

Кочура Д.В.

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМУВАННЯ ВИТРАТ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ НА ГІРНИЧОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ З УРАХУВАННЯМ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

Розроблено економіко-математичні моделі нормування питомих витрат електроенергії на гірничорудних та переробних підприємствах, рекомендовано удосконалити методику розрахунків індивідуальних та групових норм витрат електроенергії з урахуванням динаміки електроспоживання. Одержано аналітичні залежності сталої та динамічної складової питомих витрат електроенергії на гірничорудному підприємстві від логістичних параметрів постачання сировини: періоду та обсягів постачання, продуктивності та енергоефективності технологічного обладнання, що дозволило поділити індивідуальні та групові норми витрат електроенергії на три складові: норми загальних витрат, норми умовно-постійних витрат, норми витрат на динаміку електроспоживання. Рекомендовано удосконалити на цій основі методику нормування витрат на електроенергію на гірничорудному підприємстві.

Ключові слова: енергоефективність, нормування, витрати, електроенергія, гірничорудні підприємства, енергозбереження.

Постановка проблеми. Гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК) є основою металургійної промисловості України та її експортного потенціалу. Річний обсяг споживання електричної енергії цими підприємствами складає близько 6 млрд кВт·год [1]. Витрати електроенергії у собівартості продукції ГЗК досягають 40-50%. Таким чином, проблема нормування та зниження витрат на електроенергію у сучасних умовах стає ще більш актуальною.

Нормування витрат електричної енергії – це встановлення планової міри її виробничого споживання. Для кожного підприємства розробляються технологічні та загальновиробничі норми витрат електричної енергії з урахуванням конкретних умов виробництва. Мета нормування витрат електричної енергії полягає у підвищенні енергоефективності виробництва та в енергозбереженні.

Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України щорічно затверджує ГЗК питомі норми витрат електричної енергії. У разі перевищення цієї норми на ГЗК накладається штраф на суму вартості перевитраченої електроенергії.

Існуючі методики розрахунку норм витрат електроенергії базуються на детермінованих

аналітичних методах та методах математичної статистики і враховують середні показники електроенергії, що споживається за певний період. Але технологічні процеси та процеси електроспоживання на ГЗК мають динамічний характер, тому існує невирішена проблема удосконалення методики нормування витрат електроенергії шляхом використання методів статистичної динаміки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у розвиток науки в галузі енергозбереження та енергоефективності зробили вітчизняні фахівці: І. А. Белкіна, А. А. Гаренко, Є. В. Кочура, В. Г. Кравець, Р. М. Лепа, О. А. Суходоля, Г. В. Темченко та інші науковці. В Україні створена нормативно-правова база нормування та ефективного використання енергоресурсів [2; 3].

Аналіз літературних джерел показує, що в останні роки кількість публікацій про результати досліджень в галузі енергозбереження та нормування електроспоживання значно зменшилася, хоча проблеми нормування та економії електроенергії у гірничорудній промисловості України загострилась.

В роботі [4] розглянуті особливості організації обліку енергетичних витрат на гірничорудних підприємствах, запропонована організація обліку енергетичних витрат, що відповідає нормативно-правовій базі. В роботі [1] обґрунтована доцільність створення служби енергоменеджменту на гірничо-збагачувальних комбінатах, проаналізовані особливості стратегії методичного та кадрового забезпечення. В роботі

[5] проаналізовані економіко-технологічні передумови формування програм енергозбереження та дані рекомендації щодо послідовності впровадження заходів згідно з їх пріоритетами. В роботі [6] підкреслюється, що одним із головних напрямків стратегії розвитку підприємств є нормування енергоспоживання, тому що воно сприяє ефективному енерговикористанню.

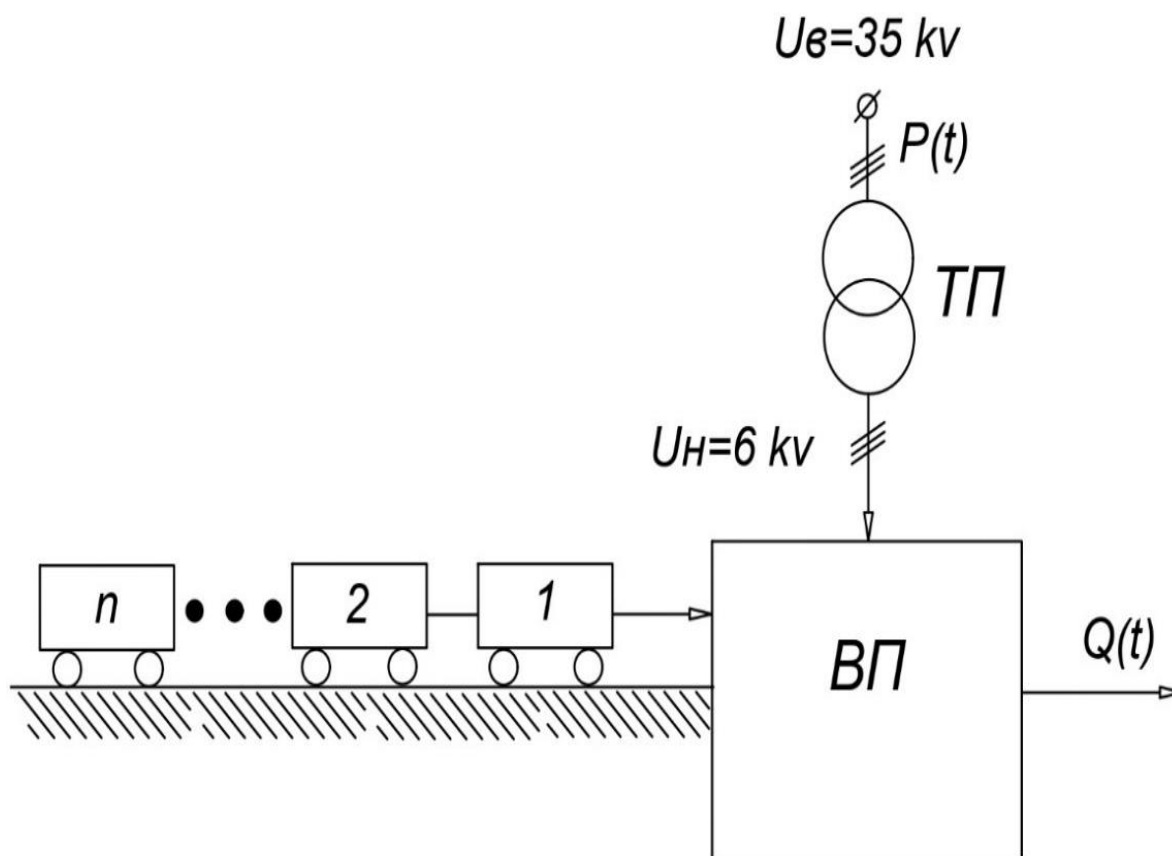
Аналіз літературних джерел дає підстави зробити висновок, що існуючі методи розрахунку норм споживання електроенергії в гірничорудній промисловості не враховують динаміку електроспоживання.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у підвищенні ефективності використання електричної енергії, зниженні собівартості

