

© А.О. Хорольський<sup>1</sup>, Ю.О. Заболотна<sup>2</sup>, В.М. Почепов<sup>2</sup>, В.Ю. Медяник<sup>2</sup>,  
В.В. Лапко<sup>2</sup>, О.Р. Мамайкін<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, Україна

<sup>2</sup> Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

## **ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИЙМАННЯ ТОНКИХ ПЛАСТІВ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ВУГІЛЛЯ ВИКОНАВЧИМ ОРГАНОМ**

© A. Khorolskyi<sup>1</sup>, Yu. Zabolotna<sup>2</sup>, V. Pochepov<sup>2</sup>, V. Medianyuk<sup>2</sup>, V. Lapko<sup>2</sup>,  
O. Mamaikin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Branch for Physics of Mining Processes of the M.S. Poliakov Institute of Geotechnical Mechanics the National Academy Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

<sup>2</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

## **JUSTIFICATION OF RATIONAL PARAMETERS FOR THIN SEAM EXTRACTION BASED ON THE STUDY OF ENERGY CHARACTERISTICS OF THE COAL CUTTING PROCESS BY THE EXECUTIVE BODY**

**Мета.** Розробити новий підхід, щодо обґрунтування раціональних параметрів виймання тонких пластів механізованим способом.

**Методика.** Для розробки підходу було застосовано метод оцінки енергетичних характеристик процесу виймання вугілля механізованим способом за допомогою очисних комбайнів. Для визначення раціональних параметрів слід розрахувати основні енергетичні характеристики серед яких: енергетичні витрати на виймання 1 м<sup>3</sup> вугілля; еталонні витрати на виймання 1 метру кубічного вугілля; загальна ефективність виймання (відношення енергетичних витрат до еталонних).

**Результати.** Було запропоновано новий підхід, щодо раціоналізації параметрів видобутку вугілля очисними комбайнами. Для цього було застосовано методику дослідження енергетичних характеристик процесу виймання. На основі порівняння еталонних витрат, витрат на виймання 1 метру кубічного вугілля було визначено раціональну область застосування найбільш популярних очисних комбайнів. Дослідження ефективності процесу виймання вугілля дозволило встановити, що на пластах малої потужності застосовувати комбайни з барабанним виконавчим органом (КА80, КА200) недоцільно через високі енергетичні витрати, а також обмеженість в регулюванні розташування виконавчого органу в очисному вибої. Також недоцільно застосовувати комбайни які призначені для роботи на пластах середньої та великої потужності (РКУ10, РКУ13) для відпрацювання пластів малої потужності через низьку енергетичну ефективність.

**Наукова новизна.** Розроблено методику оцінки енергетичних характеристик очисних комбайнів в залежності від типу виконавчого органу.

**Практична значимість.** Визначено раціональну область застосування очисних комбайнів на пластах полого падіння, а також визначено загальну ефективність процесу виймання вугілля очисними комбайнами зі шнековим та барабанним виконавчим органом. Встановлено,

що сучасні виймальні машини УКД400, CLS-450 мають порівняно прийнятні енергетичні характеристики (при перерахунку на узагальнений критерій бажаності 0,51–0,75, що відповідає задовільному та доброму рівню), але виключно в діапазоні заданих паспортних характеристик.

**Ключові слова:** параметр, енергетичні характеристики, еталонні характеристики, загальна ефективність, очисний комбайн, діапазон.

**Вступ.** Загальна ефективність процесу видобутку корисної копалини залежить не тільки від рівня механізації, технології виконання прийнятих рішень, досконалості виробничого циклу з боку узгодженості у часі і просторі технологічних операцій, а й більшій мірі від параметрів в межах яких цей процес виконується [1]. Під терміном «параметри виймання» вугілля розуміють сукупність характеристик процесу: рівень енергетичних витрат на руйнування вугілля в масиві, швидкість пересування очисної техніки, ширина захвату очисного комбайну, тощо; однак, є ще технологічні параметри: виймальна потужність пласта, довжина очисного вибою, тощо [2, 3]. Знаходження меж області в якій буде досягнуто оптимальне рішення і є раціоналізацією параметрів. Для пошуку оптимального рішення застосовують моделі та методи оптимізації та прийняття рішень. Станом на початок 2024 року кількість методів пошуку оптимального рішення в галузі гірництва перевищує 100 [4]. В роботі [5] наведено класифікацію цих методів, а також проведено дослідження трансформування підходів і визначено основні тренди. Сучасні методи раціоналізації параметрів повинні відповідати ряду вимог:

1) При пошуку рішення його слід розбити на локальні – приватні. Завдяки цьому можна більш точно визначити зміну того чи іншого показника. На основі багатьох приватних рішень визначається загальне. Різниця полягає лише в інструментах пошуку цих рішень.

