

МЕТОДИКА ПРИВЕДЕННЯ ВИДІВ ЕНЕРГІЇ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ НА КАР'ЄРАХ, ДО СПІВСТАВЛЕНОГО ВИГЛЯДУ

А.Г. Темченко, Заслужений працівник народної освіти України, Лауреат державної премії в галузі науки і техніки, Україна,

С. М. Стовпник, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна,

О.А. Темченко, Криворізький економічний інститут ДВНЗ «Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана», Україна

В статті обґрунтовано об'єктивну необхідність подальшого розвитку наукового підходу щодо оцінки та вибору енергозберігаючих технологій відкритої розробки залізородних родовищ, що має важливе значення для успішного функціонування гірничодобувної галузі промисловості України. Запропоновано методику приведення різних видів енергії до співставленого вигляду, що дозволить визначити ефективність гірничого виробництва за енергетичним критерієм оцінки енергії праці персоналу, основних переділів та оцінки уречевленої енергії в матеріалах і устаткуванні, ключовим принципом якого є енергозбереження, що досягається певними технологічними та організаційними методами за умови забезпечення мінімуму питомих енерго-економічних витрат.

Висока енергомісткість валового внутрішнього продукту України, що майже у три рази перевищує середній рівень енергоємності країн світу, є наслідком суттєвого відставання галузей вітчизняної економіки від світових стандартів особливо протягом останніх трьох десятиліть. Разом з тим, навіть за таких несприятливих обставин Україна має один із найбільших у світі потенціал енергозбереження. Сучасний розвиток ринкової економіки висуває до кожного гірничорудного підприємства підвищені вимоги, пов'язані з раціональним використанням енергетичних ресурсів, зменшенням екологічного навантаження на довкілля, набуттям спроможності досягнення рентабельності діяльності і раніше запланованих інноваційних цілей в складних умовах господарювання.

До основних проблем формування політики енергозбереження і оцінки енерговикористання на гірничорудних підприємствах України необхідно віднести:

– відсутність ґрунтовної методології економіко-енергетичного обстеження гірничорудних підприємств;

– відсутність системи інтелектуальної науковообґрунтованої підтримки прийняття рішень з пошуку оптимальних шляхів енергозбереження гірничорудних підприємств;

– недостатню кількість досвідчених фахівців з енергоаудиту та енергоменеджменту;

– низький рівень впровадження енергоефективних рішень;

– значне (понад 70 %) фізичне і моральне спрацювання технологічного обладнання на основних переділах з видобутку та переробки важкозбагачувальної мінеральної сировини;

– великий рівень втрат енергоресурсів при їх трансформації і транспортуванні;

– оцінку рівня енерговикористання складно здійснити, порівнюючи наявний рівень споживання енергії з нормативним значенням, оскільки шляхи формування норм витрат енергоресурсів в умовах динамічного розвитку гірничорудних підприємств є багатоваріантною і складною задачею;

– у більшості випадків контроль та облік енергоресурсів здійснюється лише при надходженні їх на гірничорудне підприємство, тому оцінити їх перерозподіл за споживачами можливо лише за рахунок довготривалих вимірювань при різних режимах роботи підприємства та складанні енергетичних балансів;

– недостатню статистичної інформації для визначення динаміки енергоспоживання на основних і допоміжних цехах підприємства. Існуюча в Україні форма статистичного спостереження № 11-мтп не охоплює всіх промислових споживачів енергоносіїв і не дає можливості здійснити повну оцінку рівня енергетичної ефективності гірничого виробництва;

– відокремлення виробничого споживання від санітарно-технічних та допоміжних споживачів потребує детального аналізу кінцевих ланок споживання і перетворення енергії, яких на підприємстві може бути велика кількість з залученням компетентних енергоменеджерів;

– динамічна структура технології гірничого виробництва, обладнання, сировини та властивостей кінцевого продукту потребує постійного моніторингу на зовнішньому ринку залізорудної сировини.