продукції гірничорудних підприємств на основі рекомендацій з удосконалення нормування витрат на електроенергію з урахуванням динаміки електроспоживання.

Опис основного матеріалу дослідження. Розглянемо процеси динаміки енергоспоживання та зробимо оцінку динамічної складової електричної енергії для обґрунтування необхідності її врахування при нормуванні витрат електроенергії.

На рис. 1 наведено узагальнену схему електроспоживання виробничого підприємства з переробки сировини, яку постачають залізничним транспортом на прикладі дробарної фабрики, що працює з гірничо-транспортним комплексом.

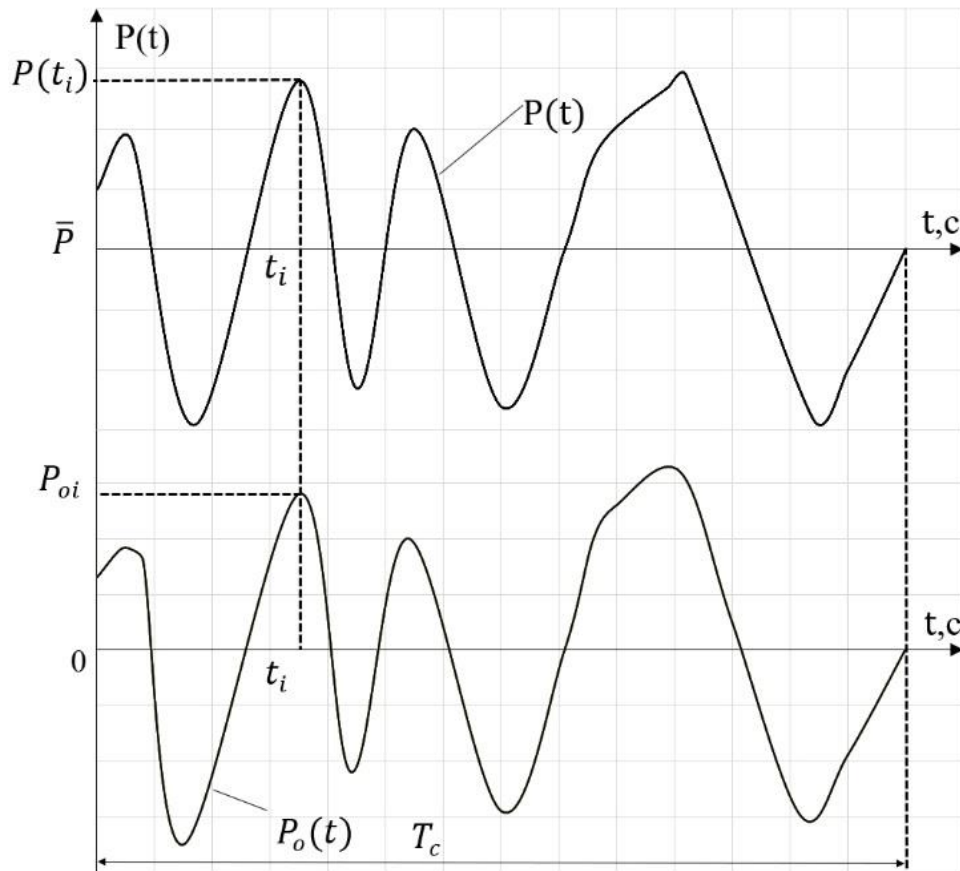


ВП – виробниче підприємство; ТП – трансформаторна підстанція; U_b , U_n – висока та низька напруга живлення; 1, 2, ... n – номери транспортних ємностей, наприклад, залізничних вагонів; $Q(t)$ – продуктивність виробничого підприємства; $P(t)$ – зміна в часі електричної активної потужності, що споживається підприємством.

Рис. 1. Схема електроспоживання переробного підприємства

Джерело: побудовано автором

Розглянемо різні типи динаміки зображено графіки електроспоживання підприємства. На рис. 2 підприємства.



T_c – час спостереження; P_i – значення активної потужності в момент часу t_i ; \bar{P} – середнє значення (математичне очікування) активної потужності $P(t)$ за час спостереження t_c ; P_{oi} – центроване значення активної потужності в момент часу t_i ; $P_o(t)$ – центрований стаціонарний випадковий процес з математичним очікуванням, що дорівнює нулю.

Рис. 2. Графік безперервного, безрозривного електроспоживання

Джерело: побудовано автором

Графік електроспоживання є безперервною, безрозривною функцією часу, або випадковим процесом типу «нерегулярної качки».

