

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РАМНО-АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

О.Є. Григор'єв, Р.М. Терещук, О.О. Шащенко, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Україна

Виконана оцінка стану капітальних виробок шахт Західного Донбасу. Розраховані вартість кріплення, ремонту та коефіцієнт стійкості виробок. На підставі аналізу побудованої залежності коефіцієнта стійкості від сумарних витрат на кріплення і ремонт гірничих виробок визначений діапазон мінімальних значень капітальних і експлуатаційних витрат. Обґрунтовано використання рамно-анкерного кріплення, як системи з найменшими витратами на встановлення і ремонт при задовільному рівні стійкості виробок.

Вступ. Кріплення гірничих виробок, як відомо, є гірничотехнічною спорудою, що зводиться для забезпечення їх стійкості і технологічної безпеки та для керування гірським тиском. Технологічне збереження виробки в задовільному стані досягається шляхом забезпечення проектних розмірів виробки протягом усього терміну її експлуатації за умовами безпечних проходів і зазорів, вентиляції, розміщення гірничопрохідницького і експлуатаційного обладнання та ін.

При зростанні глибин розробки вугільних родовищ і ускладненні гірничо-геологічних умов, собівартість проходки і кріплення погонного метра підземної виробки істотно зростає, що пов'язано із збільшенням вартості й обсягів використання кріплення, а також трудомісткості його зведення.

Ускладнення умов експлуатації підземних гірничих виробок призводить до збільшення експлуатаційних витрат на їх підтримання. Це викликано тим, що в результаті проявів гірського тиску, для забезпечення збереження експлуатаційних характеристик виробки виникає необхідність виконання заміни деформованого або зруйнованого кріплення, розширення її перерізу, ліквідації вивалів та ін. Разом з витратами на проведення виробок такі витрати вже зараз сягають 45% собівартості вугільної продукції [1].

Величини капітальних і експлуатаційних витрат безумовно пов'язані між собою. Великі капітальні витрати дозволяють за інших рівних умов забезпечити тривалу стійкість виробки без істотних експлуатаційних витрат. І навпаки, прорахунки при проектуванні кріплення або необґрунтоване зниження несучої здатності систем кріплення, що дозволяє зменшити капітальні видатки, згодом призводять до багаторазових трудомістких ремонтних робіт.

Метою роботи є обґрунтування можливості мінімізації витрат на кріплення та ремонт підземних гірничих виробок.

Матеріал і результати досліджень. При проектуванні на практиці гірничодобувні підприємства прагнуть до зниження загальної суми витрат на будівництво і підтримання гірничих виробок, яку можна визначити з виразу:

$$B = K + n\omega E, \quad (1)$$

де K та E – капітальні та експлуатаційні витрати відповідно, n – кількість ремонтів виробки; ω – коефіцієнт стійкості.

У виразі (1) розглянемо більш докладно змінні n і ω .

Кількість ремонтів n протягом терміну служби для різних виробок відрізняється. Так, наприклад, у навколоствольних капітальних виробках при термінах використання, що сягають десятків років, може бути виконано в середньому 1...2 ремонтів. При цьому на окремих ділянках (наприклад, в межах зон підвищеного гірського тиску) кількість ремонтів може сягати 3 і більше, а на інших, не виконуватися зовсім, а тому n визначається як результат ділення довжини ремонтіваних ділянок за весь період експлуатації до загальної довжини виробки.

У підготовчих виробках, що експлуатуються протягом строку відпрацювання лави (1...1,5 роки), рідкісні випадки, коли виконується більше одного ремонту.

Виробки розкриття дільниці шахтного поля, панелі або блоку, піддаються ремонту протягом терміну своєї служби не більше 2 разів. Такі виробки, зазвичай, розміщуються поза зонами впливу очисних робіт, а обрані проектні способи охорони дозволяють тривалу експлуатацію без істотних проявів гірського тиску.

Таким чином, при визначенні суми витрат на проведення виробки і подальшу її експлуатацію слід виходити з того, що обов'язковим є щонайменше один ремонт. Ймовірність виконання другого і наступних ремонтів істотно нижче, а тому при розрахунку сумарних витрат слід враховувати перший ремонт, а витратами на подальше підтримання за великим рахунком можна знехтувати.

Зважаючи на тривалість терміну використання (до 10 років) саме виробки розкриття дільниць шахтного поля становлять особливий інтерес з точки зору мінімізації витрат на проведення, кріплення та підтримання. До того ж такі виробки на відміну від навколоствольних та головних магістральних за обсягами проведення та підтримання сумірні із загальною довжиною дільничних виробок на шахті.