2) У якості критерію оптимальності виступає не тільки певний параметр (собівартість, кількість хвилин на цикл, швидкість виконання), але і філософська категорія – «якість». Якість це характеристика яка визначає сутність предмету. Стосовно гірничодобувної галузі категорія «якість» виражається через зольність, рівень витрат енергії, тощо.

Наявність описаних вище вимог і створює багатоманіття інструментів раціоналізації параметрів. Але, умовно ці інструменти можна розділити на кількісні та якісні [6]. Кількісні інструменти [7–10] дозволяють знайти оптимальне рішення з позиції мінімізації заданого оптимізаційного параметру, а якісні інструменти [11–13] дозволяють знайти або ухвалити рішення на основі заданих якісних характеристик. До недоліків кількісних інструментів можна віднести те, що вони не завжди враховують взаємозв'язок з іншими процесами, тому для пошуку оптимального рішення доводиться знаходити безліч рішень, а потім переходити до пошуку «компромісного» рішення. До недоліків якісних інструментів слід віднести проблему вибору характеристик за якими будуть ухвалювати рішення, тобто суб'єктивність, окрім цього чисельне відображення експертних оцінок не завжди є співмірним з реальним діапазоном зміни характеристики. Також, існує проблема «зв'язності», коли одна із характеристик за своїм ступенем важливості значно перевищує інші, тоді процес ухвалення

рішення стає неможливим. Наприклад, в процесі вибору обладнання для державних підприємств ціна є більш важливою ніж експлуатаційні параметри.

Таким чином, в представленій роботі буде запропоновано новий інструмент раціоналізації параметрів очисного виймання вугілля на пластах пологого падіння на основі дослідження енергетичних характеристик.

**Основна частина.** Основною характеристикою, яка може бути використана для оцінки обладнання, є корисна робота [14]. Корисна робота це енергія, яка витрачається обладнанням для виконання основних технологічних операцій. Вона виводиться з рівняння енергетичного балансу і включає в себе:

- 1) сукупність витрат на здійснення технологічних операцій;
- 2) зношування та деформацію;
- 3) враховує кінематику обладнання;

В роботі [15] зазначено, що в загальному балансі корисної роботи 81% припадає на різання вугілля, 18% на транспортування вугілля, 1% на підтримку покрівлі.

Як видно з наведеного аналізу найбільші витрати припадають на різання вугілля. Основними параметрами, якими можна охарактеризувати ефективність процесу виймання є:

- енергетичні витрати на виймання 1 м<sup>3</sup> вугілля,  $W_{AP}$ , кВт·год/м<sup>3</sup>;
- еталонні витрати на виймання 1 м<sup>3</sup> вугілля,  $H_{we}$ , кВт·год/м<sup>3</sup>;
- ефективність виймання,  $\zeta_{ef} = W_{AP}/H_{we}$ .

Корисна робота визначається з рівняння енергетичного балансу

$$A_n = A_p + A_{ob} + A_{ud},$$

де  $A_n$  – корисна робота, МДж;  $A_p$  – корисна робота, що витрачається на різання, МДж;  $A_{ob}$  – корисна робота комбайна по забезпеченню своїх функцій, залежить від маси і кінематики комбайна, МДж;  $A_{ud}$  – робота, що витрачається на зношування і деформацію деталей, МДж;

Залежно від конструкції очисного комбайна і виконуваних ним функцій рівняння енергетичного балансу буде мати різний вигляд. Якщо електроенергія витрачається тільки на навантаження і руйнування масиву, то рівняння енергетичного балансу буде мати вигляд:

$$A_n = A_p + A_{nz} + A_{ud},$$

де  $A_{nz}$  – робота, яка витрачається на навантаження, МДж;