Електрична потужність, що споживається підприємством, має дві складові: умовно-постійну \bar{P} та динамічну $P_o(t)$:

$$P_o(t_i) = P(t_i) - \bar{P} \quad (1)$$

Електрична енергія E , що споживається підприємством, також складається з двох частин: умовно-постійної E_{π} та динамічної E_0 , що витрачається на динаміку електроспоживання. Умовно постійна складова електричної енергії:

$$E_{\pi} = \bar{P} \cdot T, \quad (2)$$

Динамічна складова електроенергії, що визначає

динаміку електроспоживання:

$$E_0 = T \cdot \int_{\omega_n}^{\omega_b} S(\omega) d\omega, \quad (3)$$

де $S(\omega)$ – спектральна щільність випадкового процесу $P_o(t)$; ω_n та ω_b – відповідно нижня та верхня суттєві частоти спектральної щільності.

Графік спектральної щільності $S(\omega)$ наведено на рис. 3

P_0 – активна потужність центрованого випадкового процесу $P_0(t)$.

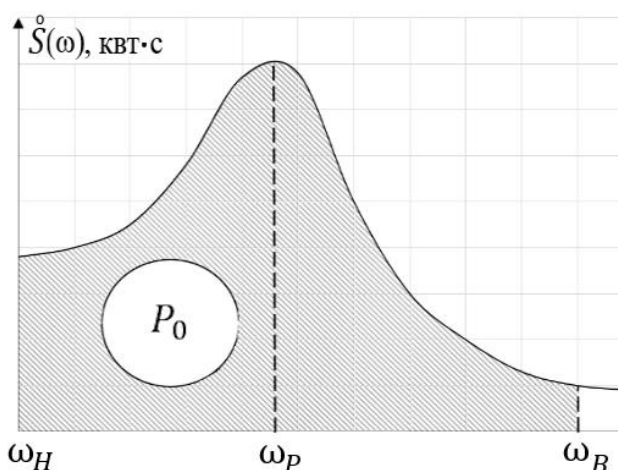


Рис. 3. Графік спектральної щільності центрованого випадкового процесу $P_0(t)$

Джерело: побудовано автором

Згідно з теорією випадкових процесів:

$$S(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega + \beta)^2} + \frac{\alpha}{\alpha^2 + (\omega - \beta)^2} \right\} \quad (4)$$

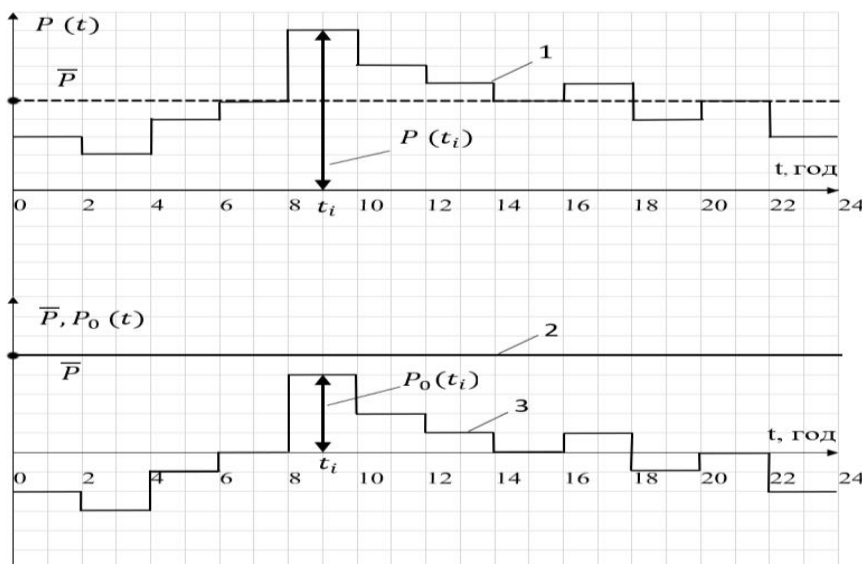
де α та β – параметри автокореляційної функції $R(\tau)$ випадкового процесу $P_0(t)$. Автокореляційна функція визначається експериментально шляхом математичної

обробки результатів спостереження за коливаннями активної потужності $P(t)$.

$$R(\tau) = e^{-\alpha(\tau)} \cos \rho\tau, \quad (5)$$

де τ – параметр зсуву автокореляційної функції.

Розглянемо графік електричних навантажень підприємства, що працює у три зміни, наприклад, вугільної або рудної шахти (рис. 4)



1 – графік електричних навантажень; 2 – умовна стала складова електричних навантажень; 3 – центрована динамічна складова електричних навантажень.

Рис. 4. Графік електричних навантажень підприємства

Джерело: побудовано автором

(9)

$$P_0(t) = P(t) - \bar{P} . \quad (6)$$

Спектральна щільність процесу коливань активної потужності буде:

$$S(\omega) = \frac{D}{\pi\omega^2} (1 - \cos \omega) . \quad (7)$$

Відповідно з (2) та (3) визначаємо:

$$E_n = \bar{P} \cdot T_c , \quad (8)$$

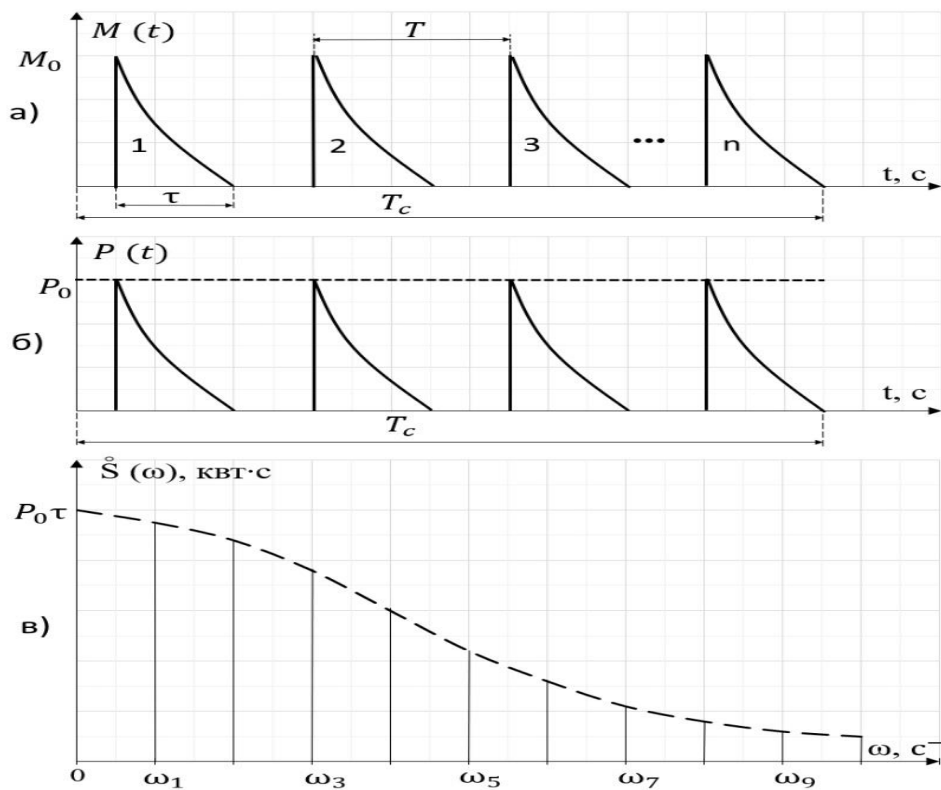
де $T_c = 24$ години.

$$E_0 = T \cdot \int_{\omega_n}^{\omega_{n+1}} S(\omega) d\omega .$$

Повні витрати електроенергії за добу:

$$E = E_n + E_0 . \quad (10)$$

Динаміку енергоспоживання при нормуванні витрат на електроенергію необхідно враховувати на переробних підприємствах з дискретним у часі постачанням сировини залізничним або автомобільним транспортом. Така схема поширена на гірничорудних підприємствах та у промисловості будівельних матеріалів. Діаграма роботи дробарки, що задає режим електроспоживання, зображена на рис. 5.



$M(t)$ – діаграма розвантаження сировини; M_0 – маса сировини в залізничному вагоні або самоскиді; T – період розвантаження сировини; τ – час переробки сировини; T_c – час спостереження; 1, 2, ...n – номери вагонів або самоскидів.

Рис. 5. Діаграма електроспоживання дробарки крупношматкового дроблення

Джерело: побудовано автором

На рис. 5а наведено графік постачання сировини на дробарну фабрику.

На рис. 5б наведено графік зміни активної потужності, що споживається дробаркою, враховуючи залежність активної потужності від маси сировини, що знаходиться в дробарці:

$$P = \frac{q \cdot M}{\tau} , \quad (11)$$

де q – питомі витрати електроенергії на дроблення одиниці маси сировини.

Спектральна щільність $S(\omega)$ процесу електроспоживання електричної потужності, наведена на рис. 5в, є решітчастою функцією:

$$S(\omega) = \frac{P_0}{\sqrt{\frac{1}{r^2} + \omega_k^2}} . \quad (12)$$

де $k = 1, 2, \dots, m$ – номери суттєвих гармонік; ω_k – частота k -ї гармоніки:

$$\omega_k = \frac{2\pi k}{T} .$$

Відповідно до закону Релея енергія періодичного сигналу дорівнює сумі енергій гармонічних складових частотної спектру. У нашому випадку:

$$E = E_0 + \sum_{k=1}^{10} E_k . \tag{13}$$

Умовно постійна складова електричної енергії при $\omega = 0$:

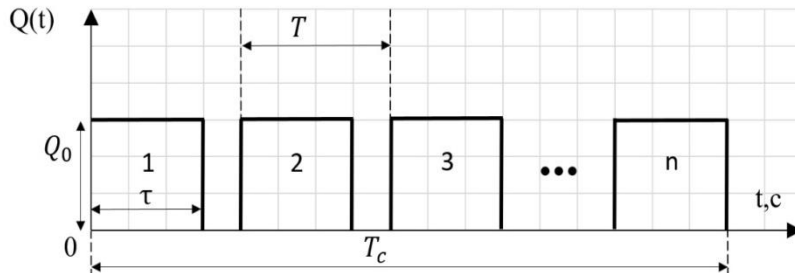
$$E_{\text{п}} = P_0 \cdot \tau , \tag{14}$$

Динамічна складова електричної енергії:

$$E_{\text{д}} = \sum_{k=1}^{10} E_k , \tag{15}$$

З графіка на рис. 5в робимо висновок: $E_{\text{д}} \gg E_{\text{п}}$, тобто динамічна складова електроенергії, що споживається дробаркою, значно більша умовно постійної складової.

Розглянемо процес переробки сировини підприємством з дискретним виробничим циклом, що моделюється періодичною послідовністю прямокутних імпульсів, наведених на рис. 6.



$Q(t)$ – процес зміни продуктивності підприємства; Q_0 – продуктивність підприємства за одиницю часу; τ – час переробки сировини; M – кількість переробленої сировини за час τ ; T – період виробничого циклу; T_c – час спостереження.

Рис. 6. Модель переробки сировини підприємством з дискретним виробничим циклом

Джерело: побудовано автором

Кількість переробленої сировини:

$$M = Q_0 \cdot \tau , \tag{16}$$

Питомі витрати електроенергії на одиницю маси продукції:

$$q = \frac{E}{M} , \tag{17}$$

де E – витрати електричної енергії.

Активна потужність, що споживається підприємством:

$$P(t) = Q_0(t)q , \tag{18}$$

Графік активної потужності, що споживається підприємством, наведено на рис. 7.

