

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛЕГШЕНИХ ТИПІВ КРІПЛЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК

На сьогоднішній день процес зведення металевого аркового кріплення залишається найбільш трудомістким і найменш механізованим. Окрім того, огорожуючи типи кріплення мають низку недоліків, які призводять до збільшення собівартості проведення виробки і цим самим до збільшення собівартості корисної копалини, що видобувається. Найбільший недолік цього кріплення пов'язаний з технологією його зведення, а саме з незадовільним закладанням закріпного простору, що виключає використання несучої здатності приконтурного масиву і є так званим «людським фактором». З ростом глибини це призводить до деформування кріплення і зростання питомого об'єму перекріплення. Так останній сягає 50 % від об'єму виробок, що проводяться. Разом з цим трудомісткість утримання виробок зростає до 55 люд.-змін на 1000 т видобутку.

В сьогоднішніх умовах актуальним є питання вдосконалення кріплення і технології його зведення для зниження собівартості, енергоємності та трудомісткості проведення виробок.

Перспективними в цьому напрямку є полегшені типи кріплення – анкерне, набризкбетонне армоване сталевими фібрами, які дозволяють застосовувати несучу здатність приконтурного масиву.

Для виявлення характеру залежності трудомісткості і вартості проведення виробки за традиційною технологією від розміру поперечного перерізу зробимо розрахунки основних параметрів технології для чотирьох типових перерізів (див. табл. 1) за стандартною методикою для наступних умов. Двоколейна виробка буде проводитися по пустих породах з коефіцієнтом міцності $f = 6$ за проф. М.М. Протодьяконовим, породи покрівлі середньої стійкості, переважно шаруваті, мало тріщинуваті глинисті та піщанисті сланці, які зберігають стійкість при оголенні покрівлі на відстані 1...3 м від вибою. Механізація прохідницьких робіт буде здійснюватися за допомогою комбайна КСП-32, перенавантажувача ППІ, маневрової лебідки.

Таблиця 1

Типові перерізи виробок, що розраховуються

| Переріз виробки в світлі після осадження, м ² | Площа перерізу в світлі до осадження, м ² | Ширина арки до осадження, м | Висота арки до осадження, м | Периметр арки до осадження, м | Вага комплексу арки, кг |
|--|--|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 8,8 | 10,0 | 3,83 | 3,028 | 8,40 | 260 |
| 11,1 | 12,5 | 4,33 | 3,402 | 9,40 | 287 |
| 12,5 | 14,0 | 4,78 | 3,502 | 9,90 | 301 |
| 13,5 | 15,0 | 4,88 | 3,685 | 10,30 | 311 |

Техніко-економічні показники проведення виробок

| Переріз виробки в світлі після осадження, м ² | Площа перерізу начорно, м ² | Максимальний згинаючий момент, Нм | Змінна швидкість проведення, м/зміну | Трудоємність циклу, люд.-змін | Комплексна норма виробки, м/люд.-зміну | Місячна швидкість проведення, м/місяць | Вартість метра готової виробки, грн |
|--|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| 8,8 | 11,4 | 5260 | 10,5 | 26,58 | 0,395 | 788 | 32476 |
| 11,1 | 14,0 | 4689 | 9,5 | 25,42 | 0,373 | 713 | 35210 |
| 12,5 | 15,6 | 5511 | 9 | 27,06 | 0,333 | 675 | 36840 |
| 13,5 | 16,7 | 4795 | 9 | 33,6 | 0,268 | 675 | 38198 |

В якості альтернативного кріплення приймаємо набризкбетон, армований сталевими фібрами. Вирішальні характеристики, які значно поліпшуються за рахунок додавання сталевих фібр, включають в себе: збільшення пластичності при розтягненні та стисканні, покращена ударна міцність, покращена втомна міцність, низька схильність до відколювання, підвищена міцність, менш значна ширина тріщин в робочому стані, межа міцності на згин в усіх трьох просторових напрямках.

Згідно досліджень [1], найбільш поширена конструкція кріплення для порід середньої стійкості і нестійких є анкерне кріплення з нанесенням набризкбетону на сітчасту затяжку. В останній час сітчасту затяжку замінюють набризкбетоном, армованим сталевими фібрами, який завдяки своїм перевагам досить позитивно себе зарекомендував.

Однак особливості технології проведення підземних гірничих виробок невеликих перерізів не дають можливості застосовувати фібро-набрикбетонне кріплення безпосередньо у вибої. Отже процес кріплення покрівлі у часі і просторі необхідно розділити на декілька етапів. У вибої необхідно зводити мінімально необхідну частину кріплення – тимчасове анкерне, для забезпечення необхідної стійкості, з наступним доведенням її до паспортної на деякої відстані від вибою.

Тимчасове анкерне кріплення може встановлюватися за допомогою пневматичних бурових станків типу «Vombat», які встановлюються на комбайні. Через кожні 0,5...1,0 м комбайн робить коротку перерву для встановлення тимчасового анкерного кріплення.

Згідно [2] для заданих гірничо-геологічних умов мінімальна щільність встановлення анкерів складає 0,7 анк./м². Кількість анкерів у ряді в покрівлі при ширині виробки в проходці від 4 до 5 м повинна складати 4...5 анкерів. Довжина анкерів коливається від 1,7 до 2,0 м для заданих умов. Остаточо приймаємо схему з чотирьох анкерів у покрівлі і чотирьох у боках виробки з шагом 1 м. Довжину приймаємо рівною 1,8/1,8/2,0/2,0 м для перерізів 11,4/14,0/15,6/16,7 м² відповідно.

