

УДК 622.281.74

Чаговець О.В. студ. гр. 184-17-1 ФБ, Терещук Р.М., к.т.н., доц.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

Пленник А.М., викладач

Дніпрорудненський індустріальний коледж, м. Дніпрорудне, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ АНКЕРА

Для забезпечення експлуатаційного стану підземних гірничих виробок на вугільних шахтах доводиться виконувати ремонтні роботи, які полягають в повному перекріпленні окремих ділянок або всієї виробки, заміні деформованих елементів кріплення, використанні тимчасового підсилюючого кріплення, збільшенні щільності встановлення рам і заміні міжрамних огорожень кріплення, підриванні здимних порід подошви та ін.

Часткове вирішення цього питання можливе при використанні прогресивних ресурсоенергозберігаючих видів кріплення одним з яких є анкерне кріплення [1, 2]. Основне завдання при цьому полягає в правильності розрахунку його технологічних параметрів.

Для гірничо-геологічних умовах ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля» виконано значний обсяг аналітичних та натурних досліджень, які спрямовані на вивчення параметрів анкерних систем. Отримані закономірності зміни напружено-деформованого стану приконтурного масиву похилих виробок, що закріплені анкерними системами, та залежності зміщень покрівлі та подошви похилих виробок при варіюванні довжини й кількості анкерів, що встановлені в породний приконтурний масив, а також глибини закладення виробки, і визначені раціональні параметри анкерування для умов пластів m_5^{16} [3] і m_4^0 [4] шахти «Добропільська», пласта l_8 [5] шахти «Білозерська», пласта m_4^2 [6, 7] шахти «Піонер» та пласта k_7 [8, 9] шахти «Новодонецька».

Мета роботи – дослідити стан приконтурного породного масиву похилої виробки, що закріплена анкерними системами, і на основі результатів досліджень визначити раціональну довжину анкерних штанг при збільшенні глибини її закладення в гірничо-геологічних умовах пласта l_3 шахти «Новодонецька» ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля».

Для дослідження використовувався метод скінченних елементів. Математична модель взаємодії анкерних систем з породним масивом була реалізована шляхом вирішення пружно-пластичної задачі подібно роботам [3-10].

При дослідженнях моделювалися гірничо-геологічні умови (табл.) ступінчастого уклону пласта l_3 горизонту 580 м шахти «Новодонецька» ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля».

Таблиця

Фізико-механічні властивості вугільного пласта l_3 та порід

Матеріал	Межа міцності на стиснення, МПа	Щільність порід, т/м ³	Потужність шару, м
Алевроліт (основна покрівля)	39	2,5	23
Аргіліт (безпосередня покрівля)	32	2,4	3,8
Вугільний пласт l_3	15	1,6	2,1
Аргіліт (безпосередня підшва)	25	2,4	2,5
Алевроліт (основна підшва)	44	2,5	8,9

Вугільний пласт l_3 , складної будови, складається з трьох вугільних пачок, розділених прошарками аргілітів та алевролітів. За ступенем витриманості вугільний пласт витриманий, залягання хвилясте, полого, кут падіння 13 градусів. Тектоніка пласта проста, гіпсометрія підшви пласта хвиляста.

Результатом математичного моделювання ступінчастого уклону пласта l_3 горизонту 580 м шахти «Новодонецька», що закріплений анкерним кріпленням, при зміні параметрів анкерування від 2,2 до 3,5 м, а також глибини закладення від 700 до 1500 м, були отримані залежності величин зміщень породного приконтурного масиву (покрівлі та підшви виробки). В роботі наведені графіки залежностей зміни зміщень покрівлі та підшви виробки: від глибини її закладення при використанні анкерних штанг довжиною 2,2 і 3,5 м (рис. 1, 2), від довжини анкерних штанг при глибині розташування виробки 700 і 1500 м (рис. 3, 4).