За аналогією з балансом робіт можна записати рівняння балансу потужностей:

$$P_n = P_{nz} + P_p + P_{np} + P_{ud}$$

де  $P_{nz}$  – потужність, що витрачається на навантаження, кВт;  $P_p$  – потужність, що витрачається на руйнування масиву, кВт;  $P_{np}$  – потужність, яка витрачається на переміщення комбайна, кВт;  $P_{ud}$  – потужність, що витрачається на знос деталей, кВт;

Для визначення корисної роботи витрачається на різання, ефективності руйнування необхідно визначити потужність, затрачену на різання:

$$P_p = P_n - P_{np} - P_{ud} - P_{nz}$$

Сумарна потужність визначиться з виразу:

$$P_n = P_{уст} K_{ум}$$

де  $P_{уст}$  – стійка потужність електродвигуна, приймається по каталогу обладнання, кВт;  $K_{ум}$  – коефіцієнт використання потужності приводу;

Потужність, що витрачається на навантаження вугілля:

$$P_{nz} = \frac{1000 Q h l K_{ок} K_{noz} K_{mp}}{60 \cdot 102 \cdot h_i},$$

де  $Q$  – хвилинна продуктивність, т/хв; вона визначиться за формулою:

$$Q = H_p B_3 \gamma_{nl} v_n,$$

де  $H_p$  – виймальна потужність пласта, м;  $B_3$  – ширина захвату виконавчого органу, м;  $\gamma_{nl}$  – щільність вугілля, т/м<sup>3</sup>;  $v_n$  – швидкість подачі виконавчого органу, м/хв., визначиться за формулою:

$$v_n = \frac{30 \cdot N \cdot n_1 \cdot \eta_{ред}}{A \cdot k_{om} \cdot n_3 \cdot D_{ш} \cdot K_{\epsilon} \cdot K_{фз} \cdot K_{зр} \cdot K_{\alpha}},$$

де  $N$  – потужність приводу комбайна, кВт;  $n_1$  – кількість різців беруть участь в одній лінії різання, в залежності від типу виконавчого органу може бути 2, 3, 4 шт.;  $\eta_{ред}$  – ККД редуктора;  $A$  – опір вугілля різанню, Н/мм;  $k_{om}$  – коефіцієнт віджиму визначиться за формулою:

$$k_{om} = k_{om0} + \frac{\frac{B_3}{H_p} - 0,1}{\frac{B_3}{H_p} + 1};$$

$k_{om0}$  – коефіцієнт віджиму вугілля, пропонується приймати рівним 0,45, а для вугілля марок К, Ж, ОС, Т – 0,35;  $n_3$  – загальна кількість різців, що беруть участь в процесі руйнування; в більшості випадків приймається рівним половині загальної кількості різців, шт.;  $D_{ш}$  – діаметр шнека, м;  $K_{\epsilon}$  – коефіцієнт що враховує параметри різця, він визначається за формулою:

$$K_{\epsilon} = 0,35B + 0,3,$$

де  $B$  – ширина ріжучої кромки, для різця типу ЗР4-80;  $B$  приймається 1,3 см;  $K_{фз}$  – коефіцієнт форми різання забою, для стандартних різців приймати рівним 1,0;  $K_{зр}$  – коефіцієнт, що враховує збільшення зусиль різання, внаслідок затуплення різального інструменту, приймається рівним 1,25;  $K_{\alpha}$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання в порівнянні зі стандартним ДКС, приймається у відповідності з «КД12.10.040-99. Вироби вугільного машинобудування. Комбайни очисні. Методика вибору параметрів і розрахунку сил різання і подачі на виконавчих органах (на заміну ОСТ12.44.258-84)»;  $h$  – товщина стружки, м;  $l$  – середня відстань навантаження вугілля, м;  $K_{ок}$  – коефіцієнт збільшення

зусилля навантаження, приймається рівним 2,5;  $K_{noz}$  – коефіцієнт кількості вугілля навантаженого шнеком, приймається рівним 4,41;  $K_{mp}$  – коефіцієнт тертя на переміщення вугілля, приймається 2,8;  $h_i$  – висота від ґрунту до центру навантажувального вікна, м.