Коефіцієнт стійкості ω є досить універсальним параметром, що визначає стан виробки. У загальному вигляді ω визначається з виразу:

$$\omega = \frac{n - n_{II}}{n}, \quad (2)$$

де n – загальна кількість рам кріплення на контрольній ділянці; n_{II} – кількість рам кріплення, відповідних паспорту кріплення, з урахуванням передбачених конструкцією кріплення деформацій і переміщень елементів.

Значення коефіцієнта варіюється в межах $0 \leq \omega \leq 1$. При величині ω близькою до нуля, виробку відносять до стійких, при максимальному значенні – до нестійких.

Незважаючи на простоту, коефіцієнт стійкості має істотний практичний сенс. Розрахункова величина коефіцієнта ω лише опосередковано відображає якісний стан виробки, визначаючи, проте, кількісно ступінь стійкості (або нестійкості).

Досвід експлуатації підземних гірничих виробок показує, що рано чи пізно з достатньо високою ймовірністю ділянки, де кріплення виробок істотно деформоване і не відповідає паспорту кріплення ($\omega \rightarrow 1$), переходять у нестійкий стан. Для таких нестійких виробок, починаючи з деякої величини ω , яка визначається для конкретних гірничо-геологічних умов індивідуально, при проектуванні нових виробок вносять відповідні корективи в методику розрахунку параметрів кріплення. Для виробок, що експлуатуються, величина коефіцієнта стійкості дозволяє планувати витрати і їх обсяги на майбутні звітні періоди, закладаючи їх у бюджет гірничодобувного підприємства.

Визначення ω зазвичай виконується в натурних умовах безпосередньо на шахтах. Для виконання досліджень були визначені замірні ділянки на магістральних капітальних виробках шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Особливістю виробок є подібність вміщуючого вуглепорідного масиву, що дозволяє характеризувати їх як однотипні. Всі виробки закріплені рамним або рамно-анкерним кріпленням на основі КШПУ. Перерізи виробок у світлі становлять від 14,4 до 17,7 м².

Вимірювання виконувалися силами маркшейдерських служб шахт в наступних виробках:

- західний магістральний відкотний штрек № 2 шахти ім. Героїв Космосу. Крок встановлення рам кріплення із зворотним склепінням – 0,5 м. Має також місце ділянка з кільцевим кріпленням (щільність встановлення рам кріплення – 2 р/м);
- конвеєрний квершлаг № 3 гор. 425 м шахти «Західно-Донбаська», крок встановлення рам – 0,5 м;
- другий відкотний квершлаг гор. 325 м шахти «Благодатна». Використовується рамно-анкерне кріплення з щільністю рам 1,25 р/м та 7 анкерів в покрівлі квершлягу з кроком 0,8 м;

- дев'ятий західний дренажний штрек гор. 170 м шахти «Самарська». Тут за фактом існують дві ділянки з різним кроком встановлення елементів рамно-анкерного кріплення: 1 м + 9 анкерів та 1,25 м + 11 анкерів (два анкера встановлюються в боках штреку);

- східний магістральний відкотний штрек гор. 490 м шахти «Степова». Крок встановлення рамного кріплення 0,33 м;

- магістральний вентиляційний штрек гор. 490 м шахти «Степова». При щільності рам кріплення 1,5 р/м в покрівлю встановлювалися 5 анкерів.

У рамках досліджень здійснювалося спостереження в цілому за станом виробок, на замірних станціях – фіксація зміщень контуру виробки за відповідною методикою [2...4] і деформацій кріплення, а в журналах ремонту відзначалися обсяги підривання, заміна кріплення та ліквідації вивалів. Результати спостережень дозволили розрахувати відповідну величину ω (табл.) для кожного з варіантів кріплення виробки.

Таблиця. Коефіцієнт стійкості виробок шахт ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» у залежності від типу кріплення

№ вар.	Назва виробки. Шахта	Крок встановлення рам, м	Кількість анкерів, шт.	ω
1	Західний магістральний відкотний штрек №2. Ім. Героїв Космосу	0,5 + зворотне склепіння	–	0,15
2		0,5 (кільце)	–	0,05
3	Конвеєрний квершлаг № 3 гор. 425 м. «Західно-Донбаська»	0,5	–	0,7
4	Другий відкотний квершлаг гор. 325 м. «Благодатна»	0,8	7 (покрівля)	0,5
5	Дев'ятий західний дренажний штрек гор. 170 м. «Самарська»	1	9 (покрівля)	0,4
6		1,25	11 (9 – покрівля, 2 – боках)	0,3
7	Східний магістральний відкотний штрек гор. 490 м. «Степова»	0,33	–	0,1
8	Магістральний вентиляційний штрек гор. 490 м. «Степова»	0,67	5	0,6

Вартість проходки і ремонту виробок в даний час досить часто відноситься до розряду комерційної таємниці, а тому побачити її у відкритому доступі досить проблематично. Особливо така ситуація характерна для підприємств приватних форм власності. Подібна таємність, найчастіше, викликана небажанням власників підприємств привертати зайву увагу з боку фіскальних органів. Це ж, втім, ускладнює отримання даних про собівартість виконання прохідницьких і ремонтних робіт для виконання наукових досліджень.