Питаннями розробки базових механізмів енергоефективності на промислових підприємствах присвячені праці О.І. Амоші, Є.Г. Єфімова, М.П. Ковалка, В. В. Микитенко, О.М. Суходолі, Е.Г. Попкова, В.В. Джеджули та багатьох інших [1-8], а питання створення, реалізації, впровадження та моніторингу організаційно-економічного механізму підвищення енергоефективності та оцінки енерговикористання на гірничорудних підприємствах і дотепер не є повністю розкритими.

Тому, незважаючи на значну кількість ґрунтовних досліджень залишаються актуальними питання подальшого впровадження та аналізу наслідків реалізації енергозберігаючих та екологічних заходів на гірничорудних підприємствах. В теперішній час продовжують загострюватись проблеми, пов'язані насамперед із фінансуванням енергозберігаючих заходів, вибором найоптимальніших напрямів вкладення коштів в інвестиційні проекти із підвищення енергоефективності, недостатньою кількістю фахівців із методичними знаннями ощадного енерговикористання, відсутністю інформаційних систем та недосконалістю організаційно-економічного механізму забезпечення енергозбереження на промислових підприємствах. Важливість і масштабність для вітчизняної економіки зазначених проблем, їх теоретична і практична значимість в умовах загострення кризових явищ та збереження негативних тенденцій в глобальній економіці доводять об'єктивну необхідність продовження наукових досліджень у сфері формування та удосконалення організаційно-економічного механізму раціонального енергоспоживання на гірничорудних підприємств, визначають головну мету і завдання досліджень.

Для реалізації концепції оцінки енерговикористання на гірничорудному підприємстві постає нагальна необхідність у детальному дослідженні таких питань:

– обґрунтування мети та основних завдань розробки організаційно-економічного механізму оцінки енерговикористання на гірничорудних підприємствах;

– визначення принципів, на яких повинен ґрунтуватися запропонований механізм; – формування етапів побудови цього механізму;

– обґрунтування методів ефективності впровадження; – дослідження інструментів та ресурсів реалізації запропонованих заходів;

– розробка засобів і методів моніторингу за ефективністю реалізації механізму на основі застосування енергетичного критерію оцінки енергії праці персоналу, переділів та оцінки уречевленої енергії в матеріалах і устаткуванні.

Підвищення віддачі організаційно економічних рішень з підвищення енергоефективності та оцінки енерговикористання на гірничорудних підприємствах можна досягнути за допомогою наступних критеріїв:

– збільшенням прибутку підприємства;

– впровадженням енергозберігаючих заходів на певному підприємстві;

– зменшенням питомої енергоемності товарної залізозмісткої продукції;

– зменшенням питомої енергоемності праці персоналу основних переділів, особливо на стадії подрібнення руди в кульових млинах на збагачувальних фабриках;

– зменшенням шкідливих викидів у навколишнє середовище;

– зростанням частки альтернативних і відновлювальних джерел енергії у енергобалансі гірничорудного підприємства.

Отже, з урахуванням вищезазначеного, енергія і праця, витрачені на виробництво продукції становлять основу ціни і собівартості цієї продукції. Ціна - це грошове вираження суспільно необхідних витрат праці на виробництво товару. Крім того, рівень цін залежить від вартості товару. Існує зв'язок між споживною вартістю продукції і необхідними для її

виробництва витратами суспільної праці. Ступінь суспільної корисності товару визначає допустиму кількість праці (енергії), що витрачається на виробництво цього товару.

Людина використовує різні види енергії. Єдиною фізичною величиною, що характеризує будь-який вид енергії, є джоуль (Дж). Оскільки джоуль порівняно невелика величина, тому зручніше користуватися мегаджоулем (МДж).

Різні види енергії традиційно мають свої одиниці виміру. Енергія будь-якого виду може бути приведена до єдиної розмірності (МДж). На кар'єрах застосовують в основному три види енергії: електричну, теплову (дизельного палива) і хімічну (енергію вибухових речовин). Електричну енергію прийнято вимірювати в кВт.год, теплову - в ккал/кг палива, енергію вибухових речовин - тепловою вибуху, ккал/кг.

