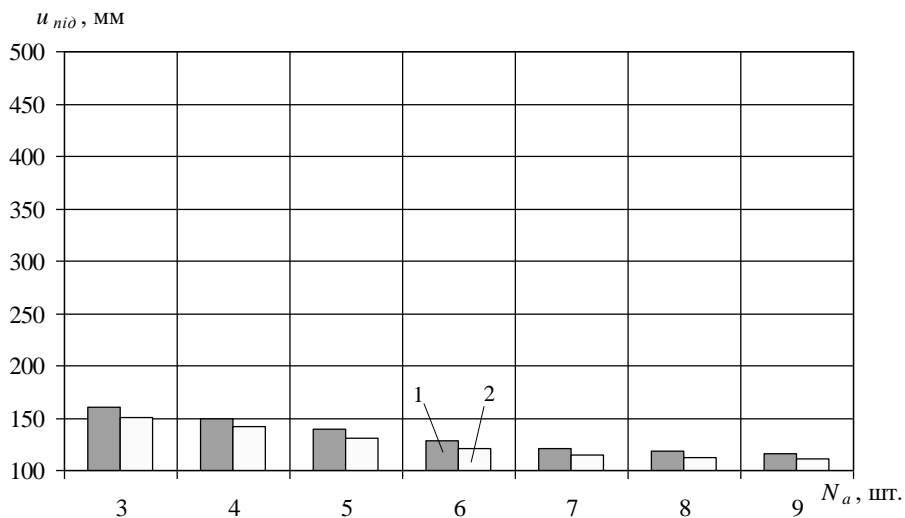


Рис. 4. Графіки залежностей зміни величини зміщення підосви від щільності анкерування при глибині розташування виробки 700 м: 1 – $l_a = 2,2$ м, 2 – $l_a = 3$ м

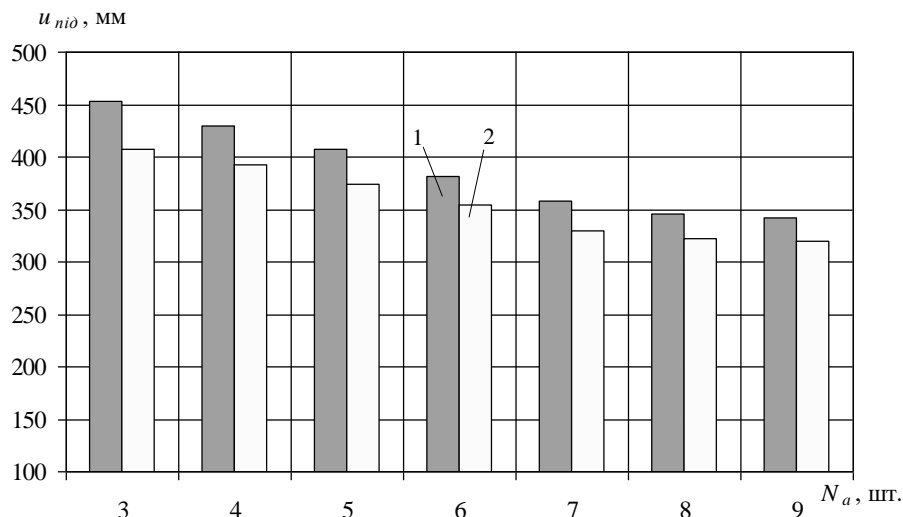


Рис. 5. Графіки залежностей зміни величини зміщення підосви від щільності анкерування при глибині розташування виробки 1500 м: 1 – $l_a = 2,2$ м, 2 – $l_a = 3$ м

– величина зміщень покрівлі виробки зменшується при варіюванні кількості анкерів 3...9 анк. ($H = 1500$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м} \quad u_{\text{покр}} = 1,4444N_a^3 - 10,869N_a^2 - 40,456N_a + 658,$$

$$\text{для } l_a = 3 \text{ м} \quad u_{\text{покр}} = 1,6944N_a^3 - 13,536N_a^2 - 35,516N_a + 580,14;$$

– при збільшенні глибини розташування виробки різниця між зміщеннями підосви (при кріпленні 3...9 анк.) збільшується при довжині анкерних штанг 2,2 і 3 м, відповідно, і становить: на глибині 700 м – 45 і 40 мм (рис. 4), на глибині 1500 м – 11 і 88 мм (рис. 5);

– величина зміщень підосви виробки зменшується при варіюванні кількості анкерів 3...9 анк. ($H = 700$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м} \quad u_{\text{нід}} = 0,1389N_a^3 - 0,5595N_a^2 - 10,913N_a + 172,57,$$

$$\text{для } l_a = 3 \text{ м} \quad u_{\text{нід}} = 0,1389N_a^3 - 0,5595N_a^2 - 9,9127N_a + 158,57;$$

– величина зміщень підосви виробки зменшується при варіюванні кількості анкерів 3...9 анк. ($H = 1500$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м} \quad u_{\text{нід}} = 0,6389N_a^3 - 5,8929N_a^2 - 7,6746N_a + 465,43,$$

$$\text{для } l_a = 3 \text{ м} \quad u_{\text{нід}} = 0,7778N_a^3 - 7,9643N_a^2 + 4,8294N_a + 406;$$

– при кріпленні похилих виробок анкерним кріпленням в гірничо-геологічних умовах пласта m_4^2 шахти «Піонер» раціональна щільність анкерування покрівлі виробки становить близько 0,85 анк./ m^2 ($N_a = 6$ шт.).

Таким чином, для гірничо-геологічних умов пласта m_4^2 шахти «Піонер» отримано залежності зміщень підосви та покрівлі капітальної похилої виробки від глибини її розташування при варіюванні щільності анкерування. Ці залежності можуть бути використані в аналогічних гірничо-геологічних умовах для похилих виробок, що будуть споруджуватися, при розробці їх паспортів проведення і кріплення.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення інших параметрів анкерних систем похилих виробок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Tereshchuk R.M., Khoziaikina N.V. and Babets D.V. (2018), “*Substantiation of rational roof-bolting parameters*”, *Scientific bulletin of National Mining University*, no. 1. pp.– С. 19–26.
2. Терещук Р.М., Косолапов А.Ф., Терещук В.Р., Куценко О.О. Математичне моделювання анкерних систем // Перспективи розвитку будівельних технологій : 10-та міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів та студентів 21-22 квіт. 2016 р. – Д.: Національний гірничий університет, 2016. – С. 81–84.
3. Терещук Р.М. Кріплення похилих виробок анкерними системами // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2017. – Вип. 2 (20). – С. 50–60.
4. Терещук Р.Н. Определение рациональной плотности анкерования наклонных выработок // Уголь Украины. – 2014. – №10. – С. 8–11.
5. Терещук Р.Н. Определение рациональной плотности анкерования однородного приконтурного массива // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 2 (12). – С. 130–137.