P_0 – активна потужність, що споживається під час одного виробничого циклу $P_0 = Q_0 \cdot q$

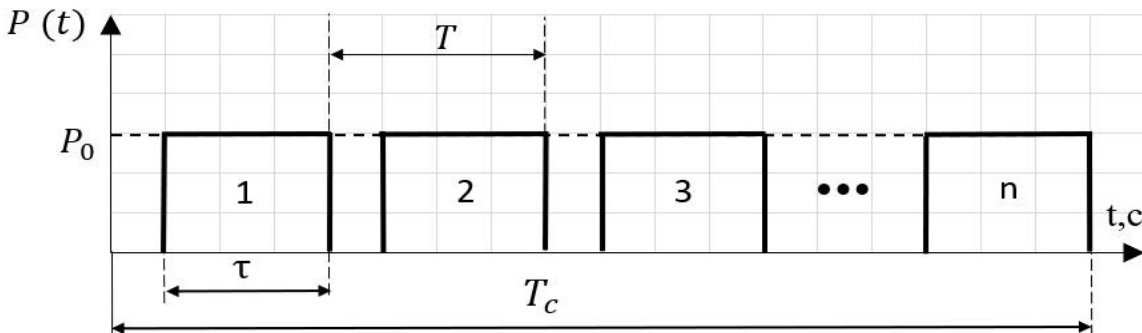


Рис. 7. Графік активної потужності, що споживається підприємством

Джерело: побудовано автором

Динаміку енергоспоживання можна зобразити як нормований енергетичний спектр активної потужності (рис. 8).

E_k – енергія k -ої гармоніки; ω_k – частота k -ої гармоніки $\omega_k = \frac{2\pi k}{T}$, де $k = 1, 2, \dots$

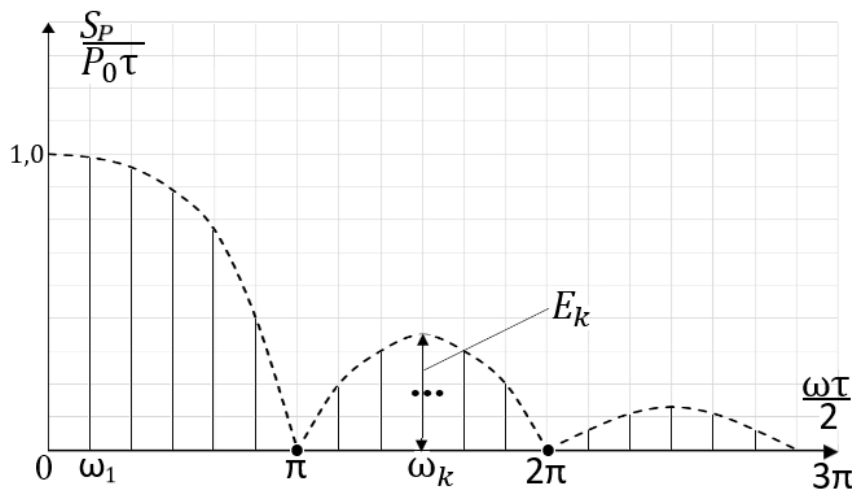


Рис. 8. Нормований енергетичний спектр активної потужності, що споживається підприємством

Джерело: побудовано автором

Спектр, позначений пунктиром процесу $P(t)$, є спектром одиничного імпульсу:

$$S(\omega) = A\tau \frac{|\sin \frac{\omega\tau}{2}|}{\frac{\omega\tau}{2}}, \quad (19)$$

Надалі, приймаючи до уваги, що

$$\lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{\omega\tau}{2}}{\frac{\omega\tau}{2}} = 1, \quad (20)$$

бачимо, що при нульовій частоті, яка відповідає сталій складовій електричної енергії, що споживається підприємством і дорівнює площині прямокутного імпульсу:

$$E_{\text{п}} = S_0(0) = P_0\tau, \quad (21)$$

Динамічна складова електричної енергії:

$$E_{\text{д}} = \sum_{k=1}^m E_k, \quad (22)$$

де m – кількість суттєвих гармонік.

З рис. 8 видно, що $E_{\text{д}} \gg E_{\text{п}}$. Можна зробити висновок, що динамічна складова електроенергії, що споживається підприємством, є суттєвою, а іноді і домінуючою складовою. Тому вона підлягає нормуванню у складі загальних витрат на електроенергію. Процес електроспоживання для підприємств з потоково-циклічною або потоково-дискретною технологією, з точки зору теорії випадкових процесів, є дискретним випадковим процесом, де період імпульсів T , ширина імпульсу τ , амплітуда P є випадковими величинами. У цьому випадку спектр активної потужності має дві складові – безперервну та дискретну, кожна з яких має свою енергію.

Відоме співвідношення:

$$\frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{д}}} = \left[\frac{\delta_p}{M(p)} \right]^2, \quad (23)$$

де $E_{\text{н}}$ – енергія безперервної частини спектру; $E_{\text{д}}$ – енергія дискретної частини спектру; δ_p – середньоквадратичні відхилення активної потужності; $M(p)$ – математичне очікування активної потужності. Для більшості технологічних процесів середньоквадратичне відхилення складає 15-20% від математичного очікування $M(p)$.

Проведемо оцінювання співвідношення енергій $E_{\text{н}}$ та $E_{\text{д}}$. Нехай $M(p) = 1$, тоді $\delta = 0,15$.

$$\text{Тоді } \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{д}}} = \frac{0,15^2}{1}; \quad E_{\text{д}} = \frac{E_{\text{н}}}{0,15^2} = \frac{E_{\text{н}}}{0,0225}.$$

Звідки: $E_{\text{д}} \approx 44E_{\text{н}}$, тобто і в цьому випадку $E_{\text{д}} \gg E_{\text{н}}$.

Загальна кількість електроенергії, що споживається підприємством:

$$E \approx E_{\text{п}} + E_{\text{д}}, \quad (24)$$

Дотепер на підприємствах нормується загальна кількість спожитої електроенергії E та питомі витрати q на одиницю продукції M :

$$q = \frac{E}{M}. \quad (25)$$

Загальна кількість електроенергії визначається не тільки за витратами електроенергії на виробництво продукції, але й за витратами на власні потреби, наприклад, освітлення, обігрів, тощо.