Приведення різних одиниць виміру до єдиної розмірності можна здійснювати за допомогою наступних співвідношень: 1 кал = 4,18 Дж; 1 кВт.год = 3,6 Дж; 1 кг дизельного палива = 42 МДж; для широко застосовуваних на кар'єрах Кривбасу вибухових речовин – зерногрануліта (застосовувався раніше) 79/21 - 1 кг = 4,3 МДж; гранулол 1 кг = 3,5 МДж; україніта (переважно застосовується) 1 кг - 2,96 МДж (при швидкості детонації вибухових речовин 3 км/с).

Енергоносії - це особливий вид товару, цінність якого полягає в тому, що укладена в ньому енергія може бути використана для створення будь-яких благ.

Купуючи енергоносій, ми платимо за укладену в ньому енергію. Якщо виходити з того, що ціни розраховані вірно, то можна припустити, що енергія має деяку граничну (максимально допустиму) ціну, величина якої складається з двох складових

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{ф}} + \Delta Z, \text{ грн./МДж}, \quad (1)$$

де $Z_{\text{ф}}$ - фактична ціна енергії, грн./ МДж;

ΔZ - додаткова цінність, яка може бути отримана за рахунок використання цієї енергії, грн./МДж.

Ми припускаємо, що є гранична ціна одного МДж позначеної (умовної) енергії, яка на певному проміжку часу (4-6 років) практично залишається незмінною. Однак, за цей час може змінюватися додаткова цінність енергії за рахунок вдосконалення техніки, технології, застосування способів енергозбереження і т.п. Це явище можна врахувати кількісно через коефіцієнт щорічного приросту додаткової цінності електроенергії ($K_{\text{п}}$), величину якого можна прийняти за аналогією з коефіцієнтом приведення різночасових витрат рівній 1,08. Тоді, якщо прийняти будь-який рік за початок відліку, можна записати для наступних років

$$Z_{\Delta t} = Z_{\Delta 1} + K_n^t. \quad (2)$$

Значення коефіцієнтів K_n^t прироста додаткової цінності по рокам.

t, роки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_n^t	1,08	1,165	1,260	1,360	1,466	1,587	1,710	1,85	1,992	2,15

Однак це лише теоретично. Практично ж в період нестабільної економіки картина дещо інша, про що можна судити на прикладі зміни цін на енергоносії на гірничорудних підприємствах Кривбасу за даними статистичної звітності у відкритому доступі мережі Інтернет. Ціни на енергоносії протягом останніх 10 років росли стрибкоподібно і для різних енергоносіїв (електроенергії, дизельного палива, вибухових речовин) по різному.

Виходячи з цих передумов можна визначити додаткову цінність різних видів енергії та значення фактичних коефіцієнтів приросту додаткової цінності.

Фактичні коефіцієнти щорічного приросту додаткової цінності значно більше теоретичного значення. Характерним є такі особливості:

1. Не можна виділяти енергоносій, на енергію якого коефіцієнт приросту додаткової цінності був би більше або менше протягом досліджуваного періоду.

2. Значення коефіцієнтів щорічного приросту додаткової цінності енергії по роках змінюються в більшому діапазоні від 1 до 51,59. Однак, в межах кожного року значення цих коефіцієнтів для різних енергоносіїв порівняно близькі. Відхилення від середніх значень коливається від 0,35 до 8,2%.

3. Спостерігається різке зростання коефіцієнтів приросту додаткової цінності енергії. З великою долею ймовірності, після стабілізації економіки значення коефіцієнта $k_{пер}$ стабілізується і наблизиться до теоретичного 1,08.

Таким чином, вид енергії з максимальною ціною (в даному випадку енергія гранулол) цілком обґрунтовано можна прийняти базовим, а його ціну можна вважати граничною.

