

УДК 622.281.74

КРІПЛЕННЯ ПОХИЛИХ ВИРОБОК АНКЕРНИМИ СИСТЕМАМИ

Р. М. Терещук

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»

просп. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 45005, Україна.

E-mail: tereschuk.rm@gmail.com

Обґрунтовано спосіб вирішення граничної задачі про напружено-деформований стан породного масиву навколо похилої виробки, що закріплена анкерним кріпленням. Розроблена розрахункова схема до вирішення задачі визначення раціональної щільності анкерування та довжини анкерів для кріплення похилих виробок при зміні глибини їх закладення. Визначено раціональні параметри анкерів, що встановленні в покрівлі, при кріпленні похилих гірничих виробок. Отримано залежності зміщень покрівлі та підшви виробки від глибини її закладення при зміні кількості й довжини анкерів в гірничо-геологічних умовах пласта l_8 шахти «Білозерська» ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля».

Ключові слова: шахта, виробка, моделювання, анкер, щільність, довжина.

КРЕПЛЕНИЯ НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК АНКЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ

Р. Н. Терещук

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»

просп. Д. Яворницкого, 19, г. Днепр, 45005, Украина.

E-mail: tereschuk.rm@gmail.com

Обоснован способ решения граничной задачи о напряженно-деформированном состоянии породного массива в окрестности наклонной выработки, закрепленной анкерной крепью. Разработана расчетная схема к решению задачи определения рациональной плотности анкерования и длины анкеров для крепления наклонных выработок при изменении глубины их заложения. Определены рациональные параметры анкеров, установленных в кровле, при креплении наклонных горных выработок. Получены зависимости смещений кровли и почвы выработки от глубины ее заложения при изменении количества и длины анкеров в горно-геологических условиях пласта l_8 шахты «Белозерская» ООО «ДТЭК Добропольеуголь».

Ключевые слова: шахта, выработка, моделирование, анкер, плотность, длина.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Збільшення глибини розробки пластових корисних копалин і відповідно зростання гірського тиску вимагає розробки принципово нових підходів до забезпечення стійкого стану підземних гірничих виробок. Підтримка похилих виробок у нормальному експлуатаційному стані, що є неодмінною умовою безпеки підземних робіт і стабільності високих техніко-економічних показників вуглевидобувних підприємств, пов'язане зі значними витратами на ремонтно-відновлювальні роботи.

Деформуються практично всі виробки, але особливо важке положення спостерігається в зоні впливу очисних робіт. Вирішення цього питання можливо при використанні несучої здатності породного масиву, що може бути реалізовано створенням системи «кріплення-порода» вже на початковому періоді спорудження виробок. Останнє може бути досягнуто застосуванням способів охорони, що спрямовані на включення приконтурного породного масиву, в спільну роботу з кріпленням. Одним з видів кріплення, що реалізують це є анкерне кріплення. Основне завдання при цьому полягає в правильності вибору його параметрів: щільності встановлення і довжини анкерів.

Більшість дослідників, які вивчають способи підвищення стійкості гірничих виробок, прийшли до висновку, що ніяке технологічно та економічно доцільне рамне кріплення виробок, що проводяться в гірських породах на великих глибинах, не може в повній мірі протидіяти гірському тиску, і тому боротися з утворенням зон руйнування шляхом збільшення несучої здатності кріплення недоцільно [1–3].

Виконаний аналіз існуючих уявлень про взаємодію анкерного кріплення з породним масивом і методик визначення параметрів кріплення показав, що, незважаючи на різноманітність і велику кількість виконаних досліджень [4, 5], вплив, що створюють породно-анкерні конструкції на геомеханічні процеси, що відбуваються у масиві, який вміщує виробку, вивчено недостатньо повно.

У роботах [6–8] виконано значний обсяг досліджень спрямованих на вивчення параметрів анкерного кріплення, яке встановлене як в однорідний, так і в неоднорідний приконтурний масив. У роботах [9–13] виконані дослідження параметрів анкерних систем для кріплення похилих виробок в гірничо-геологічних умовах шахт ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля». Але для більш точного обґрунтування раціональних параметрів кріплення гірничих виробок в конкретних гірничо-геологічних умовах потрібно додатково вивчати вплив анкерних систем на приконтурний масив.

Відома велика кількість гіпотез про схему роботи заанкереної покрівлі виробок. Однак існуючі способи і методи визначення основних параметрів анкерного кріплення (аналітичні, графічний, енергетичний та ін.), що ґрунтуються на цих гіпотезах, не дозволяють досить повно і науково обґрунтовано вирішити задачу вибору параметрів анкерування похилих виробок в залежності від різних гірничо-геологічних умов.

Нормативна література про застосування анкерного кріплення в гірничих виробках, також не дає однозначної відповіді про параметри їх анкерування в складних і особливо складних гірничо-геологічних умовах.