З іншого боку, починаючи з 2001 року, в Україні діють нормативні державні норми визначення вартості будівництва [5], а також збірки ресурсних кошторисних норм [6]. Ці документи регламентують вибір кошторисних норм, визначення трудомісткості виконання робіт і порядок розрахунку вартості проходки та ремонту підземних гірничих виробок.

Крім того, важливою відмінною особливістю розрахунку на основі згаданих джерел є облік усереднених за вугледобувною галуззю норм витрат ресурсів (трудомісткості й матеріалів), рівня заробітної плати, норм загальновиробничих і додаткових витрат тощо, що, відповідно, дозволяє отримати усереднені сумарні витрати на гірничопрхідницькі роботи.

Таким чином, застосування методики визначення вартості будівництва та ремонту гірничих виробок на підставі державного стандарту України обґрунтовано і доречно у світлі поставлених у роботі завдань.

Для виконання розрахунку вартості кріплення одного погонного метра виробок, зазначених у табл., використовувалися розрахункові обсяги виконання робіт, а для визначення собівартості підривання і заміни кріплення – обсяги робіт з шахтних журналів ремонту.

При цьому в локальні кошториси вносилися роботи та матеріали, що відрізняються для кожного варіанту, а саме:

- для проходки: кріплення виробок рамами кріплення і анкерами, затяжка стін і склепіння, а також додаткові обсяги на проходку зворотного склепіння та монтаж нижнього сегмента кільцевого кріплення;

- для ремонту: зняття рам арочного податливого кріплення і затягування, підривання підлоги (як найбільш характерного прояву гірського тиску), вирівнювання повторно використуваних елементів рамного кріплення, підйом рейкового шляху на дерев'яних колодах. При цьому враховувалася можливість часткового повторного використання сталевих елементів рамного кріплення.

Розрахунок вартісних параметрів кріплення та ремонту виконувався із застосуванням програмного комплексу «Будівельні технології-Кошторис», що є рекомендованим Мінрегіоном України, з урахуванням цін на матеріально-технічні ресурси станом на 20.12.2013 р.

У результаті виконаних розрахунків з метою визначення мінімальних витрат побудована залежність величини коефіцієнта стійкості ω від сумарних капітальних і експлуатаційних витрат (рис.), аналіз якої дозволяє зробити наступні висновки:

- максимальна величина сумарних витрат на кріплення і ремонт виробки спостерігається при максимальних і мінімальних значеннях коефіцієнта стійкості ω . Дійсно, висока стійкість виробок ($\omega \rightarrow 0$) забезпечується значним обсягом капітальних витрат на кріплення виробки. Завідомо низька несуча здатність кріплення при недостатньому фінансуванні призводить до зниження стійкості виробки ($\omega \rightarrow 1$) і вимагає виконання додаткових заходів з приведення виробки у стійкий стан;