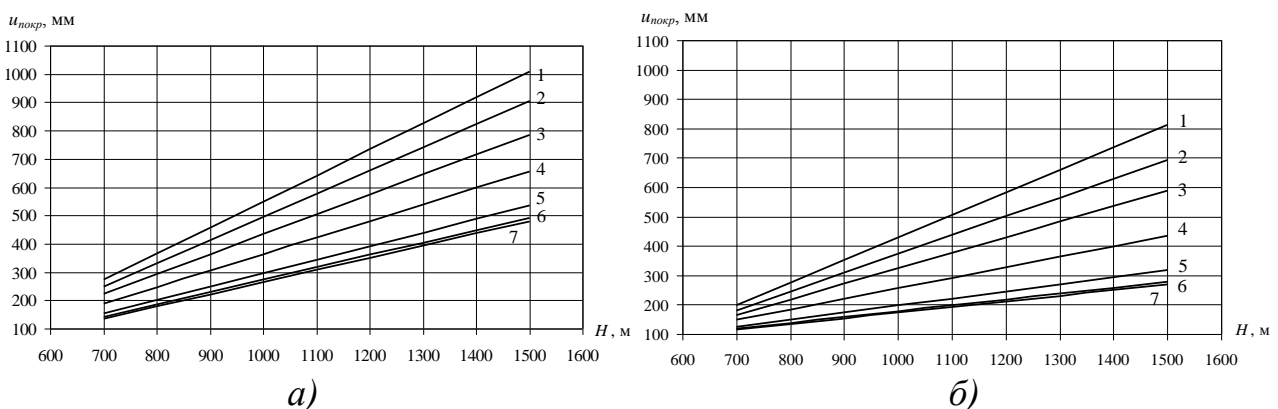


Рис. 1. Графіки зміни величини зміщень покрівлі залежно від глибини закладення виробки при довжині анкера а – 2,2 м та б – 3,5 м:
1 – 3 анк., 2 – 4 анк., 3 – 5 анк., 4 – 6 анк., 5 – 7 анк., 6 – 8 анк., 7 – 9 анк.

Аналіз отриманих результатів досліджень:

– величина зміни зміщень покрівлі при збільшенні глибини розташування гірничої виробки і застосуванні анкерних штанг довжиною 2,2; 2,5; 3,0 і 3,5 м,

відповідно, становить на 100 м поглиблення: для 3 анкерів 92, 84, 77 і 77 мм, для 5 анкерів 71, 62, 53 і 53 мм, для 7 анкерів 48, 36, 24 і 24 мм та для 9 анкерів 43, 32, 19 і 19 мм (рис. 1);

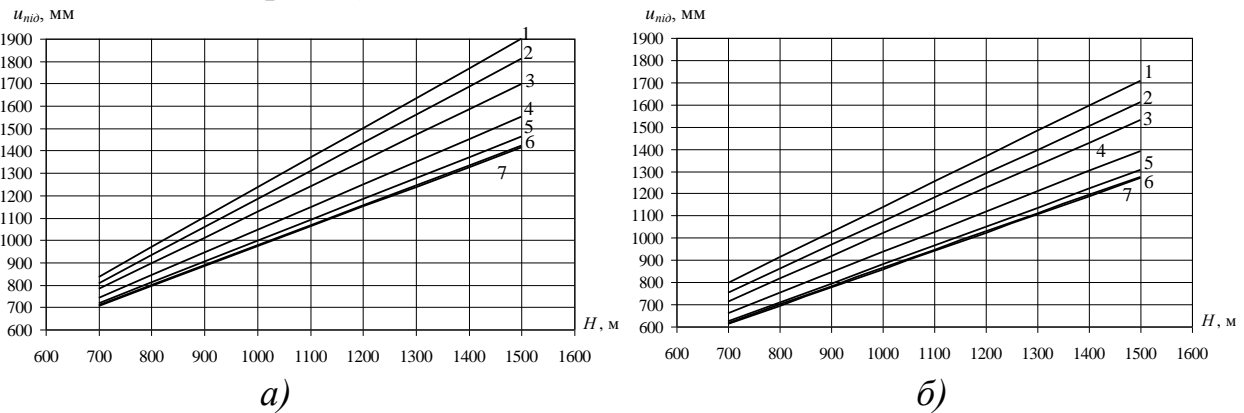


Рис. 2. Графіки зміни величини зміщень підшви залежно від глибини закладення виробки при довжині анкера 2,2 м та б – 3,5 м:
1 – 3 анк., 2 – 4 анк., 3 – 5 анк., 4 – 6 анк., 5 – 7 анк., 6 – 8 анк., 7 – 9 анк.