Відношення

$$\rho = \frac{Z_{\phi}}{Z_{\Pi}} \leq 1, \quad (3)$$

має бути менше або дорівнює одиниці, в іншому випадку буде збитково купувати цю енергію. Значення ρ показує частку фактичної ціни в граничній і може служити еквівалентом для приведення за ціною будь-якого виду енергії до енергії з граничною (максимальною) ціною. Такі коефіцієнти приведення складуть:

для дизельного палива

$$\rho_{dm} = \frac{Z_{dm}}{Z_{\Pi}} = \frac{Z'_{dm}}{42Z_{\Pi}}, \quad (4)$$

для електроенергії

$$\rho_{\varepsilon} = \frac{Z_{\varepsilon}}{Z_{\Pi}} = \frac{Z'_{\varepsilon}}{3,6Z_{\Pi}}, \quad (5)$$

для гранулола (україніту)

$$\rho_{зг} = \frac{Z_{гг}}{Z_{\Pi}} = \frac{Z'_{гг}}{4,3Z_{\Pi}}, \quad (6)$$

де Z_{dm} , Z_{ε} , $Z_{гг}$ – ціна 1 МДж відповідно дизельного палива, електроенергії и гранулола, грн.;

Z'_{dm} , Z'_{ε} , $Z'_{гг}$ – ціна відповідно 1 кг дизельного палива, 1 кВт.год електроенергії та 1 кг гранулола (україніту), грн.

Слід зазначити одну особливість, пов'язану з платою за електроенергію. Витрачається промисловими підприємствами електроенергія оплачується за дво (трьох) ставочним тарифом. Основну частину тарифу становить плата за приєднану активну потужність трансформаторів і високовольтних двигунів (кВА) або плату за максимальне навантаження енергосистеми (кВт). Друга частина тарифу (додаткова) становить плату за фактично витрачену кількість активної енергії (кВт.год). Тариф за встановлену (приєднану) потужність встановлюється на рік, тому кількість встановленої потужності, що припадає на 1 м³ гірничої маси можна визначити за формулою

$$e_y = \frac{N_y}{Q_{г} \cos \varphi}, \text{ кВА/м}^3, \quad (7)$$

Оскільки тарифи на встановлену та витрачену енергію різні, то необхідно користуватися коефіцієнтом приведення встановленої енергії до витраченої

$$k_y = \frac{Z_{y\phi}}{T_{\phi} Z_{\varepsilon}}, \quad (8)$$

де $Z_{y\phi}$ – ціна (тариф) 1 кВА встановленої потужності, грн.;

T_{ϕ} – річний фонд часу роботи електричного устаткування, год.

Значення k_y для різних режимів змінюється от 18 до 50.

Питому приєднану потужність, приведену по ціні до витраченої енергії можна визначити за формулою

$$e_{yn} = \frac{N_y \cdot k_y}{Q_r \cos \varphi} \text{ кВт.ч/м}^3, \quad (9)$$

а приведену по ціні до енергії з максимально можливою (граничною) ціною

$$e_{yn}^e = \frac{N_y \cdot k_y \rho_{\varepsilon}}{Q_r \cos \varphi} \text{ МДж.У/м}^3. \quad (10)$$

Будь-який вид енергії приведений по ціні до енергії з максимально можливою ціною вимірюється не реальними МДж, а умовними, тому доцільно їх визначити як МДжУ.

Оцінка енергії праці людини. Для виконання будь-якої роботи витрачається, перш за все, енергія людини. Виміряти кількість енергії, витраченої людиною на виконання тієї чи іншої роботи дуже складно, а іноді навіть неможливо, наприклад, неможливо визначити кількість енергії на написання картини, вірша, навіть на будівництво простого ящика. Праця людини оцінюється, як правило, грошима в залежності від рівня кваліфікації, компетенції, кількості і якості випущеної продукції, кількості відпрацьованого часу, умов праці тощо. Однак, просту, некваліфіковану працю (наприклад, праця вантажника без використання різних пристосувань) визначити у фізичних показниках роботи можна. Наприклад, завжди можна визначити кількість енергії, витраченої на навантаження вручну цегли, піску, вибухових речовин і т.д. Є також розцінки на виконання цих робіт. Виходячи з цих умов, ціна енергії простої праці визначається за формулою

$$Z_{пт} = R_{пт} / e_{пт} \text{ грн./МДж}, \quad (11)$$

де $R_{пт}$ – розцінка на виконання простої праці, грн. за виконану роботу $e_{пт}$.

