

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний
університет»

ТЕХНОЛОГІЇ І ПРОЦЕСИ У ГІРНИЦТВІ
ТА БУДІВНИЦТВІ

Збірник наукових праць

Покровськ, 2020

УДК 622.268; 519.86

С.Г. Негрій, О.В. Данілаєва

ДНУЗ «Донецький національний технічний університет», м. Покровськ, Україна

РОЗРОБКА ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ГІРНИЧО-ПРОХІДНИЦЬКИХ РОБІТ

Для мінімізації витрат на гірничо-прохідницькі роботи було розглянуто фактори, які на це впливають. На основі діючих методик і діючих керівних галузевих документів розроблено модель оптимізації витрат на гірничо-прохідницькі роботи, за якою здійснено розрахунок варіантів розвитку робіт та обґрунтовано найбільш економічно доцільний.

Ключові слова: проектування, витрати, методика, модель, оптимізація

В умовах вугільних шахт дуже гостро стоїть питання управління витратами та впровадження ресурсозберігаючих заходів при виконанні виробничої діяльності. Це пов'язане з тим, що в умовах високої конкуренції та відносного зменшенні попиту на вугільну продукцію підприємству необхідно будь-якою ціною зберегти рентабельний рівень виробництва.

Під управлінням витратами слід розуміти безперервний процес їх планування, обліку, контролю й аналізу при проектуванні та виконанні гірничих робіт. Тому для оперативного реагування на зміни параметрів у ланках технологічної схеми шахти та визначення витрат на ці зміни корисними будуть спеціальні методики щодо оптимізації витрат на ті чи інші роботи. Зокрема, це можуть бути оптимізаційні моделі окремих робіт, які б могли враховувати як технологічні, так і вартісні параметри, визначення яких дозволило встановити їх раціональні комбінації.

Часто перед проектувальником стоїть питання доцільності ремонту наявного прохідницького устаткування, придбання нового або придбання обладнання з капітального ремонту задля їх використання при проведенні певної виробки або мережі виробок. Звичайно, в першу чергу, враховується наявність коштів на це й виходячи з цього планується план інвестицій. Паралельно розробляється паспорт проведення виробки та

складається план гірничо-прохідницьких робіт. Це доволі трудомісткі операції, що потребують істотних витрат часу, оскільки на етапі проектування можуть змінюватися параметри виробки, тип обладнання, умови проведення та ремонту виробок тощо. Для того щоб пришвидшити процес вибору оптимального набору параметрів виробки, при якому буде мінімізовано витрати на проведення та ремонт виробок запропоновано оптимізаційну економіко-математичну модель управління витратами при виконанні гірничо-прохідницьких робіт при проведенні гірничої виробки.

Вибір раціональної технологічної схеми проведення виробок залежить від витрат на дану технологію, які включають: витрати на підготовку мережі виробок, придбання прохідницького обладнання, підтримання виробок тощо.

Оптимальним варіантом вважається той, при якому питомі сумарні приведені витрати (грн./м) будуть мінімальними, тобто виконується умова

$$c_{nm.} = \frac{K_n + K_{\delta} + R}{l} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де K_n – початкові витрати, пов'язані з підготовкою ділянки, грн.,

$$K_n = K^n + K_{mp.}^n, \quad (2)$$

де K^n – початкові капітальні витрати на проведення гірничих виробок, грн.; $K_{mp.}^n$ – початкові капітальні витрати на покупку та монтаж прохідницького обладнання та засобів підземного транспорту у виробці, грн.; K_{δ} – витрати майбутніх років, які здійснюються в період відпрацювання ділянки через t років після його здачі в експлуатацію, грн.,

$$K_{\delta} = K^{\delta}, \quad (3)$$

де K^{δ} – витрати на проведення гірничих виробок в період експлуатації, грн.; R – сума експлуатаційних витрат за період відпрацювання родовища (витрати на підтримання та ремонт гірничих виробок), грн.; Z – запаси вугілля, для вилучення яких проводиться виробка, т.

Загальні витрати на проведення будь-якої виробки можуть бути записані таким чином

$$K = k \cdot l, \quad (4)$$

де k - вартість проведення 1м виробки, грн. ; l - довжина виробки, м.

Визначати питомі витрати необхідно для кожної ділянки шахтного поля, оскільки їх параметри можуть бути різними й ці параметри стосуються не тільки розмірів виїмкової ділянки, а й технологій проведення та підтримання виробок, які можуть змінюватись у залежності від умов відпрацювання кожного стовпа.