Потужність, що витрачається на навантаження, визначиться за формулою:

$$P_{np} = \frac{Fv_n}{60},$$

де  $F$  – середнє сумарне тягове зусилля, що витрачається на переміщення, кН; визначиться за формулою:

$$F = Y_\Sigma + F_{n2} + F_{mp},$$

де  $F_{mp}$  – зусилля витрачається на транспортування самого комбайна;  $Y_\Sigma$  – коефіцієнт, що враховує вплив різця на переміщення, визначиться за формулою:

$$Y_\Sigma = \frac{K_y}{1,55} n_3 \bar{Z}_{ncp},$$

де  $K_y$  – коефіцієнт впливу кута різання;  $\bar{Z}_{ncp}$  – середнє зусилля різання, на одному різці.

Зусилля, що витрачається на навантаження, визначиться за формулою:

$$F_{n2} = \frac{P_{n2} 1000 \cdot 60}{v_n}.$$

Потужність, що витрачається комбайном при роботі, визначиться за формулою:

$$P_{ud} = (1 - \eta_{el})P_n + (1 - \eta_n) + (1 - \eta_{pd})P_p,$$

де  $\eta_{el}$  – ККД електродвигуна;  $\eta_n$  – ККД механізму подачі;  $\eta_{pd}$  – ККД редуктора;  $P_p$  – загальна потужність витрачається приводом з вирахуванням потужності на переміщення і навантаження, кВт.

Після визначення потужності, що витрачається комбайном на руйнування масиву можна перейти до визначення основних характеристик очисних комбайнів, необхідних для порівняння ефективності використання.

Питома корисна робота визначиться за формулою:

$$W_{Ap} = \frac{0,0167P_p K_{om}}{G_n},$$

де  $G_n$  – об'ємна хвилинна продуктивність, визначиться за формулою:

$$G_n = H_p B_3 v_n.$$

Обсяг енергії витрачається на видобуток  $1\text{ м}^3$  вугілля визначиться за формулою:

$$W_{Ap} = \frac{0,067P_p K_{om}}{Q}.$$

Еталонна енергоємність руйнування з урахуванням коефіцієнта віджиму, визначиться за формулою:

$$H_{We} = \frac{0,00272AK_{om}}{(2 + 2,8h^{0,5})}$$

Ефективність руйнування  $\zeta_{ef}$  визначиться за формулою:

$$\zeta_{ef} = \frac{H_{We}}{W_{Ap}}$$

Було проведено розрахунок енергетичних характеристик для найбільш поширених очисних комбайнів. В табл. 1, 2 наведено результати розрахунку енергетичних характеристик для комбайну зі шнековим (табл. 1) та барабанним виконавчим органом (табл. 2).

Таблиця 1

Результати розрахунку енергетичних характеристик для очисного комбайну УКД400 зі шнековим виконавчим органом

| m, м | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{nz}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{nozр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------|
| 0,9  | 0,70              | 6,42              | 3,64            | 4,92                        | 5,8               | 10,6                               | 54,2                 | 50,8                               | 115,6         |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{ud}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{ef}$ |
|      | 12,4              | 168,8             | 0,92            | 52,5                        | 116,3             | 0,3735                             | 0,9928               | 0,0881                             | 0,23          |
| 1,0  | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{nz}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{nozр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|      | 0,68              | 6,21              | 3,9             | 5,3                         | 6,4               | 10,6                               | 62,1                 | 50,8                               | 123,5         |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{ud}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{ef}$ |
|      | 12,8              | 167,8             | 0,92            | 52,4                        | 115,4             | 0,3360                             | 0,8830               | 0,0881                             | 0,26          |
| 1,1  | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{nz}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{nozр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|      | 0,65              | 8,6               | 6,0             | 8,1                         | 9,9               | 10,6                               | 68,8                 | 50,8                               | 130,2         |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{ud}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{ef}$ |
|      | 18,6              | 158,5             | 0,92            | 52,3                        | 106,2             | 0,1921                             | 0,5113               | 0,0881                             | 0,45          |
| 1,2  | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{nz}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{nozр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|      | 0,62              | 6,1               | 4,6             | 6,2                         | 7,4               | 15,9                               | 73,1                 | 50,8                               | 139,8         |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{ud}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{ef}$ |
|      | 14,2              | 165,4             | 0,92            | 52,4                        | 113,0             | 0,2543                             | 0,6780               | 0,0881                             | 0,34          |
| 1,3  | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{nz}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{nozр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|      | 0,66              | 5,7               | 5,9             | 8,0                         | 9,8               | 15,9                               | 103,2                | 50,8                               | 169,9         |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{ud}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{ef}$ |
|      | 16,1              | 161,1             | 0,92            | 52,0                        | 110,1             | 0,2057                             | 0,5450               | 0,0881                             | 0,43          |