Мета роботи. – вивчити поведінку приконтурного масиву похилої гірничої виробки, що закріплена анкерним кріпленням, з використанням математичних методів моделювання, і на основі результатів досліджень визначити раціональну щільність встановлення та довжину анкерів при збільшенні глибини розробки в умовах пласта l_8 шахти «Білозерська» ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля».

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Визначення параметрів анкерного кріплення виконувалося на основі вивчення закономірностей зміни напружено-деформованого стану (НДС) приконтурного масиву порід і очікуваних зміщень породного контуру виробки.

Для вирішення поставленої задачі використовувалися чисельні методи механіки деформованого твердого тіла. Як спосіб вирішення граничної задачі про НДС масиву навколо похилої виробки, що закріплена рамно-анкерним і анкерним кріпленням, використовувався метод скінченних елементів (МСЕ). Цей метод досить широко апробований і на практиці довів свою придатність в самих різних сферах досліджень.

На даний час існує безліч пакетів прикладних програм, що дозволяють реалізувати МСЕ. Одним з найбільш вдалих пакетів для оцінки НДС навколо виробок є програмний продукт ПП (БГГМ), розроблений на кафедрі будівництва, геотехніки і геомеханіки.

Процедура вирішення реалізована у вигляді послідовності ітерацій. На першому етапі передбачається, що масив навколо виробки є повністю пружним. Задаються його фізико-механічні параметри. Потім з використанням пакета ПП (БГГМ) вирішується лінійна статична задача теорії пружності і визначається НДС для даного етапу.

Знайдений напружено-деформований стан використовується для визначення області розпушення на даній ітерації. Далі змінюються вихідні параметри задачі для подальшого вирішення на другій ітерації, тобто для елементів, де отримано $\sigma_e > R_c$, задається спадаюча ділянка діаграми з паспорта міцності породи. Після цього процедура вирішення повторюється. Вирішується лінійна пружна задача, але при складанні матриці пружних властивостей замість модуля E_0 , вводиться січний модуль E_1 . При необхідності змінюється і коефіцієнт Пуассона.

Напружено-деформований стан нелінійного середовища може суттєво залежати від послідовності прикладення заданого кінцевого навантаження. Тому гарантією отримання правильного рішення є введення в розрахунок відповідної послідовності навантаження. У даній роботі прийнято 10 кроків навантаження.

Математична модель взаємодії анкерного кріплення з приконтурним масивом гірських порід була реалізована шляхом вирішення пружнопластичної задачі в плоскій деформованій постановці.

Методом скінченних елементів моделювалися умови південного хідника уклону №1 пласта l_8 горизонту 550 м шахти «Білозерська». Виробка пройдена комбайновим способом і закріплена аروحним кріпленням КМПАЗК-13,4. Переріз виробок у світлі $13,4 \text{ м}^2$, у прохідці $15,5 \text{ м}^2$. Боки й покрівля виробки затягувалися залізобетонною затяжкою. Відстань між рамами кріплення 500 мм. Кут нахилу виробки 12 градусів. Фізико-механічні параметри вугільного пласта l_8 і порід, що вміщують, які використовувалися при математичному моделюванні наведені в таблиці.

Дослідження були спрямовані на визначення раціональної щільності встановлення анкерного кріплення і довжини анкерів при зміні глибини закладення виробки. При моделюванні змінювалися такі параметри: кількість анкерів $N_a = 3 \dots 9$ шт., довжина анкерів $l_a = 2,2 \dots 3,5$ м і глибина закладення виробки $H = 700 \dots 1500$ м.

Розрахункова схема до вирішення задачі з визначення раціональної щільності анкерування та довжини анкерів для кріплення похилих виробок при зміні глибини закладення виробки наведена на рис. 1.

Таблиця – Фізико-механічні параметри вугільного пласта l_8 та порід

| Матеріал | Модуль пружності, 10^4 МПа | Коефіцієнт Пуассона | Межа міцності на одновісне стиснення, МПа | Межа міцності на розтягнення, МПа | Щільність порід, t/m^3 | Потужність шару, м |
|---------------------------------|------------------------------|---------------------|---|-----------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Алевроліт (основна покрівля) | 0,9 | 0,23 | 40 | 4 | 2,5 | 6 |
| Аргіліт (безпосередня покрівля) | 0,75 | 0,25 | 20 | 2 | 2,4 | 2,5 |
| Вугільний пласт l_8 | 0,9 | 0,16 | 15 | 1,5 | 1,6 | 2,1 |
| Аргіліт (безпосередня підшва) | 0,75 | 0,25 | 20 | 2 | 2,4 | 2 |
| Алевроліт (основна підшва) | 0,9 | 0,23 | 40 | 4 | 2,5 | 4 |