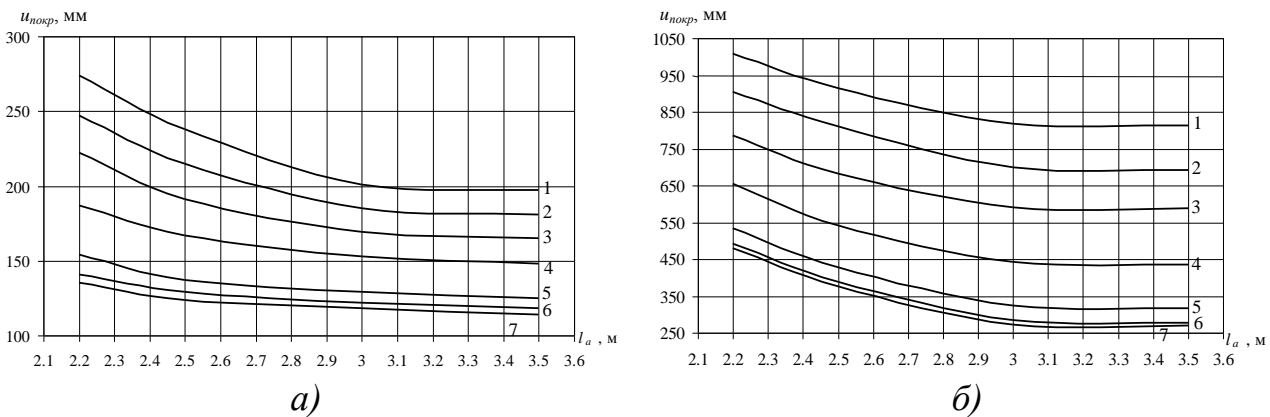


Рис. 3. Графіки зміни величини зміщень покрівлі залежно від довжини анкерів при глибині закладення виробки: а – 700 м, б – 1500 м:
1 – 3 анк., 2 – 4 анк., 3 – 5 анк., 4 – 6 анк., 5 – 7 анк., 6 – 8 анк., 7 – 9 анк.

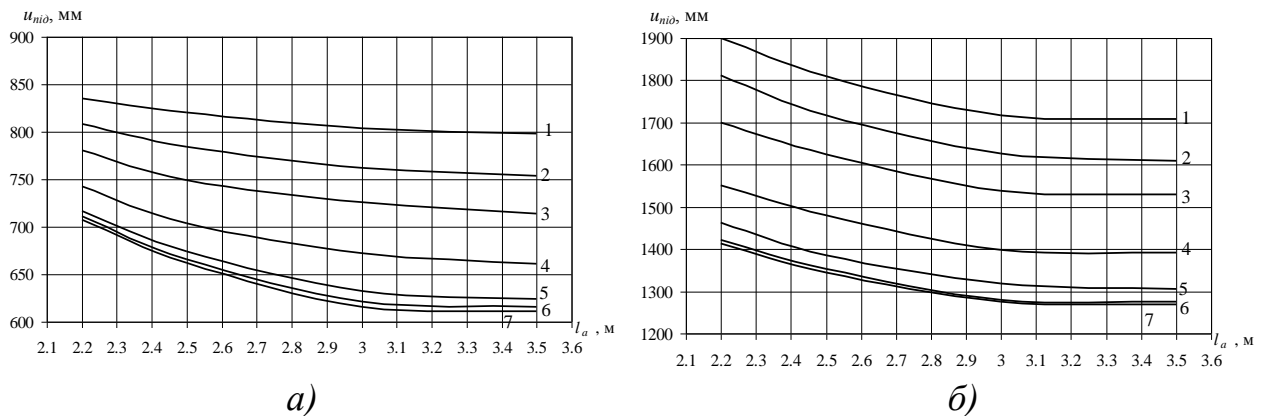


Рис. 4. Графіки зміни величини зміщень підшви залежно від довжини анкерів при глибині закладення виробки: а – 700 м, б – 1500 м:
1 – 3 анк., 2 – 4 анк., 3 – 5 анк., 4 – 6 анк., 5 – 7 анк., 6 – 8 анк., 7 – 9 анк.

– величина зміни зміщень підосви при збільшенні глибини розташування гірничої виробки і застосуванні анкерних штанг довжиною 2,2; 2,5; 3,0 і 3,5 м, відповідно, становить на 100 м поглиблення: для 3 анкерів 133, 124, 114 і 114 мм, для 5 анкерів 115, 110, 102 і 102 мм, для 7 анкерів 93, 89, 86 і 85 мм та для 9 анкерів 88, 85, 82 і 82 мм (рис. 2);

– при збільшенні глибини розташування виробки різниця між зміщеннями покрівлі (при кріпленні анкерними штангами довжиною 2,2...3,5 м) збільшується при кількості анкерів 3, 5, 7 і 9 анк., відповідно, і становить: на глибині 700 м – 77, 57, 29 і 21 мм (рис. 3, а), а на глибині 1500 м – 196, 198, 217 і 210 мм (рис. 3, б);

– величина зміщень покрівлі виробки зменшується при варіюванні довжини анкерних штанг 2,2...3,5 м (700 м) і описується поліноміальною залежністю: для $N_a = 3$ анк. $u_{нокр} = 63,1l_a^2 - 419,19l_a + 891,07$, для $N_a = 5$ анк. $u_{нокр} = 49,023l_a^2 - 321,97l_a + 691,92$, для $N_a = 7$ анк. $u_{нокр} = 22,615l_a^2 - 149,75l_a + 372,7$, для $N_a = 9$ анк. $u_{нокр} = 13,156l_a^2 - 90,224l_a + 269,01$;