Таблиця 2

Результати розрахунку енергетичних характеристик для очисного комбайну КА80 з барабанним виконавчим органом

| m, м | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{нз}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{нозр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------|
| 0,9  | –                 | 3,0               | 2,0             | 2,7                         | –                 | 10,8                               | –                    | 50,8                               | 61,6          |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{уд}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{эф}$ |
|      | 2,7               | 147,6             | 0,8             | 60,6                        | 87,0              | 0,6527                             | 0,8291               | 0,1259                             | 0,20          |
| 1,0  | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{нз}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{нозр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|      | –                 | 3,0               | 2,4             | 3,2                         | –                 | 10,8                               | –                    | 50,8                               | 61,6          |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{уд}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{эф}$ |
|      | 2,3               | 148,0             | 0,8             | 60,7                        | 87,0              | 0,6085                             | 0,8091               | 0,1259                             | 0,20          |
| 1,1  | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{нз}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{нозр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|      | –                 | 3,0               | 2,6             | 3,6                         | –                 | 10,8                               | –                    | 50,8                               | 61,6          |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{уд}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{эф}$ |
|      | 3,1               | 147,2             | 0,8             | 60,5                        | 86,7              | 0,5484                             | 0,8091               | 0,1259                             | 0,23          |
| 1,2  | $K_{om}$          | $V_p$ ,<br>м/хв   | $G_n$ ,<br>т/хв | $Q$ ,<br>м <sup>3</sup> /хв | $P_{нз}$ ,<br>кВт | $Y\Sigma$ ,<br>кН                  | $F_{нозр}$ ,<br>кН   | $F_{mp}$ ,<br>кН                   | $F$ , кН      |
|      | –                 | 3,3               | 3,2             | 4,3                         | –                 | 10,8                               | –                    | 50,8                               | 61,6          |
|      | $P_{np}$ ,<br>кВт | $P_{up}$ ,<br>кВт | $\eta$          | $P_{уд}$ ,<br>кВт           | $P_p$ ,<br>кВт    | $W_{AP}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $W'_{AP}$ ,<br>МДж/т | $H_{we}$ ,<br>кВт·ч/м <sup>3</sup> | $\zeta'_{эф}$ |
|      | 3,4               | 146,9             | 0,8             | 59,5                        | 87,4              | 0,4561                             | 0,7595               | 0,1259                             | 0,19          |

Комбайн КА80 має ряд переваг: можливість видобутку в'язких марок вугілля, висока сортність. Однак є ряд недоліків: малі межі регулювання по потужності пласта, а іноді і відсутність можливості регулювання, високі питомі енерговитрати, що знижує ефективність використання виїмкових машин.

Як видно з таблиці 2 ефективність використання комбайну КА80 низька, доцільність використання на пластах малої потужності відсутня.

На основі даних наведених в табл. 1, 2 можна сформулювати для кожного очисного комбайна область раціонального використання. У табл. 3 наведено аналіз області використання очисних комбайнів.

Таблиця 3

Характеристики області експлуатації (за потужністю пласта) найбільш популярних очисних комбайнів

| Комбайн | Потужність, м | Виймання можливе, але нецільна, м | Оптимальна область використання, м |
|---------|---------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| УКД200  | 1,0–1,4       | 1,3–1,4                           | 1,0–1,2                            |
| 1К101   | 1,0–1,4       | 1,0–1,2                           | 1,3–1,4                            |
| КА80    | 0,85–1,2      | 0,85–1,1                          | 1,2                                |
| УКД400  | 0,9–1,3       | 0,9–1,1                           | 1,2–1,3                            |

В табл. 4 наведено енергетичні характеристики комбайну РКУ 10, який застосовують на державних підприємствах. Комбайн призначений в основному для виймання пластів середньої потужності, але його часто використовують для виймання пластів малої потужності.