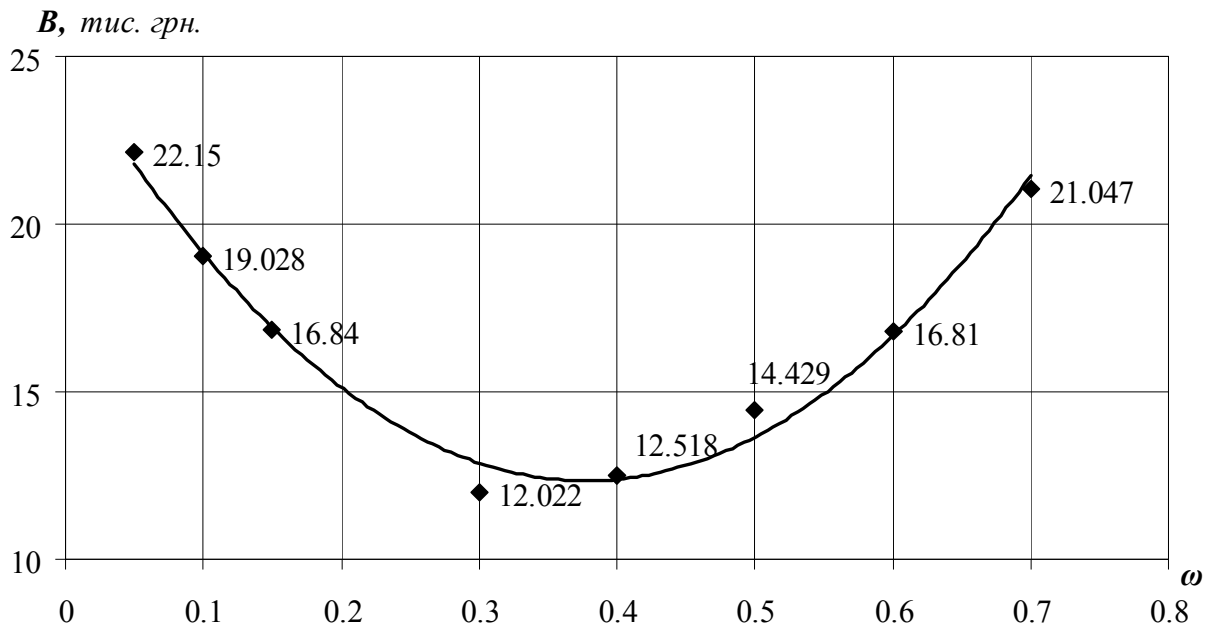


Рис. Залежність зміни коефіцієнта стійкості від суми витрат на кріплення та ремонт виробок за варіантами (1...8) відповідно до табл.

- найменша величина сумарних витрат характерна для рамно-анкерних систем кріплення, що зайвий раз доводить правомірність тенденції широкого використання анкерів при кріпленні гірничих виробок, що намітилася останнім часом. Для умов Західного Донбасу використання рамно-анкерного кріплення в 1,8 рази економічно вигідніше ніж застосування рамного;

- крива має вигляд квадратичної функції виду $y = 2,48 - 6,6x + 8,7x^2$;

- при величині коефіцієнта стійкості $\omega = 0,3...0,45$ має місце мінімальне значення витрат на кріплення і ремонт виробок.

Висновки. Таким чином, отримана в результаті виконаних досліджень залежність дозволяє в першому наближенні для гірничо-геологічних умов Західного Донбасу визначати тип систем кріплення при обґрунтованій мінімізації сумарних витрат на кріплення і ремонт підземних гірничих виробок. Такий підхід за великим рахунком має бути врахований у відповідних методиках проектування гірничих виробок.

Природно, для інших гірничо-геологічних умов та інших типів кріплень залежність коефіцієнта стійкості ω від сумарних витрат B за кількісними показниками буде дещо відрізнятися від наведеної на рис., однак загальний характер, ймовірно, буде аналогічним.

Подальшими напрямками досліджень в області оптимізації витрат на проведення і підтримання гірничих виробок попередньо визначені:

- збір додаткової статистичної інформації про види кріплення та обсягах ремонту на шахтах України для кореляції отриманої залежності для умов Західного Донбасу та виявлення аналогічних закономірностей для інших характерних умов;

- аналіз існуючої нормативної методики проектування систем кріплення для вугільних шахт з наступним впровадженням обліку мінімізації вартості кріплення і підтримання виробок на підставі отриманих залежностей.

Список літератури

1. Солодянкин А.В. Обеспечение устойчивости сопряжений протяженных выработок шахт / А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев, В.В. Раскидкин // Вестник КрНУ им. М. Остроградского – Кременчуг: КрНУ, 2011. – №5. – С. 100-105.

2. Солодянкин А.В. Анализ состояния протяженных выработок шахт Западного Донбасса / А.В. Солодянкин, А.В. Халимендик, К.В. Кравченко // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений : материалы междунар. конф. молодых ученых, студентов и аспирантов по проблеме (5-7 апр. 2011 г., Донецк) / ДонНТУ – Донецк, 2011. – №17. – С. 78-80.

3. Опыт поддержания выработок, проводимых встречными забоями в условиях шахты «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / А.В. Мартовицкий, Н.С. Еремин, В.В. Панченко, А.В. Халимендик, А.С. Иванов // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2011» (12-15 жовтня. 2011 р., Дніпропетровськ) / ДВНЗ "НГУ" – Д., 2011. – С. 43-49.

4. Шашенко О.М. До визначення критерію оцінки стану протяжних виробок глибоких вугільних шахт / О.М. Шашенко, О.В. Халимендик, Г.Ю. Король // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2013» (02-05 жовтня. 2013 г., Дніпропетровськ) / ДВНЗ "НГУ" – Д., 2013. – Т. 2. – С. 126-130.

5. ДБН Д.1.1-1-2000. Правила визначення вартості будівництва: будівельні норми / НПФ «Інпроект», Управління реформуванням ціноутворення, методології експертизи і контролю вартості будівництва Держбуда України. – Дійсний з 27-08-00. – К.: Держбуд України, 2000.

6. ДБН Д.2.2-35-99. Збірник 35 Гірничопрохідницькі роботи: будівельні норми / НПФ «Інпроект», Управління реформуванням ціноутворення, методології експертизи і контролю вартості будівництва Держбуда України. – Дійсний з 26-05-00. – К.: Держбуд України, 2000.