Товщина шару набризкбетонного кріплення армованого сталевими фібрами залежить від співвідношення довжини та діаметру фібри, форми та об'ємного вмісту фібри.

Згідно [3] максимальний згинаючий момент, який може витримати шар набризкбетону загальною товщиною d , дорівнює

$$M = f_e \frac{b \cdot d}{6}, \quad (1)$$

де M – згинаючий момент, Нм/м; f_e – еквівалентна міцність на згин, Н/мм²; b – ширина зони, що навантажується, мм;

d – загальна товщина шару, мм.

Еквівалентна міцність на згин суміші з анкерною фіброю Dramix ZP 30/50 складає 2,6 Н/мм² при об'ємному вмісті 40 кг/м³.

Виходячи з формули (1) і приймаючи ширину зони $b = 1$ м, загальна товщина шару фібробетонного кріплення, що витримає згинаючий момент M , буде дорівнювати:

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{f_e}} \quad (2)$$

Для заданих умов і отриманих згинаючих моментів товщина шару набризокбетонного кріплення армованого сталевими фібрами складатиме 55, 52, 56, 52 мм. Тому приймаємо за остаточне значення – 60 мм.

Розраховані техніко-економічні показники проведення виробок з поперечними перерізами зазначеними у табл. 1 та з застосуванням комбінованого кріплення наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Техніко-економічні показники проведення виробок з комбінованим кріпленням

| Переріз виробки в світлі після осадження, м ² | Трудомісткість циклу, люд.-змін | Комплексна норма виробки, м/люд.-змін | Місячна швидкість проведення, м/місяць | Вартість метра готової виробки, грн |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 8,8 | 21,93 | 0,479 | 788 | 22160 |
| 11,1 | 22,87 | 0,415 | 713 | 22092 |
| 12,5 | 23,15 | 0,389 | 675 | 24329 |
| 13,5 | 23,97 | 0,375 | 675 | 24540 |

Як видно з рис. 1 і 2 комплексна норма виробки збільшується, а вартість 1 м готової виробки при застосуванні комбінованого кріплення полегшеного типу на 30...40 % зменшується у порівнянні з традиційною технологією. Згідно отриманих даних запропоноване комбіноване кріплення полегшеного типу ефективно застосовувати у всьому спектрі поперечних перерізів. Особливо при перерізах більших 15 м², внаслідок різкого зростання загальної трудомісткості циклу та падіння комплексної норми виробки. Слід зауважити, що в порівнянні з традиційною технологією залежність трудомісткості прохідницького циклу від перерізу виробки для нової технології носить лінійний характер і при збільшенні перерізу понад 15 м². Нерівномірність значень складає 10...70 %.

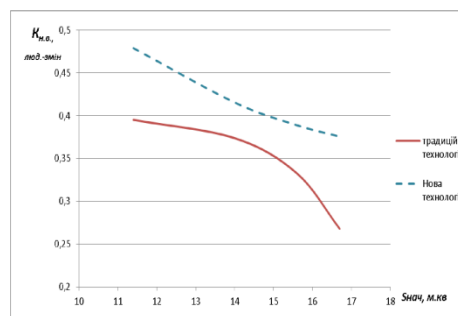


Рис. 1. Графік залежності комплексної норми виробки від площі перерізу начорно

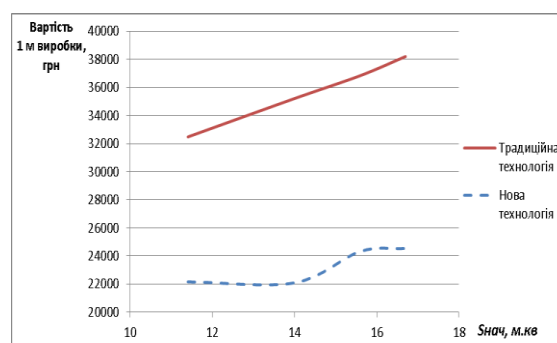


Рис. 2. Вартість 1 м виробки залежно від технології

Проведений в даній роботі аналіз дозволяє стверджувати про перспективність набризкбетону армованого сталевими фібрами. Це підтверджується техніко-економічними показниками технологій, що порівнювалися, а саме трудомісткістю прохідницького циклу, комплексною нормою виробки та вартістю проведення 1 м виробки. Однією з вагових переваг запропонованої технології на основі полегшених типів кріплення є також поетапне кріплення, тобто віднесення основного процесу кріплення від вибою, що сприяє підвищенню техніко-економічних показників проведення виробки. Цей організаційний фактор має дуже велике значення при не великих перерізах виробки

Бібліографічний список

1. Hejazi S. M. , Sheikhzadeh M. et al. An analysis of flexural strength and crack width for fiber-reinforced shotcrete used in weak rock mines. Source Trans Soc Min Metal Explor, 2011 Jan; 328:542-549.
2. Дополнения к «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах Российской Федерации». - М., Ростехнадзор, 2013 г.
3. T. Franzen Shotcrete for Underground Support: a State-of-the-art Report with Focus on Steel-fibre Reinforcement / Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 7, No. 4, pp. 383 - 391, 1992.