Відкидання ґрунту передбачає відкидання раніше розпушеного ґрунту з відвалів або відкидання раніше викинутого ґрунту від бровки при її очищенні. Нормами (Національний стандарт України Збірник 1. Земляні роботи. ДСТУ Б Д.2.2-1 2012 та ДСТУ Б.Д.1.1- 2013 Правила визначення вартості будівництва) передбачається відкидання ґрунту на відстань до 3 м по горизонталі або до 1,5 м по вертикалі. У нормах дано: група ґрунту, найменування ґрунту, його природна щільність, початкове збільшення обсягу і розцінки. Ми для більшості груп ґрунтів вибрали найбільш типові групи, для них взяли середні показники, необхідні для розрахунку витраченої енергії, на відкидання 1 м³ ґрунту за формулою

$$e_{пт} = \frac{\gamma_n}{k_p} h_o q + e_k, \text{ кДж}, \quad (12)$$

де γ_n – щільність ґрунта, т/м³;

k_p – коефіцієнт первісного розрихлення ґрунта;

e_k – питомий опір копанню, кДж/м³.

Для подальших розрахунків виключимо два випадки з найменшою ціною енергії та два випадки з найбільшою ціною енергії (тобто зупинимось на середньому арифметичному значенні ціни енергії людської праці). Припустимо, що помилки величини підпорядковані нормальному закону розподілу, тоді найбільш вірогідним значенням величини ціни енергії людської праці буде його середнє арифметичне.

Для визначення дисперсії нормального закону розподілу помилок в цьому випадку користуються формулою

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-1} = \frac{24,08}{15-1} = 1,72, \quad \sigma = 1,31 \quad (13)$$

Або визначають σ по простій середній похибці, яка знаходиться за формулою [14]

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n [\varepsilon_i]}{\sqrt{n(n-1)}} = \frac{16,4}{14,5} = 1,13, \quad (14)$$

Що дає

$$\sigma = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \eta = 1,253 \cdot 1,13 = 1,41. \quad (15)$$

Співпадіння отриманих двома способами значень σ задовільне. Для середнього арифметичного

$$\sigma = \frac{1,31}{\sqrt{15}} = 0,34. \quad (16)$$

Ціна енергії людської праці приблизно в 100 разів більше енергії гранулотол і приблизно в 300 разів більше енергії дизельного палива. Енергія людської праці дуже дорога, тому що в людині, в його потенційні можливості вкладено працю і енергія людей багатьох поколінь. У цій ситуації слід завжди прагнути енергію людини замінити енергією інших енергоносіїв. Знаючи розмір заробітної плати за певну виконану роботу, в тому числі і інтелектуальну, можна визначити кількість енергії людської праці, витраченої на цю роботу по формулі

$$E_{\text{пт}} = \frac{Z_{\text{ч}}}{Z_{\text{пт}}}, \text{ МДж}, \quad (17)$$

де $Z_{\text{ч}}$ – заробітна плата персонала (працівників), грн.

Коефіцієнт приведення енергії людини по ціні до енергії з максимально можливою (граничною) ціною

$$\rho_{\text{ч}} = \frac{Z_{\text{пт}}}{Z_{\text{п}}}, \quad (18)$$

більше одиниці (в порівнянні з ціною енергії гранулотол). Однак енергію людини ми не використовуємо в розрахунках як енергію з граничною ціною з наступних причин: 1 - людина дуже специфічний енергоносіє; 2 - визначити витрату енергії людиною прямим шляхом практично неможливо, а непрямий метод (наприклад, який викладено вище) може бути з певним ступенем точності використаний для оцінки простої людської праці, а оцінити енергію інтелектуальної праці через просту фізичну працю можна лише при грубих орієнтовних розрахунках і то з великою похибкою.

Цих неточностей можна уникнути, якщо енергію людини висловити через умовну енергію (наведену за ціною до енергії з граничною ціною) за формулою

$$E_{\text{ч}} = E_{\text{пт}} \cdot \rho_{\text{ч}} = \frac{Z_{\text{ч}}}{Z_{\text{пт}}} \cdot \frac{Z_{\text{пт}}}{Z_{\text{п}}} = \frac{Z_{\text{ч}}}{Z_{\text{п}}}, \text{ МДж.У.} \quad (19)$$

Витрата енергії людської праці в гірничому виробництві ще досить висока, так, наприклад, при експлуатації сучасних екскаваторів витрата енергії людини в процентах від витрат електроенергії (електроенергія і енергія людини наведені в порівняному виді) для ЕКГ-5А, ЕКГ-8И, ЕКГ-12,5, ЕКГ-20 відповідно становить 56,3; 26,7; 15,5 і 8,7%.