Початкові капітальні витрати до моменту підготовчих робіт включають необхідні місячні витрати на започаткування проведення виробки, яке починається з придбання та монтаж прохідницького обладнання $K_{np.o}^n$ та засобів підземного транспорту у виробці $K_{тр.}^n$.

$$K_n = K_{np.o}^n + K_{тр.}^n. \quad (5)$$

Витрати майбутніх періодів будуть включати витрати на проведення діляничних виробок та їх підтримання, а також витрати на оновлення обладнання або придбання додаткового устаткування

$$K_o = k_o l + K_{обл.} \quad (6)$$

Використання відомих методик щодо проведення виробок та їх підтримання [1-5] дозволило встановити нам загальний вираз для розрахунку питомих витрат на проведення 1 м виробки

$$c_{нт.} = \left(\frac{1,05}{l} [B_{комб} + B_{конв.} + B_{обл.}] + \frac{BT_4 [U(1-k_{кр})\varepsilon - U_{под}]^2}{2U\varepsilon n'_{под}} + \right. \\ \left. + 1,21 \frac{N_{мс} n_y}{v_{мс}} [T_5 \cdot n'_{ц} + 1,1 \cdot \Sigma C_{ім} + 1,1 \cdot \Sigma C_{мсі}] \left[2 + \frac{(Uk_{кр}\varepsilon - \Delta)}{U\varepsilon} \right] \right), \quad (7)$$

де $B_{комб}$, $B_{конв.}$, $B_{обл.}$ – вартість, відповідно, прохідницького комбайна, конвеєрів та додаткового обладнання для проведення виробки, грн.; B -

ширина виробки в проходці, м; U – сумарне зміщення порід у виробці, м; $k_{кр}$ – коефіцієнт, що характеризує частку зміщень покрівлі у загальних зміщень; T_4, T_5 – тарифні ставки гірників, відповідно 4 та 5 розрядів, грн./зм.; $n'_ц$ – трудомісткість прохідницьких робіт за цикл, люд.-зм.; $v_{міс}$ – місячна швидкість проведення виробки, м/міс.; $N_{міс}$ – кількість днів роботи за місяць; $n_ц$ – кількість циклів з проведення за добу; $\sum C_{ім}$ – вартість виробки за матеріалами на довжину заходки, грн./м; $\sum C_{мі}$ – вартості виробки на заходку по експлуатації машин і механізмів, грн./м; $U_{под.}$ – допустимі за умовами експлуатації зміщення підосви, м; Δ – конструктивна піддатливість кріплення виробки, м; ε – відношення величини зміщень порід у визначеному пункті до кінцевого значення залежно від відстані до вибою розраховується за формулою [2]

$$\varepsilon = \frac{aL}{b + L}, \quad (8)$$

де L – відстань до прохідницького вибою, м;

a, b – емпіричні коефіцієнти [2].

З виразу (7) можна визначити оптимальні параметри технологічної схеми проведення виробок в залежності від основних факторів, що впливають. Ці витрати можуть розраховуватись як на 1 м виробки, так і на 1 т запасів вугілля, для видобування яких виробка проводиться. Це залежить від того яка задача вирішується. Якщо потрібно знати яка технологія проведення буде дешевшою, то краще використовувати розрахунок на довжину виробки, а якщо потрібно визначити частку проходки у собівартості – вартість має бути приведена до запасів. Крім того, останній варіант використовується, коли одне й те ж прохідницьке устаткування застосовується для проведення декількох виробок і вартість устаткування потрібно поділити на всі ці виробки або, коли використовуються різні технології проведення виробки.

Підстановка отриманих даних у вираз (7) дозволяє визначити питомі витрати на гірничо-прохідницькі роботи в залежності від основних факторів, що впливають. Для спрощення розрахунків було підготовлено таблицю розрахунку показників у програмному пакеті Excel (рис. 1). Введення певних даних у таблицю дозволяє відстежити вплив того чи іншого фактору на підсумковий результат.