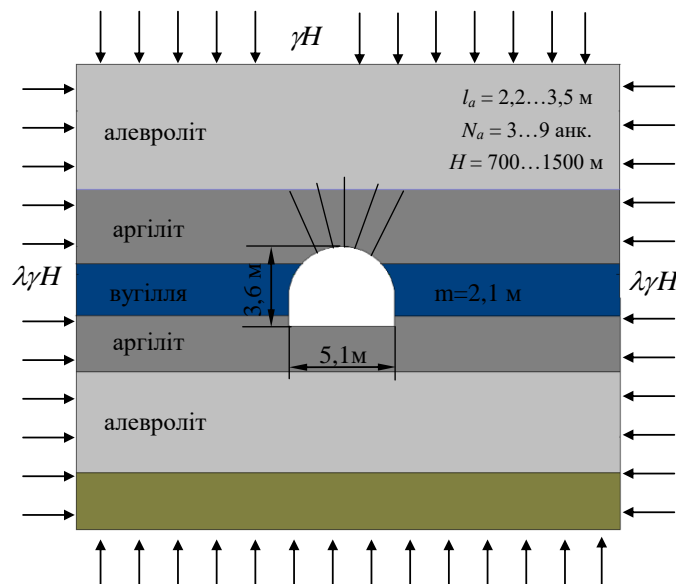


Рисунок 1 – Розрахункова схема (пласт l_8)

В результаті математичного моделювання були отримані залежності зміщень покрівлі та підшви виробки від глибини її закладення ($H = 700 \dots 1500$ м) при зміні кількості ($N_a = 3 \dots 9$ шт.) і довжини ($l_a = 2,2 \dots 3,5$ м) анкерів. В роботі наведено залежності зміщень покрівлі виробки: від глибини її залягання при встановленні анкерів довжиною 2,2, 2,5 та 3 м (рис. 2), від кількості анкерів при глибині закладення виробки 700 та 1500 м (рис. 3), від довжини анкера при глибині закладення виробки 700 та 1500 м (рис. 4).

Аналізуючи отримані результати можна зробити наступні висновки:

– результати чисельних розрахунків ($u_{\text{покр}} = 425$ мм та $u_{\text{під}} = 972$ мм) і шахтні виміри зміщень покрівлі та підшви ($u_{\text{покр}} = 440$ мм та $u_{\text{під}} = 985$ мм) для похилої виробки, відрізняються на 4 % та 2 % відповідально. Таким чином, можна зробити висновок про адекватність розробленої математичної моделі для дослідження та визначення параметрів анкерних систем в умовах пласта l_8 ;