Гірничі машини й устаткування є основою гірничого виробництва, базою для підвищення продуктивності праці на окремих переділах та у цілому на підприємстві. А для того, щоб машини працювали і протікав нормально технологічний процес крім енергії необхідні різні матеріали (мастильні, запасні частини, інструмент та ін.). Ціна матеріалів цілком лягає на собівартість продукції, а ціна машин і обладнання частково через амортизаційні відрахування. Частка статті витрат «матеріали» в кар'єрній собівартості руди на переділі видобуток сирової руди (без погашення розкриття) становить близько 10%, а амортизаційні відрахування 20-25%.

Ціна товару (теоретична) складається з його собівартості і прибутку за встановленими нормативами, тобто

$$Z = C + \phi C = C(1 + \phi), \text{ грн.}, \quad (20)$$

де C – собівартість одиниці товарної продукції;

φ – норма прибутку, частка одиниці.

Собівартість включає виражені в грошовій формі витрати живої і матеріалізованої праці на виготовлення товару. У собівартість входять також витрачена («жива») і матеріалізована енергії. «Живу» енергію для виконання технологічних процесів можна вимірювати або визначити розрахунковим шляхом. Визначити ж кількість уречевленої енергії в матеріалах і обладнанні не в грошовій формі, а в натуральних показниках теоретично і практично дуже важко. Для оцінки, хоча б орієнтовно, яка виражена енергії в матеріалах і обладнанні підемо на деякі спрощення.

Припустимо, що товар створюється тільки енергією людської праці, тоді собівартість цього товару складе

$$C_1 = e_1 Z_{\Pi} \text{ грн.}, \quad (21)$$

де e_1 – кількість енергії, витрачена на одиницю продукції, МДж.У.

Ціну цього товару можна визначити за формулою

$$Z_1 = e_1 Z_{\Pi} (1 + \varphi_1) \text{ грн.}, \quad (22)$$

де φ_1 – норма прибутку на перший товар, частка одиниці.

Далі, якщо перший товар використовується в якості матеріала для отримання другого матеріалу і використовується тільки людська праця, тоді собівартість другого товару можна визначити за формулою

$$C_2 = e_1 Z_{\Pi} (1 + \varphi_1) + e_2 Z_{\Pi}, \text{ грн.}, \quad (23)$$

де e_2 – питома енергоємність при виготовленні другого товару, МДж.У/од. продукції.

Ціна другого товару складе

$$Z_2 = e_1 Z_{\Pi} (1 + \varphi_1)(1 + \varphi_2) + e_2 Z_{\Pi} (1 + \varphi_2), \text{ грн.}, \quad (24)$$

де φ_2 – норма прибутку на другий товар, частки одиниці.

По аналогії можна записати

$$C_3 = e_1 Z_{\Pi} (1 + \varphi_1)(1 + \varphi_2) + e_2 Z_{\Pi} (1 + \varphi_2) + e_3 Z_{\Pi}, \text{ грн.}; \quad (25)$$

$$Z_3 = e_1 Z_{\Pi} (1 + \varphi_1)(1 + \varphi_2)(1 + \varphi_3) + e_2 Z_{\Pi} (1 + \varphi_2)(1 + \varphi_3) + e_3 Z_{\Pi} (1 + \varphi_3), \text{ грн.}$$

Якщо прийняти норму прибутку середньою для будь-якого етапу переробки, тобто.

$$\varphi_{cp} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n}{n}, \quad (26)$$

тоді для загального випадку

$$Z_n = Z_{\Pi} [1 + \varphi_{cp}]^n + e_2 (1 + \varphi_{cp})^{n-1} + \dots + e_n (1 + \varphi_{cp}), \text{ грн.} \quad (27)$$