Динамічна складова електроенергії визначається ритмічністю виробництва та його організацією і

дає можливість знайти внутрішні резерви в технології та організації виробництва. Динамічна складова електроенергії, що споживається гірничорудним підприємством, складає 20-30%, а іноді і більше від загальних витрат електроенергії [3]. Вона залежить від режимів роботи гірничо-транспортного комплексу та коливань властивостей руди. Тому доцільно на підприємстві нормувати всі складові електричної енергії:

$$E^H = E_{\Pi}^H + E_{\text{д}}^H, \quad (26)$$

де E^H – загальна норма витрат електроенергії; E_{Π} – норма витрат умовно-постійної частини електроенергії; $E_{\text{д}}^H$ – норма витрат електроенергії на динаміку електроспоживання.

Обґрунтуємо більш детально необхідність відокремленого нормування умовно-постійних витрат електроенергії E_{Π} та динамічну складову $E_{\text{д}}$ загальних витрат електроенергії E . Метою нормування є економія витрат на електроенергію, тобто енергозбереження та енергоефективність. Існує два напрямки економії електроенергії. Перший – заміна застарілого обладнання на нове більш енергоефективне, впровадження енергоефективних технологій, автоматизація та комп'ютеризація виробництва тощо. Впровадження цих заходів сприяє зменшенню умовно-постійних витрат електроенергії. Другий – впровадження заходів, що зменшують споживання електроенергії в динаміці, тобто покращують динаміку енергоспоживання. Це організація та управління виробництвом у часі: планування виробничих процесів у часі, скорочення простоїв обладнання, термінів його ремонту та обслуговування, графіки постачання сировини, періоди поставок,

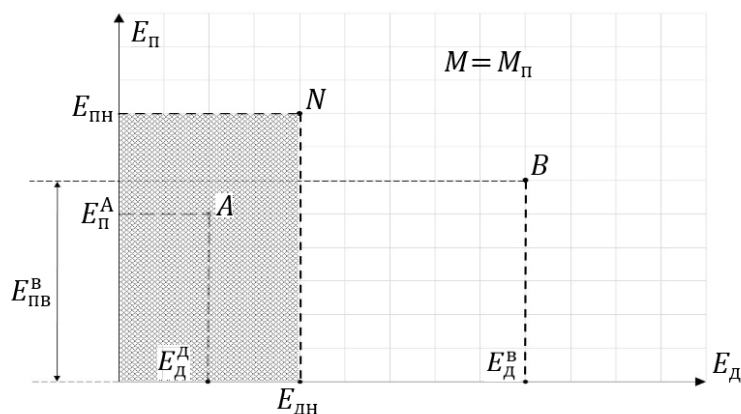
обсяги поставок, графіки навантаження обладнання, покращення ритмічності виробництва. Впровадження заходів за цими двома напрямками зменшує загальні витрати на електроенергію E . Нормування тільки загальних витрат електроенергії не дає можливості оцінити окремо ефективність заходів першого та другого напрямку. Тобто відсутній зворотній зв'язок, що не дає можливості керувати процесом енергозбереження.

Нормування умовно-постійних витрат на електроенергію E_{Π} дозволяє оцінити ефективність впровадження заходів першого напрямку та керувати реалізацію цих заходів. А нормування динамічної складової витрат на електроенергію $E_{\text{д}}$ дає можливість оцінити ефективність та керувати впровадження заходів другого напрямку.

Це не виключає нормування загальних витрат електроенергії E , тому, що:

$$E_H = E_{\Pi H} + E_{\text{д}H}, \quad (27)$$

Залежно від особливостей виробничих підприємств можна нормувати загальні витрати електроенергії або питомі витрати електроенергії на одиницю виробленої продукції. Розглянемо метод нормування витрат електроенергії (рис. 9). E_{Π} – умовно-постійна складова витрат; $E_{\text{д}}$ – динамічна складова витрат; точка N відповідає нормативним значенням витрат; $E_{\Pi H}$ – нормативне значення умовно-постійної складової витрат; $E_{\text{д}H}$ – нормативне значення динамічної складової витрат; точка A відповідає заштрихованій нормативній зоні витрат електроенергії; точка B відповідає режиму роботи з витратами електроенергії $E_{\text{д}} > E_{\text{д}H}$; M



– фактичний обсяг виробленої продукції; M_{Π} – плановий обсяг виробленої продукції.

Рис. 9. Нормування витрат електроенергії

Джерело: побудовано автором.

У цій методиці задаються норматив загальних витрат електроенергії, нормативні значення витрат електроенергії $E_{пн}$ та $E_{дн}$, планове значення обсягу виробленої продукції. Умовою відповідності роботи підприємства нормативам витрат електроенергії є потрапляння робочої точки А в заштриховану область. Наприклад, в точці А:

$$E_H > E_{ПА} + E_{ДА}, \quad (28)$$

У цьому випадку підприємство отримує економічний ефект в гривнях:

$$\Delta^+ = k[E_H - (E_{ПА} + E_{ДА})], \quad (29)$$

де k – тарифний коефіцієнт вартості 1МВт електроенергії;

$$k = k_1 + k_2 + k_3, \quad (30)$$

k_1 – тарифний коефіцієнт вартості 1МВт·год електроенергії;

k_2 – тарифний коефіцієнт за доставку 1МВт·год

q_n – умовно-постійна складова питомих витрат; q_d – динамічна складова питомих витрат; $q_{пн}$ – нормативні значення умовно-постійної складової питомих витрат; q – нормативне значення динамічної складової питомих витрат; точка 1 відповідає нормативним питомим витратам; точка 2 відповідає понаднормативним питомим витратам.