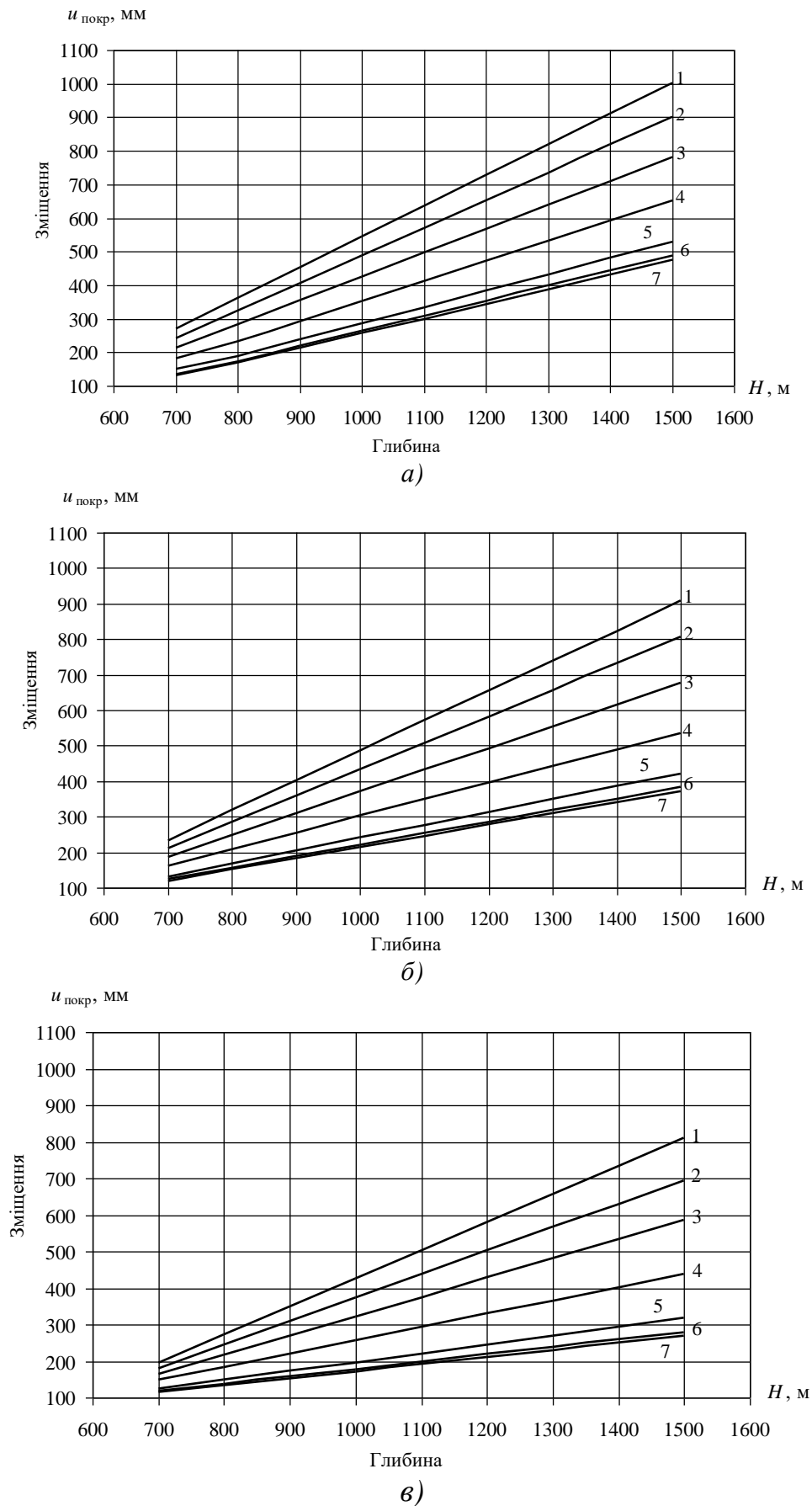
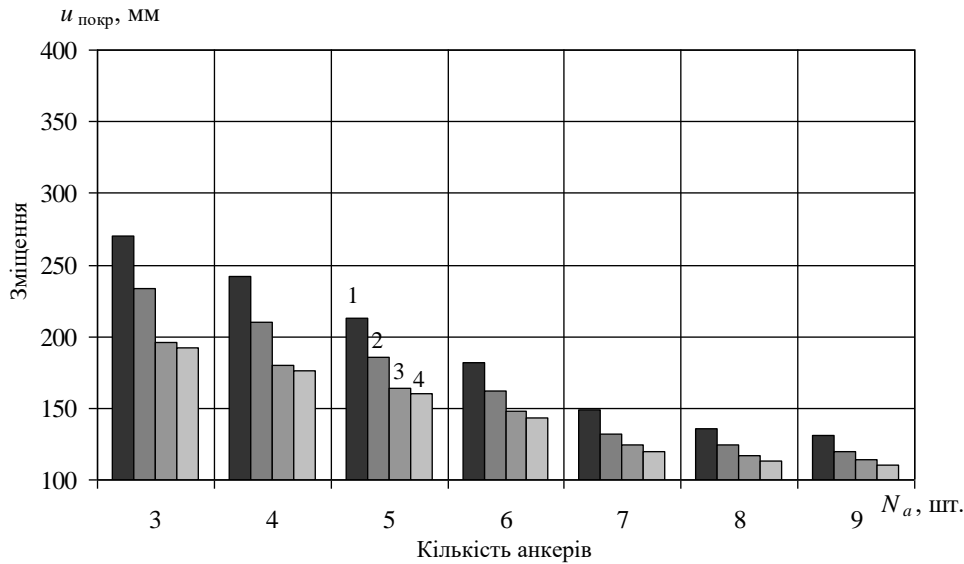
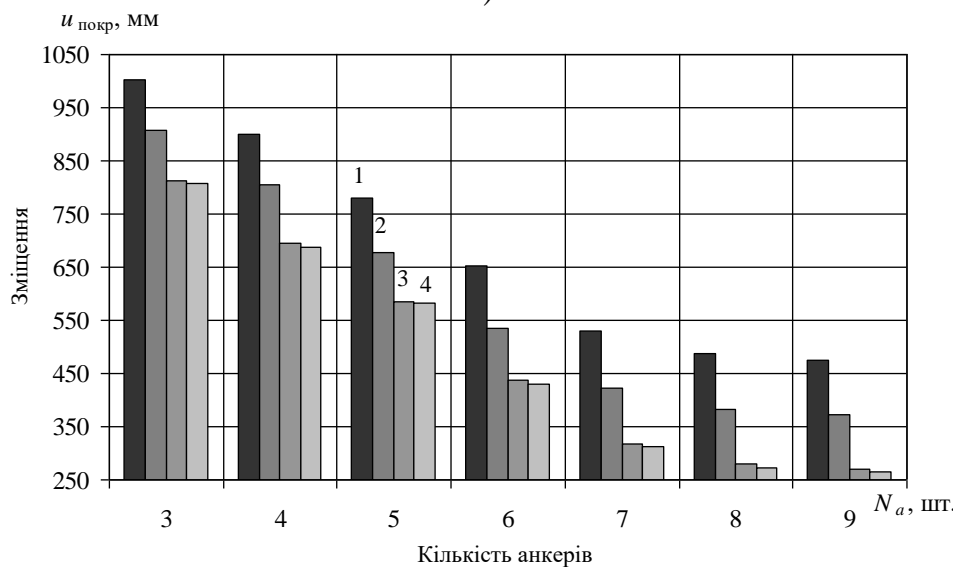