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ НА ГІРНИЧО-ПРОХІДНИЦЬКІ РОБОТИ			
МАСИВ			
Найменування показників	Позначення показників	Значення показників	
Висота штапу, м	H _ш	2800	
Вартість прохідницького обладнання, грн.	B _{обл}	2500000	
Вартість транспортного устаткування, грн.	B _{тс}	4000000	
Вартість додаткового обладнання, грн.	B _{дб}	0	
Ширина виробки, м	B	4,75	
Тарифна ставка гірників з ремонту, грн./зм.	T _г	405	
Тарифна ставка прохідників, грн./зм.	T _п	450	
Місячна швидкість проведення виробки, м/міс.	V _м	191	
Витрати на обслуговування машин, грн./м	C _м	1200	
Витрати на матеріали при спороху, грн./м	C _{мат}	35000	
Норма виробки на виїмання гірної маси, м/лод.-зм.	N _м	1,51	
Норма виробки на криплення виробки, м/лод.-зм.	N _к	0,8	
Норма виробки на настилення конвеєра, м/лод.-зм.	N _н	9,2	
Норма виробки на настилення рейкового шляху, м/лод.-зм.	N _р	2,76	
Норма виробки на криплення каналів, м/лод.-зм.	N _{кн}	7,29	
Норма виробки на підвіску підшви, м/лод.-зм.	N _п	4,3	
Глибина робіт, м	H	750	
Міцність порід покрівлі, МПа	R _п	16	
Міцність порід підшви, МПа	R _{пд}	16	
Умови підтримання (1 - масив, 2 - вріснчу)	У	1	
Крок встановлення рам криплення, м	Δ	0,8	
Підатливість крипленю, м	Δ	0,3	
Допустима величина зміщено підшви, м	Δ _{доп}	0,25	
ВІСПІСІЧКУ			
Найменування показників	Позначення показників	Значення показників	
Висота штапу, м	H _ш	8600	
Вартість прохідницького обладнання, грн.	B _{обл}	0	
Вартість транспортного устаткування, грн.	B _{тс}	0	
Вартість додаткового обладнання, грн.	B _{дб}	0	
Ширина виробки, м	B	4,75	
Тарифна ставка гірників з ремонту, грн./зм.	T _г	405	
Тарифна ставка прохідників, грн./зм.	T _п	450	
Місячна швидкість проведення виробки, м/міс.	V _м	191	
Витрати на обслуговування машин, грн./м	C _м	1200	
Витрати на матеріали при спороху, грн./м	C _{мат}	22000	
Норма виробки на виїмання гірної маси, м/лод.-зм.	N _м	1,51	
Норма виробки на криплення виробки, м/лод.-зм.	N _к	0,8	
Норма виробки на настилення конвеєра, м/лод.-зм.	N _н	9,2	
Норма виробки на настилення рейкового шляху, м/лод.-зм.	N _р	2,76	
Норма виробки на криплення каналів, м/лод.-зм.	N _{кн}	7,29	
Норма виробки на підвіску підшви, м/лод.-зм.	N _п	4,3	
Глибина робіт, м	H	750	
Міцність порід покрівлі, МПа	R _п	16	
Міцність порід підшви, МПа	R _{пд}	16	
Умови підтримання (1 - масив, 2 - вріснчу)	У	1	
Крок встановлення рам криплення, м	Δ	0,8	
Підатливість крипленю, м	Δ	0,3	
Допустима величина зміщено підшви, м	Δ _{доп}	0,25	
ЗАГАЛЬНІ ВИТРАТИ НА ПІДГОТОВКУ ЧАСТИНИ ШАХТНОГО ПОЛЯ			
СУМА ВИТРАТ НА ОБЛАДНАННЯ, грн.		30450000,00	
СУМА ВИТРАТ НА ПРОВЕДЕННЯ, грн.		311627580,55	
СУМА ВИТРАТ НА РЕМОНТ, грн.		30244389,32	
Сумарні питомі витрати, грн./г		105,72	

Рис. 1. Загальний вигляд розрахункової таблиці у пакеті Excel

На прикладі гірничо-прохідницьких робіт, для умов шахти «Новодонецька» ВСП «Шахтоуправління «Білозерське» ТОВ «ДТЕК «Добропіллявугілля», було перевірено розроблену оптимізаційну модель гірничо-прохідницьких робіт для її подальшого використання в

інвестиційних проектах. Розглядалася необхідність використання того чи іншого прохідницького обладнання, з тими чи іншими параметрами виробок в певних умовах.

Для перевірки функціонування моделі було використано дані з торгів в системі Prozorro, на яких відображено результати щодо купівлі прохідницьких комбайнів, які є новими або після капітального ремонту, а також наведено дані вартості ремонту комбайнів.