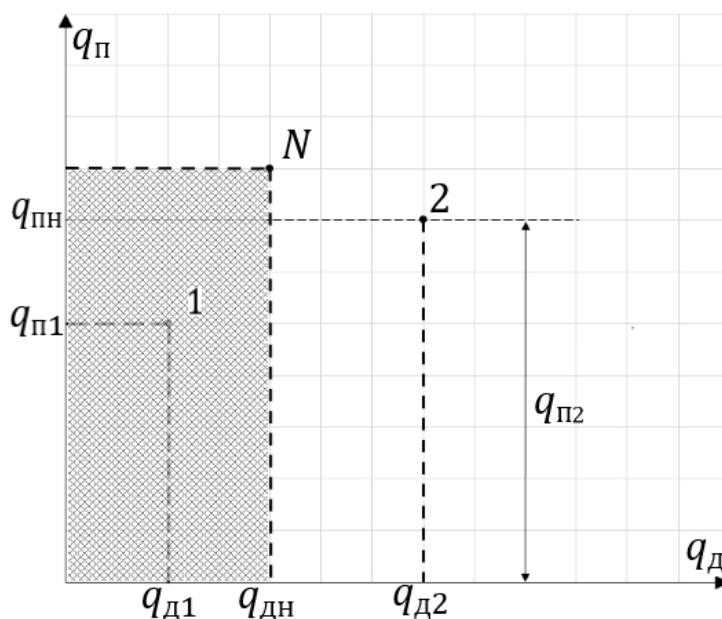


Рис. 10. Нормування питомих витрат електроенергії

Джерело: побудовано автором.

У цій методиці задаються нормативні значення питомих витрат електроенергії q_n , нормативні значення умовно-постійної складової питомих витрат електроенергії $q_{пн}$ і нормативні значення динамічної складової питомих витрат електроенергії $q_{дн}$.

Основні співвідношення: питомі витрати електроенергії q :

електроенергії;

k_3 – тарифний коефіцієнт за розподіл 1МВт·год електроенергії.

Економічний ефект може бути направлений на розвиток або на інші потреби підприємства, на преміювання працівників за енергозбереження. У випадку понаднормативного перевищення витрат електроенергії, що відповідає точці В на рис. 9:

$$E_H < E_{пв} + E_{дв}, \quad (31)$$

У цьому випадку на підприємство накладається штраф, воно несе збитки на суму вартості перевищеного проти нормативу обсягу витраченої електроенергії:

$$\Delta^- = k[(E_{пв} + E_{дв}) - E_H], \quad (32)$$

Цей штраф у повному обсязі сплачується державі або власнику електричної мережі.

Розглянемо випадок нормування питомих витрат електроенергії (рис.10).

$$q = \frac{E}{M} = \frac{E_{пн} + E_d}{M} = \frac{E_{пн}}{M} + \frac{E_d}{M} = q_{пн} + q_d, \quad (33)$$

де: E – загальні витрати електроенергії; M – обсяг виробленої продукції.

$$E = (q_{пн} + q_d) \cdot M, \quad (34)$$

Нормативне значення загальних витрат електроенергії:

$$E_n = (q_{пн} + q_{дн}) \cdot M, \quad (35)$$

Нормативне значення питомих витрат електроенергії:

$$q_n \leq q_{пн} + q_{дн}, \quad (36)$$

Розглянемо режим електроспоживання, що відповідає нормам питомих витрат електроенергії. Цей режим відповідає точці 1 на рис. 10.

Економія витрат на електроенергію у цьому випадку складає:

$$\Delta^+ = k[E_n - (q_{п1} + q_{д1}) \cdot M], \quad (37)$$

де k – тарифний коефіцієнт.

Зекономлені кошти можуть бути направлені на розвиток підприємства та матеріальне заохочення працівників.

В точці 2 на рис. 10 режим електроспоживання підприємства не відповідає нормам витрат електроенергії. В результаті цього економічні втрати підприємства становитимуть:

$$\Delta^- = k[(q_{п2} + q_{д2}) \cdot M - E_n], \quad (38)$$

У цьому випадку на підприємство накладається штраф у повному обсязі витрат згідно із формулою (38). Штраф також сплачується або державі, або компанії-власнику електромережі.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

1. Доведено, що при нормуванні витрат електроенергії необхідно враховувати не тільки загальні показники витрат, але й умовно-постійну та динамічну складові витрат електроенергії, що дозволяє оперативно оцінити ефективність та керувати процесом

впровадження заходів з енергозбереження та енергоефективності.

2. Запропоновані економіко-математичні моделі формування умовно-постійної та динамічної складових витрат електроенергії дозволяють визначати параметри енергозберігаючих режимів роботи підприємств з потоково-дискретними технологіями.

3. В ході дослідження одержано аналітичні залежності умовно-постійної та динамічної складових загальних та питомих витрат електроенергії від логістичних параметрів постачання сировини, таких як: періоду та обсягів постачання; продуктивності та енергоефективності технологічного обладнання. Це дозволяє поділити індивідуальні та групові, загальні та питоми норми витрат електроенергії на три складові: норми загальних та питомих витрат, норми умовно-постійних витрат та норми витрат на динаміку електроспоживання. На цій основі рекомендуємо удосконалити методику нормування витрат на електроенергію на гірничорудних підприємствах.

4. Рекомендації щодо нормування витрат на електроенергію з урахуванням динаміки електроспоживання дозволять розробити та оцінити заходи з енергозбереження та енергоефективності, керувати їх ефективністю, знизити витрати електроенергії у структурі собівартості продукції гірничорудних підприємств.