Рисунок 2 – Зміна величини зміщень покрівлі в залежності від глибини закладення виробки при довжині анкера: а) – 2,2 м; б) – 2,5 м; в) – 3 м; (1 – 3 анкера; ..., 7 – 9 анкерів)



а)



б)

Рисунок 3 – Зміна величини зміщень покрівлі в залежності від кількості анкерів при глибині закладення виробки: а) – 700 м; б) – 1500 м; (1 – $l_a = 2,2$ м; 2 – $l_a = 2,5$ м; 3 – $l_a = 3,0$ м; 4 – $l_a = 3,5$ м)

– зміщення покрівлі та підшви виробки, для всіх розглянутих варіантів встановлення анкерного кріплення при збільшенні глибини розробки, описуються рівняннями типу $u = aH + b$ (рис. 2);

– величина зміни зміщень покрівлі при збільшенні глибини закладення виробки та встановлення анкерів довжиною 2,2, 2,5, 3 і 3,5 м, відповідно, становить: для 3 анкерів 91,6, 84,3, 77 і 76,8 мм на 100 м, для 9 анкерів 43, 31,6, 19,3 і 19,4 мм на 100 м (рис. 2);

– величина зміни зміщень підшви при збільшенні глибини закладення виробки та встановлення анкерів довжиною 2,2, 2,5, 3 і 3,5 м, відповідно, становить: для 3 анкерів 133, 123,5, 113,9 і 113,8 мм на 100 м, для 9 анкерів 88,3, 85,3, 82,3 і 82,1 мм на 100 м;

– при збільшенні глибини закладення виробки різниця між зміщеннями покрівлі (при встановленні від 3 до 9 анкерів) збільшується при довжині анкерів 2,2,

2,5, 3 і 3,5 м, відповідно, і становить: на глибині 700 м – 139, 114, 82 і 82 мм, на глибині 1500 м – 548, 545, 533 і 532 мм (рис. 3);