Таблиця 4

## Енергетичні характеристики очисного комбайну РКУ10

| Тип очисного комбайна | Параметр                       | Потужність пласта, м |         |        |        |         |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------|---------|--------|--------|---------|
|                       |                                | 1,1                  | 1,3     | 1,5    | 1,7    | 1,9     |
| РКУ10                 | $W_{Ap}$ , кВтч/м <sup>3</sup> | 0,6096               | 0,3954  | 0,3035 | 0,2496 | 0,2966  |
|                       | $H_{We}$ , кВтч/м <sup>3</sup> | 0,08185              | 0,07680 | 0,0718 | 0,0712 | 0,06548 |
|                       | $\zeta_{ef}$                   | 0,1300               | 0,1940  | 0,2370 | 0,2400 | 0,2620  |

З усього вищевикладеного можна зробити висновок – високопродуктивні очисні комбайни хоча і застосовуються на пластах малої потужності, проте їх ефективність в кілька разів нижче ніж у комбайнів типу УКД200, УКД400, CLS-450.

Таким чином, на основі розрахунку енергетичних характеристик було визначено раціональну область застосування очисних комбайнів на пластах малої потужності.

**Висновки.** В процесі виконання дослідження було запропоновано новий підхід, щодо раціоналізації параметрів видобутку вугілля очисними комбайнами. Для цього було застосовано методику дослідження енергетичних характеристик процесу виймання. На основі порівняння еталонних витрат, витрат на виймання 1 метру кубічного вугілля було визначено раціональну область застосування найбільш популярних очисних комбайнів. Дослідження ефективності процесу виймання вугілля дозволило встановити, що на пластах малої потужності застосовувати комбайни з барабанним виконавчим органом (КА80, КА200) недоцільно через високі енергетичні витрати, а також обмеженість в регулюванні розташування виконавчого органу в очисному вибої. Також недоцільно застосовувати комбайни які призначені для роботи на пластах середньої та великої потужності (РКУ10, РКУ13) для відпрацювання пластів малої потужності через низьку енергетичну ефективність. Подальші дослідження слід направити на розробку узагальненої оцінки енергетичних характеристик на основі критерію бажаності Харингтона це дозволить узагальнити отримані в цій роботі результати.

## Перелік посилань

1. Khorolskyi, A., Mamaikin, O., Medianyuk, V., Lapko, V., & Sushkova, V. (2021). Development and implementation of technical and economic model of the potential of operation schedules of coal mines. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 16(18), 1890–1899.
2. Хорольський, А.О. (2021). Наукові основи обґрунтування меж області раціонального проектування при відпрацюванні родовищ корисних копалин. *Фізико-технічні проблеми гірничого виробництва*, 23, 149–173. <https://doi.org/10.37101/ftpgp23.01.011>