– величина зміщень покрівлі виробки зменшується при варіюванні довжини анкерних штанг 2,2...3,5 м (1500 м) і описується поліноміальною залежністю: для $N_a = 3$ анк. $u_{нокр} = 173,07l_a^2 - 1138,2l_a + 2675,1$, для $N_a = 5$ анк. $u_{нокр} = 185,22l_a^2 - 1207,4l_a + 2545,1$, для $N_a = 7$ анк. $u_{нокр} = 192,53l_a^2 - 1264,7l_a + 2384,8$, для $N_a = 9$ анк. $u_{нокр} = 188,06l_a^2 - 1234,7l_a + 2286,1$;

– при збільшенні глибини розташування виробки різниця між зміщеннями підосви (при кріпленні анкерними штангами довжиною 2,2...3,5 м) збільшується при кількості анкерів 3, 5, 7 і 9 анк., відповідно, і становить: на глибині 700 м – 37, 67, 93 і 96 мм (рис. 4, а), а на глибині 1500 м – 191, 169, 157 і 145 мм (рис. 4, б);

– величина зміщень підосви виробки зменшується при варіюванні довжини анкерних штанг 2,2...3,5 м (700 м) і описується поліноміальною залежністю: для $N_a = 3$ анк. $u_{нід} = 20,853l_a^2 - 147,24l_a + 1057,9$, для $N_a = 5$ анк. $u_{нід} = 40,368l_a^2 - 279,8l_a + 1199,6$, для $N_a = 7$ анк. $u_{нід} = 70,104l_a^2 - 470,92l_a + 1413,5$, для $N_a = 9$ анк. $u_{нід} = 78,759l_a^2 - 523,09l_a + 1476,9$;

– величина зміщень підосви виробки зменшується при варіюванні довжини анкерних штанг 2,2...3,5 м (1500 м) і описується поліноміальною залежністю: для $N_a = 3$ анк. $u_{нід} = 163,36l_a^2 - 1078,9l_a + 3483,7$, для $N_a = 5$ анк. $u_{нід} = 135,08l_a^2 - 902,26l_a + 3032,2$, для $N_a = 7$ анк. $u_{нід} = 123,47l_a^2 - 822,99l_a + 2674,6$, для $N_a = 9$ анк. $u_{нід} = 122,71l_a^2 - 811,52l_a + 2605,9$.

Таким чином, отримано залежності зміщень підосви та покрівлі похилої виробки від глибини її розташування (700...1500 м) при варіюванні довжини (2,2...3,5 м) анкерних штанг. Встановлено, що при кріпленні похилих гірничих виробок анкерним системами в гірничо-геологічних умовах пласта l_3 шахти «Новодонецька» раціональна довжина анкерних штанг, що встановлені в покрівлі похилої виробки, становить близько $l_a = 2,8...3,1$ м.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення раціональних параметрів анкерних систем для похилих гірничих виробок вугільних шахт для інших гірничо-геологічних умов.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Булат А.Ф. Передові технології кріплення гірничих виробок вугільних шахт України / Булат А.Ф. // Вісник НАН України. – 2014. – №1. – С. 74–79.
2. Терещук Р.Н. Крепление капитальных наклонных выработок анкерной крепью: монография / Р.Н. Терещук. – Д.: НГУ, 2013. – 150 с.
3. Терещук Р.Н., Терещук О.В. Определение рациональных параметров анкерования наклонных выработок // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 2 (14). – С. 104–113.
4. Терещук Р.Н. Моделирование анкерных систем для крепления наклонных выработок / Р.Н. Терещук // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 2 (16). – С. 81–90.
5. Терещук Р.М. Кріплення похилих виробок анкерними системами / Р.М. Терещук // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2017. – Вип. 2 (20). – С. 50–60.
6. Tereshchuk R.M. *Substantiation of rational roof-bolting parameters* / R.M. Tereshchuk, N.V. Khoziaikina, D.V. Babets // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no. 1. pp. 19–26.
7. Дараган Т.В. До питання про визначення раціональної довжини анкерних штанг / Т.В. Дараган, Т.І. Жадленко, О.Є. Григор'єв // Перспективи розвитку будівельних технологій: 12-та міжнародна науково-практична конференція (19-20 квіт. 2018 р., м. Дніпро): доповіді / НГУ. – Д., 2018. – С. 34–38.
8. Терещук Р.М. Дослідження параметрів анкерних систем для кріплення похилих виробок / Р.М. Терещук // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2018. – №2 (82). С. 268–276.
9. Дараган Т.В. Обґрунтування раціональної довжини анкерів / Т.В. Дараган, Р.М. Терещук, Т.І. Жадленко // Перспективи розвитку будівельних технологій: 13-та міжнародна науково-практична конференція (18-19 квіт. 2019 р., м. Дніпро): доповіді / НТУ «Дніпровська політехніка». – Д., 2019. – С. 45–49.
10. Tereshchuk R.M. Parameters of anchoring systems for fastening of inclined workings / R.M. Tereshchuk, O.V. Chahovets // Зб. наук. пр. НГУ. – Д.: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2019. – №59. – С. 119–129.