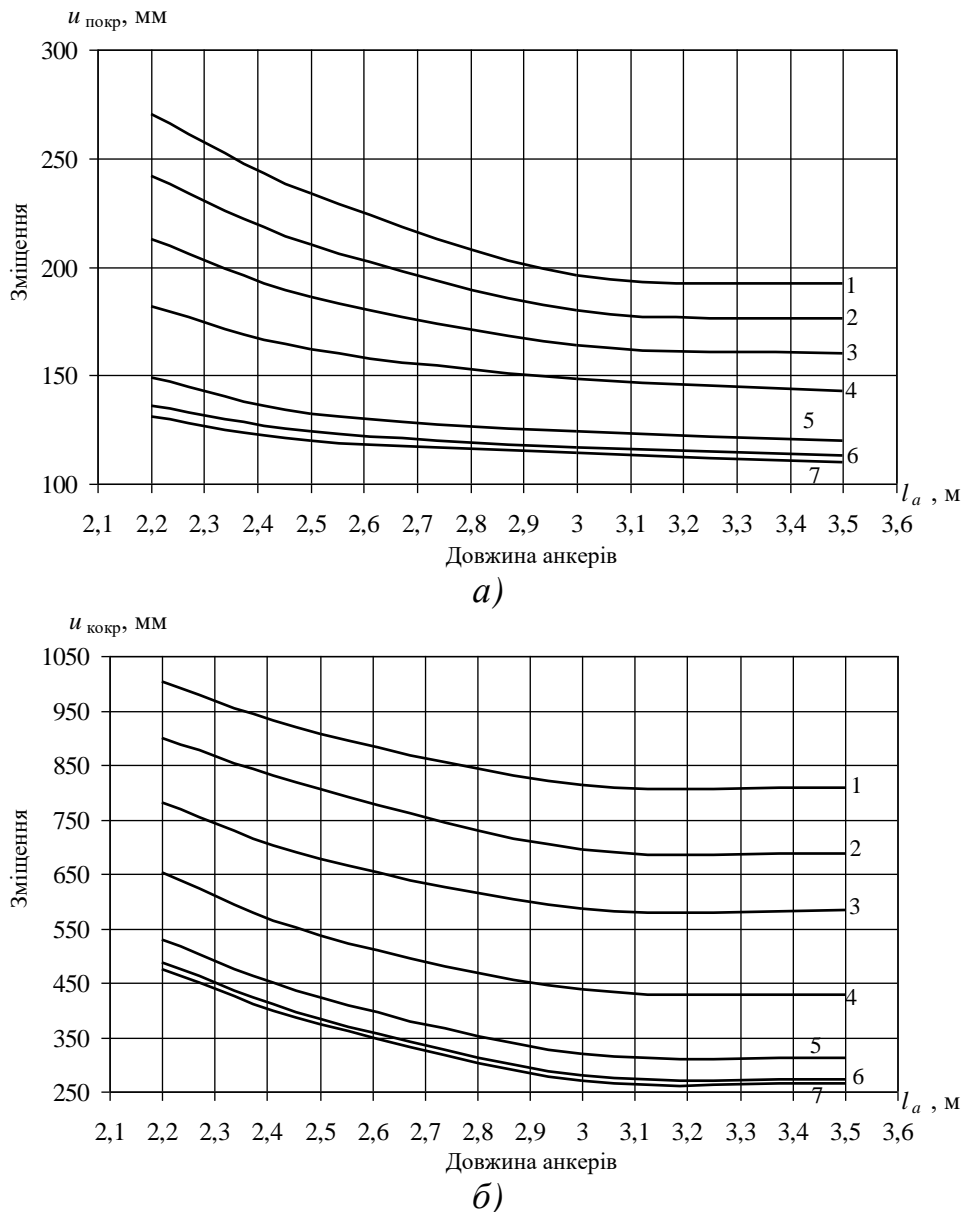


Рисунок 4 – Зміна величини зміщень покрівлі в залежності від довжини анкерів при глибині закладення виробки: а) – 700 м; б) – 1500 м; (1 – 3 анкера; ..., 7 – 9 анкерів)

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

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м } u_{\text{покр}} = 0,8611N_a^3 - 8,0595N_a^2 - 7,6349N_a + 284,29,$$

$$\text{для } l_a = 3,5 \text{ м } u_{\text{покр}} = 0,5833N_a^3 - 5,8333N_a^2 - 0,131N_a + 196,71;$$

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

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м } u_{\text{покр}} = 3,7778N_a^3 - 35,238N_a^2 - 20,873N_a + 1055,$$

$$\text{для } l_a = 3,5 \text{ м } u_{\text{покр}} = 4N_a^3 - 36,583N_a^2 - 24,726N_a + 861,86;$$

– при збільшенні глибини закладення виробки різниця між зміщеннями підошви (при встановленні від 3 до 9 анкерів) збільшується при довжині анкерів

2,2, 2,5, 3 і 3,5 м, відповідно, і становить: на глибині 700 м – 127, 157, 187 і 187 мм, на глибині 1500 м – 485, 463, 440 і 439 мм;

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

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м } u_{\text{під}} = 0,9444N_a^3 - 8,369N_a^2 - 7,8135N_a + 844,43,$$

$$\text{для } l_a = 3,5 \text{ м } u_{\text{під}} = 1,1667N_a^3 - 9,3333N_a^2 - 22,5N_a + 822,71;$$

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

$$\text{для } l_a = 2,2 \text{ м } u_{\text{під}} = 3,9444N_a^3 - 36,798N_a^2 - 10,885N_a + 1939,4,$$

$$\text{для } l_a = 3,5 \text{ м } u_{\text{під}} = 3,3056N_a^3 - 29,917N_a^2 - 21,365N_a + 1748,4;$$

– при збільшенні глибини закладення виробки різниця між зміщеннями покрівлі (при встановленні анкерів довжиною від 2,2 до 3,5 м) збільшується при кількості анкерів 3 і 9 шт., відповідно, і становить: на глибині 700 м – 78 і 21 мм, на глибині 1500 м – 196 і 210 мм (рис. 4);

– величина зміщень покрівлі виробки зменшується при зміні довжини анкерів від 2,2 до 3,5 м ($H = 700$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } N_a = 3 \text{ шт. } u_{\text{покр}} = 63,564l_a^2 - 422,76l_a + 892,81,$$

$$\text{для } N_a = 9 \text{ шт. } u_{\text{покр}} = 13,156l_a^2 - 90,224l_a + 265,01;$$

– величина зміщень покрівлі виробки зменшується при зміні довжини анкерів від 2,2 до 3,5 м ($H = 1500$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } N_a = 3 \text{ шт. } u_{\text{покр}} = 173,07l_a^2 - 1138,2l_a + 2670,1,$$

$$\text{для } N_a = 9 \text{ шт. } u_{\text{покр}} = 188,06l_a^2 - 1234,7l_a + 2282,1;$$

