

Jan SZARGUT

Instytut Techniki Ciepłej
Politechniki Śląskiej

EFEKTY EKOLOGICZNE OSZCZĘDZANIA ENERGII

Streszczenie. Sformułowano równania bilansowe określające skumulowane wytwarzanie szkodliwych produktów odpadowych na jednostkę poszczególnych wyrobów, skumulowaną emisję tych produktów do otoczenia oraz skumulowaną ocenę strat ekonomicznych. Wyprowadzono równania wyrażające pozytywne efekty ekologiczne wynikające z oszczędzania energii, tj. zmniejszenie emisji szkodliwych produktów odpadowych oraz zmniejszenie strat ekonomicznych. Podano równania szczegółowe dla oszczędzania energii elektrycznej, dla skojarzonej gospodarki ciepłno-elektrycznej, dla kotłów odzyskowych i dla oszczędzania paliw gazowych.

1. Wprowadzenie

Podstawowym źródłem energii są paliwa chemiczne oraz jądrowe. Przetwarzanie energii tych paliw na postaci użytkowe jest zawsze związane ze szkodliwym oddziaływaniem na otaczające środowisko naturalne. Spalanie i przeróbka paliw organicznych wywołuje emisję szkodliwych produktów odpadowych (SPO), spośród których najważniejsze są tlenki siarki i azotu oraz pył. Użytkowanie paliw jądrowych jest połączone z powstawaniem szkodliwych radioaktywnych produktów rozszczepienia. Ponadto powstaje tzw. zanieczyszczenie cieplne spowodowane przez odprowadzanie do otoczenia znacznej ilości ciepła odpadowego. Odpływ SPO do otoczenia można ograniczyć lub wyeliminować przez budowę i eksploatację urządzeń ochronnych, co jest związane z określonymi kosztami. Szkodliwość różnych produktów odpadowych oraz efektywność urządzeń ochronnych powinno się oceniać za pomocą wskaźników ekonomicznych, gdyż tylko w ten sposób można sprowadzić wszystkie efekty do wspólnego mianownika.

Każda oszczędność energii użytkowej zapewnia zmniejszenie szkodliwego oddziaływania na otaczające środowisko. Pozytywne efekty ekologiczne powstają nie tylko w miejscu użytkowania energii lecz także, a najczęściej głównie, w poprzedzających ogniach sieci procesów przetwarzania energii. Dlatego jest konieczne analizowanie skumulowanych efektów ekologicznych oszczędzania energii za pomocą metod podobnych jak przy wyznaczaniu skumulowanego zużycia energii lub egzergii [1, 2, 3, 5, 6].

2. Ocena ekonomiczna szkodliwości produktów odpadowych

Odrowadzanie SPO do otaczającego środowiska wywołuje następujące szkodliwe efekty: korozję wytworów ludzkiej działalności (maszyn, budowli), uszkodzanie zdrowia ludzi, zmniejszenie efektów gospodarki rolnej, uszkodzanie zasobów bogactw naturalnych. Ocena ekonomiczna tych efektów jest trudna, ale możliwa przy użyciu metod statystycznych [4].

Zastosowanie urządzeń ochronnych w celu zmniejszenia ilości SPO oddawanych do otoczenia jest połączone z kosztami wynikającymi z nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji tych urządzeń [4]. Produkt odpadowy zatrzymany przez urządzenie ochronne może mieć określoną wartość ekonomiczną, gdyż może służyć jako surowiec wtórny do wytwarzania produktów użytecznych. Uwzględniając omówione czynniki, można w następujący sposób wyrazić wskaźnik strat ekonomicznych na jednostkę wytworzonego SPO

$$w = (1 - \xi)G + \eta(u - n), \quad (1)$$

gdzie:

G - wskaźnik ekonomiczny bezpośredniego szkodliwego oddziaływania na otaczające środowisko, przypadający na jednostkę SPO odprowadzonego do otoczenia,

η - sprawność urządzenia ochronnego,

u - koszt jednostkowy urządzenia ochronnego wynikający z nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji, odniesiony do jednostki zatrzymanego SPO,

n - wartość ekonomiczna jednostki zatrzymanego SPO.

3. Skumulowane wytwarzanie produktów odpadowych

Szkodliwe produkty odpadowe mogą powstawać w całej sieci procesów technologicznych prowadzących od bogactw naturalnych zaczerpniętych z przyrody do rozpatrywanej postaci energii użytkowej. Wskaźniki skumulowanego wytwarzania SPO można wyznaczyć za pomocą układu równań bilansowych, wynikających ze stwierdzenia, że wskaźnik obciążający wszystkie produkty użyteczne procesu wynika ze wskaźników obciążających półwyroby dostarczone do procesu i z bezpośredniego wytwarzania w tym procesie. Półwyroby importowane należy uwzględnić oddzielnie, pamiętając o tym, że dla uzyskania środków na import konieczne jest eksportowanie wyrobów własnych [7]. Należy uwzględnić różnorodność technologii wytwarzania, gdyż np. energia elektryczna może pochodzić z elektrowni węglowych, jądrowych lub wodnych. Układ równań bilansowych powinien w zasadzie obejmować wszystkie produkty główne gospodarki, gdyż oszczędność energii pro-

wadzi nie tylko do zmniejszenia zużycia paliw, lecz także do oszczędności innych materiałów zużywanych przy przetwarzaniu energii i obciążonych wskaźnikami wytwarzania SPO.