Прийmemo середнє значення і для енергоємності усіх етапів переробки, тоді можна записати

$$Z_n = Z_{\Pi} e_{cp} [(1 + \varphi_{cp})^n + (1 + \varphi_{cp})^{n-1} + (1 + \varphi_{cp})^{n-2} + \dots + (1 + \varphi_{cp})] \text{ грн.} \quad (28)$$

Звідси

$$e_{cp\Pi} = \frac{Z_n}{Z_{\Pi}} / [(1 + \varphi_{cp})^n + (1 + \varphi_{cp})^{n-1} + (1 + \varphi_{cp})^{n-2} + \dots + (1 + \varphi_{cp})] \text{ грн.} \quad (29)$$

Позначимо

$$\frac{1}{(1 + \varphi_{cp})^n + (1 + \varphi_{cp})^{n-1} + \dots + (1 + \varphi_{cp})} = m_n, \quad (30)$$

де m_n – коефіцієнт, що враховує частку енергії в ціні товару і визначимо його коефіцієнтом загальної енергоємності товару (кінцевої залізовмісткої продукції), що відображає його фізичну сутність.

Норма прибутку для матеріалів $\phi_m = 1,15 \div 0,25$,

для обладнання $\phi_o = 0,07 \div 0,15$.

Якщо прийняти для матеріалів $\phi_{cp} = 0,2$, а для обладнання $\phi_{cp} = 0,1$, тоді коефіцієнт загальної енергоємності матеріалів:

$$m_{n(m)} = \frac{1}{\Phi 2^n + \Phi 2^{n-1} + \dots + \Phi 2}, \quad (31)$$

$$m_{n(o)} = \frac{1}{\Phi 1^n + \Phi 1^{n-1} + 1 \dots 1,1}, \quad (32)$$

Нижче наведені значення m_n для різних значень n

$m_{n(m)}$	0,833	0,358	0,22	0,155	0,12,
$m_{n(o)}$	0,909	0,43	0,274	0,2	0,149,

Для матеріалів $n = 2 \div 3$; $m_m = 0,358 \div 0,22$.

Для обладнання $n = 3 \div 5$; $m_o = 0,274 \div 0,149$.

Заключна формула для визначення уречевленої енергії в матеріалах

$$E_m = \frac{Z_m}{Z_n} \cdot m_m \text{ МДж.У}; \quad (33)$$

в обладнанні

$$E_o = \frac{Z_o}{Z_n} m_o \text{ МДж.У}, \quad (34)$$

де Z_m – ціна одиниці виміру матеріала, грн.;

Z_o – ціна одиниці обладнання, грн.

Матеріалізована енергія в матеріалах у міру їх витрачання в процесі гірничого виробництва переходить в уречевлену енергію в m^3 (т) гірничої маси, яку або свердлили або підірвали, чи завантажили, або вивезли за той проміжок часу, за який витратили матеріали, тобто

$$e_m = \frac{E_m}{Q} \text{ МДж.У/м}^3(\text{т}), \quad (35)$$

де e_m – кількість уречевленої енергії витрачених матеріалів, що приходяться на одиницю продуктивності процесу;

Q – продуктивність процесу, m^3 (т)/год (змiна, місяць).

Уречевлена енергія в обладнанні, як і ціна обладнання, переноситься на собівартість одиниці товарної продукції через річну норму амортизаційних відрахувань (H_a), тобто

$$e_o = \frac{E_o \cdot H_a}{Q_r} \text{ МДж.У/м}^3(\text{т}), \quad (36)$$

де Q_r – річна продуктивність обладнання.

Виходячи з річних звітів виробничо-господарської діяльності сучасних гірничорудних підприємств України, що в кошторисах останніх років при грошовому вимірі витрат в загальних витратах за рівнем зменшення статті видатків розташовуються в наступній послідовності: амортизація, заробітна плата, встановлена потужність, витрата електроенергії, матеріали. При вимірі ж в енергетичному еквіваленті статті витрат розташовуються в іншій послідовності: витрата електроенергії, заробітна плата, встановлена потужність, амортизація, матеріали.