– при збільшенні глибини закладення виробки різниця між зміщеннями підосви (при встановленні анкерів довжиною від 2,2 до 3,5 м) збільшується при кількості анкерів 3 і 9 шт., відповідно, і становить: на глибині 700 м – 37 і 96 мм, на глибині 1500 м – 191 і 145 мм;

– величина зміщень підосви виробки зменшується при зміні довжини анкерів від 2,2 до 3,5 м ($H = 700$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } N_a = 3 \text{ шт. } u_{\text{під}} = 20,853l_a^2 - 147,24l_a + 1051,9,$$

$$\text{для } N_a = 9 \text{ шт. } u_{\text{під}} = 78,759l_a^2 - 523,09l_a + 1471,9;$$

– величина зміщень підосви виробки зменшується при зміні довжини анкерів від 2,2 до 3,5 м ($H = 1500$ м) і описується поліноміальною залежністю:

$$\text{для } N_a = 3 \text{ шт. } u_{\text{під}} = 163,36l_a^2 - 1078,9l_a + 3476,7,$$

$$\text{для } N_a = 9 \text{ шт. } u_{\text{під}} = 122,71l_a^2 - 811,52l_a + 2599,9;$$

– як видно з рис. 2, 3 та 4 збільшення довжини анкерів з 3 до 3,5 м практично не впливає на величину зміщень покрівлі;

– в умовах пласта l_8 шахти «Білозерська» при кріпленні похилих гірничих виробок анкерним кріпленням раціональна довжина анкерів, що встановлені в покрівлі виробки за технологічними параметрами, становить близько 2,5...3,0 м, а щільність анкерування 0,92...0,79 анк./м² ($N_a = 6-7$ шт.);

– отримані залежності зміщень покрівлі та підосви виробки від глибини її закладення ($H = 700...1500$ м) при зміні кількості ($N_a = 3...9$ шт.) і довжини ($l_a = 2,2...3,5$ м) анкерів можуть служити для прогнозу зміщень в виробках в подібних гірничо-геологічних умовах. Наприклад, для глибини 1000 м при встановленні анкерів довжиною 2,5 м потрібно отримати зміщення в покрівлі 300 мм. З

рис. 2, б видно, що за даних умов потрібно встановлювати 6 анкерів, при цьому зміщення в підосві складуть 991 мм.

ВИСНОВКИ. Таким чином, для умов пласта l_8 шахти «Білозерська» отримані залежності зміщень покрівлі та підосви похилої виробки від глибини її закладення при зміні кількості й довжини анкерів. Дані залежності можуть служити для прогнозу зміщень контуру для виробок, що будуть споруджуватися в гірничо-геологічних умовах пласта l_8 , що в свою чергу дозволить оптимізувати параметри анкерного і рамно-анкерного кріплення при розробці паспортів проведення і кріплення похилих виробок.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення раціональних параметрів анкерування похилих виробок в гірничо-геологічних умовах шахти «Новодонецька» ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля».

ЛІТЕРАТУРА

1. Булат А.Ф. Передові технології кріплення гірничих виробок вугільних шахт України // Вісник НАН України. – 2014. – №1. – С. 74–79.
2. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск: Ин-т геотехнической механики НАН Украины, 2002. – 372 с.
3. Булат А.Ф., Попович І.М., Вівчаренко О.В., Круковський О.П. Технологія анкерного кріплення гірничих виробок на шахтах України: стан і перспективи // Уголь України. – 2014. – №2. – С. 3–7.
4. Круковский А.П. Анализ влияния плотности установки анкерной крепи на состояние приконтурных пород выработки арочного сечения // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2011. – Вып. 94. – С. 95–104.
5. Круковский А.П. Технология опорно-анкерного крепления горных выработок угольных шахт // Научно-техническое обеспечение горного производства: Сб. тр. ИГД им. Д.А. Кунаева. – Алматы: РГП «НЦ КПМС РК», 2014. – Вып. 86. – С. 26–33.
6. 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.
7. Терещук Р.Н. Определение зоны влияния одиночного анкера на однородный приконтурный массив // Зб. наук. пр. Проблеми гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – №19. – С. 183–195.
8. Терещук Р.Н. Определение рациональной зоны влияния одиночного анкера на неоднородный приконтурный массив // Зб. наук. пр. Проблеми гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – №1 (22) – №2 (23). – С. 80–94.
9. Новиков А.О., Гладкий С.Ю. Математическая модель напряженно-деформированного состояния пород кровли монтажного ходка, армированных анкерами // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. пр. – Д.: ІГТМ НАН України, 2014. – Вип. 119. – С. 205–220.

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

11. Терещук Р.Н. Определение рациональной длины анкеров для крепления наклонных выработок // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 1 (90). Ч. 2. – С. 65–69.

12. Терещук Р.Н., Терещук О.В. Определение рациональных параметров анкерования наклонных выработок // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 2 (14). – С. 104–113.