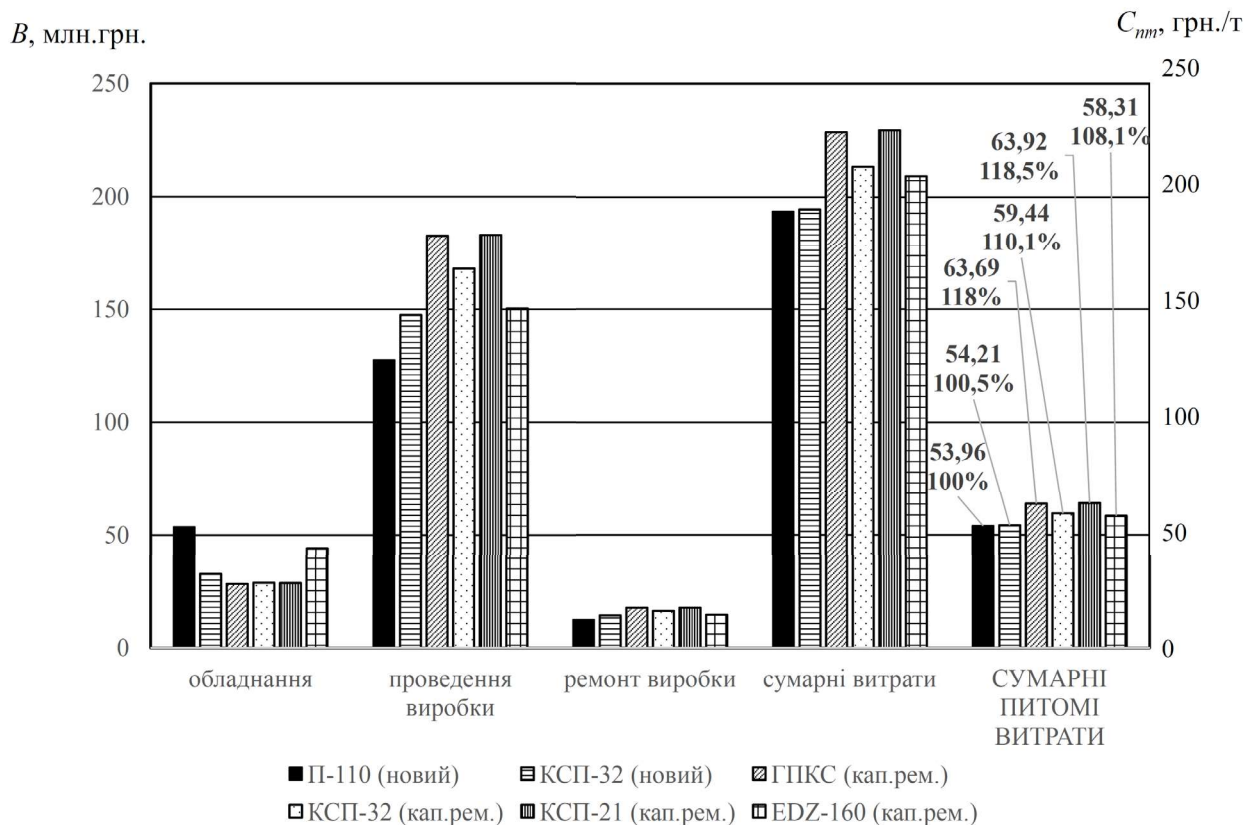


Рис. 2. Діаграма витрат B та питомих витрат $C_{шт}$ для варіантів, що порівнюються

З використанням прийнятих вартостей комбайнів та робіт, а також підстановкою у модель показників, які бути взяті на шахті було розраховано витрати на гірничо-прохідницькі роботи при використанні нових прохідницьких комбайнів (П-110, КСП-32) та з капітального ремонту (ГПКС, КСП-32, КСП-21 та EDZ160). Підсумкова діаграма витрат наведена на рисунку 2, з якого випливає, що найбільшу частку має вартість проведення виробки, майже у 3-4 рази будуть меншими витрати на обладнання, а витрати на ремонт від проведення складають близько 7 %.

Порівняння загальних та питомих витрат показало, що найбільш доцільною є технологія з новими комбайнами, оскільки вони забезпечують меншу трудомісткість робіт та більш якісне та швидкісне проведення виробки. При цьому різниця за витратами між варіантами буде від 8 до 18,5 %.

Наступним етапом наших досліджень має бути порівняння розрахункових результатів з фактичними шахтними даними.

Список літератури

1. Панин И.М., Ковалев И.А. Задачник по подземной разработке рудных месторождений. – М.: Недра, 1984г. – 181с.
2. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони (СОУ 10.1.00185790.011:2007)/ Мінвуглепром України, К., 2007. – 113с.
3. Дорохов Д.В. и др. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых. – ДОНУГПО. – Донецк – 1997. – 368с.
4. Технологические схемы очистных и подготовительных работ на угольных шахтах. Министерство угольной промышленности СССР. М., изд-во «Недра», 1971. – 288 с.
5. Схемы вскрытия, подготовки и систем разработки пологих пластов Донбасса на больших глубинах с расположением выработок в разгруженных зонах. Том 3, МУП СССР, ИГД им. А.А. Скочинского, ДонУГИ, 1986. – 44 с.