Можна зазначити наступні характерні такі особливості гірничого виробництва:

1. При будь-якому еквіваленті вимірювання зі збільшенням місткості ковша дещо збільшується частка витрат на амортизацію та встановлену потужність, але зате знижується частка витрат на заробітну плату. Частка витрат на матеріали практично залишається постійною.

2. У грошовому еквіваленті частка витрат на амортизацію в 1,52-2,17 рази більше витрат на заробітну плату, а при енергетичному еквіваленті витрат на заробітну плату в 2,26-3,78 разів більше витрат на амортизаційні відрахування.

3. В сумі частка витрат людської енергії і електричної (включаючи встановлену потужність) в 1,9 рази більше, ніж при грошовому вимірі.

Отже, при оцінці ефективності застосування гірничого устаткування за енергетичним критерієм роль ціни обладнання і матеріалів хоча і враховується, але значно знижується.

Таким чином, основні організаційно-економічні шляхи вирішення вищезгаданих проблем:

створення методології економіко-енергетичного обстеження гірничорудних підприємств, що ґрунтується на детальному аналізі техніко-економічних показників енергоспоживання (втрати енергії, врахування значного спрацювання технологічного обладнання тощо);

на інструментальному обстеженні та аналізі експертно-статистичної інформації та організаційних форм, що характеризують рівень досягнутого енергетичного критерію діяльності підприємства;

розробці математичної моделі прийняття рішень із пошуку оптимальних методів забезпечення механізму енергозбереження та оцінки енерговикористання гірничорудних підприємств.

Ця модель повинна ґрунтуватися на результатах економіко-енергетичного обстеження гірничорудних підприємств певного регіону на основі можливостей сучасних інтелектуальних та інформаційних систем:

– за результатами математичного моделювання вибрати і реалізувати сукупність пріоритетних заходів подальшої енергомодернізації та впровадження екологічних інновацій на підприємстві;

– здійснити формування служби енергоменеджменту підприємства шляхом підвищення фахових компетенцій енергоменеджерів на основних переділах з видобутку і переробки залізорудної сировини для оперативного моніторингу та здійсненні в разі необхідності адекватних змін в технологічному процесі.

Список літератури

1. Амоша А. И. Экономические подходы к эффективному использованию энергетических ресурсов / А. И. Амоша, В. Г. Федоренко, Н. Г. Белопольский // Экономика та держава. – 2008. – № 1. – С. 4–7.

2. Амоша А. И. Методологические подходы к оценке энергосберегающих процессов / А. И. Амоша, Ю. П. Колбушкин // Экономика промисловості. – 2009. – № 2. – С. 128–132.

3. Єфімова Г. В. Оцінка економічної ефективності інвестицій в енергозбереження в промисловості (на прикладі машинобудування) : дис. канд. екон. наук: спец. 08.07.01 «Економіка промисловості» / НАН України; Ін-т проблем ринку та економіко-екологічних досліджень / Г. В. Єфімова. – Одеса, 2002. – 21 с.

4. Микитенко В. В. Енергоефективність промислового виробництва: моногр. / В. В. Микитенко. – К. : Об'єдн. ін-т економ. НАН України, 2004. – 282 с.

5. Україна на шляху до енергетичної ефективності : моногр. / [за ред. М. П. Ковалка, В. Ф. Беседіна, М. В. Рапцуна, М. М. Кулика, О. О. Єрохіна]. – К. : Арена-Ско, 1997. – 228 с.

6. Суходоля О. М. Методологічні засади прийняття управлінських рішень у сфері енергоефективності / О. М. Суходоля // Науковий вісник Академії муніципального управління. – Сер. Управління. – 2010. – Вип 3. – С. 17–24.

7. Попкова Е. Г. Мотивация как инструмент повышения энергоэффективности в промышленности / Е. Г. Попкова, Е. Н. Митрахович // Экономические науки. – 2010. – Т. 63. – № 2. – С. 108–111.

8. Джеджула В. В. Сутність та організаційно-економічні передумови розвитку енергозбереження промислових підприємств / В. В. Джеджула // Економічний часопис ХХІ. – 2013. – № 1–2. – С. 77–79.