Перспективи подальших наукових розвідок вбачаємо у розробці комп'ютерної інформаційної системи управління ритмічністю випуску продукції дробарної фабрики, що працює з гірничо-транспортним комплексом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методика нормування витрат електричної енергії на виробництво продукції підприємствами з відкритим засобом видобутку залізної руди та її переробку : Наказ Міністерства промислової політики України від 02.03.2006 р. № 83.
2. ДСТУ 4110-2002. Енергоощадливість. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів. [Чинний від 2002-01-07]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 35 с.
3. Шулежко А. В., Шулежко О. А. Організація обліку енерговитрат на підприємствах гірничорудної галузі. *Вісник Криворізького економічного університету КНУ*. 2013. № 2. С. 118-122.
4. Варава Л. Н., Добровольський В. В. Становлення енергоменеджменту на гірничо-збагачувальних комбінатах. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2011. № 3. С. 33-38.
5. Кравець В. Г., Темченко О. А., Темченко Г. В., Тайєб-Тамаша Я. Економіко-технологічні передумови формування програми енергозбереження на гірничорудних підприємствах. *Вісник НТТУ «КПІ»*. 2015. Вип. 27. С. 66-76.
6. Бельтюков Є. А., Швагірева В. С. Ефективне енерговикористання – стратегія розвитку підприємства. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2013. Вип. 4 (51). С. 23-27.
7. Суходоля О. М. Розвиток нормативно-правової бази енергозбереження та створення механізмів фінансового забезпечення енергозберігаючих проєктів. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2007. Вип. 27. С. 224-231.

8. Сінчук О. М., Сінчук І. О., Ялова О. М., Бауліна М. А. Споживання електричної енергії та вплив на цей процес системи чинників формування факторного простору в умовах залізрудних підприємств. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2014. Вип. 27. С. 339-349.
9. Белкіна І. А., Лєпа Р. М., Кочура Є. В. Економіко-математичне моделювання впливу режимів рудоподачі на ефективність використання економічного потенціалу гірничо-збагачувального підприємства : монографія. Дніпро : Національний гірничий університет, 2013. 123 с.
10. Гаренко А. А., Кочура Є. В. Формування собівартості продукції дробарних фабрик в умовах багатозонального тарифу на електроенергію : монографія. Дніпро : Національний гірничий університет, 2012. 146 с.

REFERENCES

1. Ministerstvo promyslovoi polityky Ukrainy (2006, March 2). *Metodyka normuvannya vytrat elektrychnoi enerhii na vyrobnytstvo produktii pidpryemstvamy z vidkrytym zasobom vydobutku zaliznoi rudy ta yii pererobku* [Methodology for rationing the consumption of electrical energy for the production of products by enterprises with open-pit mining of iron ore and its processing]. [in Ukrainian].
2. Derzhspozhyvstandart Ukrainy (2002, July 1). DSTU 4110-2002. *Enerhooshchadlyvist. Metodyka analizu ta rozrakhuvannya pytomykh vytrat enerhoresursiv* [NSTU 4110-2002. Energy saving. Methodology for analysis and calculation of unit costs of energy resources]. [in Ukrainian].
3. Shuleshko, A. V., & Shuleshko, O. A. (2013). *Orhanizatsiia obliku enerhovytrat na pidpryemstvakh hirnychorudnoi haluzi* [Organization of energy consumption accounting at enterprises in the mining industry]. *Visnyk Kryvorizkoho ekonomichnoho instytutu KNU – Bulletin of the Kryvyi Rih Economic Institute of KNU*, 2, 118-122. [in Ukrainian].
4. Varava, L. N., & Dobrovolskyi, V. V. (2011). *Stanovlennia enerhomenedzhmentu na hirnycho-zbahachuvalnykh kombinatakh* [The formation of energy management at mining and processing plants]. *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu – Economic Bulletin of the National Mining University*, 3, 33-38. [in Ukrainian].
5. Kravets, V. H., Temchenko, O. A., Temchenko, H. V., & Taiieb-Tamasha, Ya. (2015). *Ekonomiko-tekhnologichni peredumovy formuvannya prohramy enerhozberezhennia na hirnychorudnykh pidpryemstvakh* [Economic and technological prerequisites for the formation of an energy saving program at mining enterprises]. *Visnyk NTTU «KPI» – Bulletin of NTTU "KPI"*, 27, 66-76. [in Ukrainian].
6. Beltiukov, Ye. A., & Shvahireva, V. S. (2013). *Efektivne enerhovykorystannia – stratehiia rozvytku pidpryemstva* [Efficient energy use is the company's development strategy]. *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen – Bulletin of Socio-Economic Research*, 4 (51), 23-27. [in Ukrainian].
7. Sukhodolia, O. M. (2007). *Rozvytok normatyvno-pravovoi bazy enerhozberezhennia ta stvorennia mekhanizmiv finansovoho zabezpechennia enerhozberihaiuchykh proektiv* [Development of the regulatory framework for energy saving and creation of mechanisms for financial security of energy saving projects]. *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen – Bulletin of socio-economic research*, 27, 224-231. [in Ukrainian].
8. Sinchuk, O. M., Sinchuk, I. O., Yalova, O. M., & Baulina, M. A. (2014). *Spozhyvannia elektrychnoi enerhii ta vplyv na tsei protses systemy chynnykiv formuvannia faktornoho prostoru v umovakh zalizrudnykh pidpryemstv* [Electricity consumption and the influence on this process of the system of factors forming the factor space in the conditions of iron ore enterprises]. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduвання, avtomatyzatsiia – Equipment in agricultural production, industrial mechanical engineering, automation*, 27, 339-349. [in Ukrainian].
9. Bielkina, I. A., Lepa, R. M., & Kochura, Ye. V. (2013). *Ekonomiko-matematychne modeliuвання vplyvu rezhymiv rudopodachi na efektyvnist vykorystannia ekonomichnoho potentsialu hirnycho-zbahachuvalnoho pidpryemstva* [Economic and mathematical modeling of the influence of ore supply regimes on the efficiency of using the economic potential of a mining and beneficiation enterprise]. Dnipro: National Mining University. [in Ukrainian].
10. Harenko, A. A., & Kochura, Ye. V. (2012). *Formuvannia sobivartosti produktii drobarnykh fabryk v umovakh bahatozapalnoho taryfu na elektroenerhiiu* [The formation of the cost price products of crushing factories in the conditions of a multi-stage tariff for electricity]. Dnipro: National Mining University. [in Ukrainian].

Отримано 05.03.2024