3. Bazaluk O, Petlovanyi M, Zubko S, Lozynskiy V. & Sai K. (2021). Instability Assessment of Hanging Wall Rocks during Underground Mining of Iron Ores. *Minerals*, 11(8):858. <https://doi.org/10.3390/min11080858>
4. Bondarenko, V. I., Kovalevska, I. A., Podkopaiev, S. V., Sheka, I. V., & Tsvika, Y. S. (2022, June). Substantiating arched support made of composite materials (carbon fiber-reinforced plastic) for mine workings in coal mines. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1049, No. 1, p. 012026). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012026>
5. Хорольський, А.О. (2022). Результати досліджень із розробки системи підтримки прийняття рішень для проектування процесів освоєння родовищ корисних копалин. *Вісті Донецького гірничого інституту*, 2(51), 122–135. <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-2-122-135>
6. Fomychov, V., Fomychova, L., Khorolskiy, A., Mamaikin, O., & Pochepov, V. (2020). Determining optimal border parameters to design a reused mine working. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(24), 3039–3049.
7. Шека, І. В., & Цівка, Є. С. (2021). Обґрунтування вуглепластику як інноваційного матеріалу для кріплення гірничих виробок вугільних шахт. *Збірник Наукових Праць НГУ*, 64, 112–121. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/64.112>
8. Bazaluk, O., Ashcheulova, O., Mamaikin, O., Khorolskiy, A., Lozynskiy, V., & Saik, P. (2022). Innovative Activities in the Sphere of Mining Process Management. *Frontiers in Environmental Science*, 304. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.878977>
9. Pavlychenko, A., Adamchuk, A., Shustov, O., & Anisimov, O. (2020). Justification of dump parameters in conditions of high water saturation of soils. *Technology Audit and Production Reserves*, 6(3(56)), 22–26. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.218139>
10. Adamchuk, A., Shustov, O., Panchenko, V., & Slyvenko, M. (2019). Substantiation of the method of determination the open-cast mine final contours taking into account the transport parameters. *Collection of Research Papers of the National Mining University*, 59, 21–32. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/59.021>
11. Liang, W., Zhao, G., Wu, H., & Chen, Y. (2019). Assessing the risk degree of goafs by employing hybrid TODIM method under uncertainty. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78, 3767–3782. <https://doi.org/10.1007/s10064-018-1340-4>
12. Pak, M. C., Han, U. C., & Kim, D. I. (2022). Suitable Mining Method Selection using HFGDM-TOPSIS Method: a Case Study of an Apatite Mine. *Journal of Mining and Environment*, 13(2), 357–374. <https://doi.org/10.22044/jme.2022.11713.2163>
13. Li, S., Huang, Q., Hu, B., Pan, J., Chen, J., Yang, J., ... & Yu, H. (2023). Mining method optimization of difficult-to-mine complicated orebody using Pythagorean fuzzy sets and TOPSIS method. *Sustainability*, 15(4), 3692. <https://doi.org/10.3390/su15043692>
14. Хорольський, А.О., & Косенко, А.В. (2022). Розробка та реалізація моделі для обґрунтування оптимальних технологічних схем відпрацювання викидонебезпечних вугільних пластів. *Науковий вісник ДонНТУ*, 1(8)–2(9), 193–205. [https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1\(8\)-2\(9\)-193-205](https://www.doi.org/10.31474/2415-7902-2022-1(8)-2(9)-193-205)
15. Hrinov, V., & Khorolskiy, A. (2018). Improving the process of coal extraction based on the parameter optimization of mining equipment. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 60, p. 00017). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000017>

#### ABSTRACT

**Purpose.** To develop a new approach for justifying rational parameters for mechanized thin seam extraction.

**Methodology.** The approach was developed using a method of assessing the energy characteristics of the coal extraction process through mechanized means, specifically using longwall shearers. To

determine the rational parameters, the primary energy characteristics were calculated, including: energy consumption for extracting 1 cubic meter of coal; benchmark consumption for extracting 1 cubic meter of coal; and overall extraction efficiency (the ratio of energy consumption to benchmark consumption).

**Findings.** A new approach was proposed for rationalizing the parameters of coal extraction using longwall shearers. This involved applying the methodology for studying the energy characteristics of the extraction process. Based on the comparison of benchmark consumption and the consumption for extracting 1 cubic meter of coal, a rational application area for the most popular longwall shearers was identified. The study of the efficiency of the coal extraction process revealed that it is impractical to use drum shearers (KA80, KA200) in low thickness seams due to high energy consumption and limited adjustability of the executive body's position in the longwall. It was also found impractical to use shearers designed for medium and high thickness seams (RKU10, RKU13) for low thickness seams due to low energy efficiency.

**Originality.** A methodology was developed for evaluating the energy characteristics of longwall shearers depending on the type of executive body.

**Practical implications.** The rational application area for longwall shearers on gently sloping seams was determined, as well as the overall efficiency of the coal extraction process using screw and drum executive bodies. It was established that modern extraction machines UKD400 and CLS-450 have relatively acceptable energy characteristics (with a generalized desirability criterion of 0.51–0.75, corresponding to satisfactory and good levels), but only within the specified passport characteristics range.

**Keywords:** *parameter, energy characteristics, benchmark characteristics, overall efficiency, longwall shearer, range.*