13. Терещук Р.Н. Моделирование анкерных систем для крепления наклонных выработок // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 2 (16). – С. 81–90.

THE FASTENING OF INCLINED WORKINGS USING ANCHORING SYSTEMS

R. Tereshchuk

State Higher Educational Institution “National Mining University”

prosp. Dmytro Yavotnytsky, 19, Dnipro, 49005, Ukraine.

E-mail: tereschuk.rm@gmail.com

Purpose. Investigating the the behavior of marginal rock massif of inclined working fixed with roof bolting, and determinating the rational density of the installation and length of anchors while increasing depth development in the conditions of formation l_8 of mine “Bilozerska” LLC “DTEK Dobropolyeugol”. **Methodology.** Substantiation of roof bolting parameters was performed on the base of studying the patterns of change of the marginal rock massif stress-strain state and was presented as determination of the expected working rock margins displacements that determines the corresponding values of the length and density of installation of anchors. A finite element method was used as a method of solving boundary problem of the massif stress-strain state in the vicinity of the inclined working fixed with arches. **Results.** The method for solving the boundary task of the rock massif stress-strain state in the vicinity of the anchored inclined working is substantiated. The procedure for solving the problem is described using a software product developed at the Department of Construction, Geotechnics and Geomechanics. The design scheme for solving the problem of determining the rational anchoring density and the anchors’ length for fixing the inclined workings in conditions of their depth change is developed. The rational parameters of anchors installed in the roof under fastening inclined mine workings are determined. **Originality.** Relationships between the displacements of the working’s roof and the soil and the depth of its laying under changing the number and length of anchors in the mining and geological conditions of formation l_8 of mine “Bilozerska” are obtained. **Practical value.** These studies can be used for the forecast of contour displacements for newly constructed inclined workings in the mining and geological conditions of formation l_8 of mine “Bilozerska”, that will allow to optimize parameters of anchor and frame-anchor support at a design stage.

Key words: mine, working, modeling, anchor, density, length.

REFERENCES

1. Bulat, A.F. (2014), “Advanced technologies for tunnel supporting in Ukrainian coal mines”, *Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine*, no. 1. pp. 74–79.
2. Bulat, A.F. and Vinogradov, V.V. (2002), *Oporno-ankernoe kreplenie gornykh vyrabotok ugolnykh shakht* [Support-anchoring of mine workings of coal mines], The institute of geotechnical mechanics, Dnipropetrovsk, Ukraine.
3. Bulat, A.F., Popovich, I.M., Vivcharenko, J.V. and Krukovskiy, O.P. (2014), “Tekhnologiya ankernogo kriplennia girnychykh vyrobok na shakhtakh Ukrainy: stan I perspektyvy”, *Ugol Ukrainy*, no. 2. pp. 3–7.
4. Krukovskiy, A.P. (2011), “Analiz vliyaniya plotnosti ustanovki ankernoy krepki na sostoyanie prikonturnykh porod vyrabotki arochnogo secheniya”, *Zb. nauk. prac Geo-Technikal Mechanics*, Iss. 94, pp. 95–104.
5. Krukovskiy, A.P. (2014), “Tekhnologiya oporno-ankernogo krepleniya gornykh vyrabotok ugolnykh shakht”, *Zb. prac im. D.A. Kunaeva Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie gornogo proizvodstva*, Iss. 86, pp. 26–33.
6. Tereschuk, R. (2013), “Definition of rational anchoring density of homogenous surrounding massif”, *Up-to-date resource- and energy- saving technologies in mining industry» Research and production journal: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, vol. 2, no. 12, pp. 130–137.
7. 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.
8. 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.
9. Novikov, A.O. and Gladkiy, S.YU. (2015), “Mathematical model of deformation state of roof rock in working, tip by anchors”, *Zb. nauk. prac Geo-Technikal Mechanics*, Iss. 119, pp. 205–220.
10. Tereschuk, R. (2014), “Determination of rational density of anchoring the inclined workings”, *Ugol Ukrainy*, no. 10, pp. 8–11.
11. Tereschuk, R. (2015), “Determination of rational length of anchors for fastening of inclined workings”, *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University. Scientific Journal: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, Iss. 1, part 2 (90), pp. 65–69.
12. Tereschuk, R. and Tereschuk, O. (2014), “Determination of rational parametres for anchoring inclined workings”, *Up-to-date resource- and energy- saving technologies in mining industry. Research and production journal: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, Iss. 2, no. 14, pp. 104–113.
13. Tereschuk, R. (2015), “Modeling of anchoring systems for fastening of inclined workings”, *Up-to-date resource- and energy- saving technologies in mining industry. Research and production journal: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, Iss. 2, no. 16, pp. 81–90.

Стаття надійшла 02.10.2017.