W każdym procesie można wyróżnić produkt główny (determinujący lokalizację i wydajność procesu) oraz produkty uboczne zastępujące produkty główne innych procesów. Jeżeli dwa lub więcej produkty użyteczne nie zastępują produktów głównych innych procesów, należy je uznać za zespolony produkt główny.

Dla każdego k-tego SPO uzyskuje się następujące równanie bilansowe dotyczące j-tego produktu głównego wytwarzanego według l-tej technologii

$$p_{kj}^{(1)} = \sum_i (a_{ij}^{(1)} - f_{ij}^{(1)}) \sum_t x_{it} p_{ki}^{(t)} + \sum_r a_{rj}^{(1)} p_{kr} + \mathcal{T}_{kj}^{(1)}, \quad (2)$$

gdzie:

- $p_{kj}^{(1)}$, $p_{ki}^{(t)}$, p_{kr} - wskaźnik skumulowanego wytwarzania k-tego SPO na jednostkę j-tego, i-tego i r-tego produktu użytecznego przy l-tej i t-tej technologii wytwarzania,
- $a_{ij}^{(1)}$, $a_{rj}^{(1)}$ - współczynnik zużycia i-tego półwyrobu krajowego i r-tego półwyrobu importowanego na jednostkę j-tego produktu głównego przy l-tej technologii wytwarzania,
- $f_{ij}^{(1)}$ - współczynnik wytwarzania i-tego produktu ubocznego na jednostkę j-tego produktu głównego przy l-tej technologii,
- $\mathcal{T}_{kj}^{(1)}$ - współczynnik bezpośredniego wytwarzania k-tego SPO przy l-tej technologii na jednostkę j-tego produktu głównego,
- x_{it} - udział t-tej technologii wytwarzania i-tego produktu w skali kraju.

W celu wyznaczenia współczynnika $f_{ij}^{(1)}$ należy pomnożyć współczynnik wytwarzania produktu ubocznego rzeczywistego przez stosunek zastępowania i-tego produktu głównego przez dany produkt uboczny.

Układ równań (2) dogodnie jest ująć w zapisie macierzowym, jednak wówczas należy wprowadzić jednolitą numerację obejmującą nie tylko wszystkie produkty główne, lecz także wszystkie technologie wytwarzania. Wówczas równanie (2) można zapisać w postaci:

$$p_{km} = \sum_n (a_{nm} - f_{nm}) p_{kn} + \sum_r a_{rm} p_{kr} + \mathcal{T}_{km}, \quad (3)$$

gdzie

$$a_{nm} = x_{it} a_{ij}^{(1)}, \quad f_{nm} = f_{ij}^{(1)}, \quad (4)$$

przy czym każdej wartości j oraz i odpowiada kilka wartości m oraz n uwzględniających różne technologie (1) oraz (t).

Wartość wskaźnika p_{kr} wynika ze stwierdzenia, że środki dewizowe na import zdobywa się przez eksport. Dlatego należy przyjąć, że obciążenie skumulowanym wytwarzaniem SPO jest jednakowe w odniesieniu do jednostki wartości dewizowej wyrobów eksportowanych i importowanych [7]

$$p_{kr} = p_k^{(d)} D_r, \quad (5)$$

gdzie:

$p_k^{(d)}$ - średni wskaźnik skumulowanego wytwarzania k -tego SPO na jednostkę wartości dewizowej produktów eksportowanych,

D_r - wartość dewizowa r -tego produktu importowanego.

Wskaźnik $p_k^{(d)}$ można wyznaczyć dokładnie metodą opisaną w [7]. Metoda ta jest dość żmudna. Według [1] można zastosować metodę przybliżoną:

$$p_k^{(d)} = \frac{P_k}{(DN)}, \quad (6)$$

gdzie:

P_k - łączne wytwarzanie k -tego SPO w gospodarce kraju, na rok,

(DN) - wartość dewizowa własnych produktów końcowych zużywanych w kraju i eksportowanych.

Nieścisłość wzoru (6) wynika stąd, że produkty eksportowane mogą być obciążone innym wskaźnikiem $p_k^{(d)}$ niż produkty zużywane w kraju. Niedokładność tę można złagodzić przez zastosowanie iteracyjnej metody obliczeń.

Dzięki zastosowaniu wzoru (5) we wzorze (3) składnik $\sum_r a_{rm} p_{kr}$ nie zawiera niewiadomych. Układ równań (3) ma w tym przypadku następującą postać macierzową

$$P(E - A + F) = P_0, \quad (7)$$

gdzie:

E - macierz diagonalna jednostkowa,

A, F - macierz kwadratowa współczynników a_{nm}, f_{nm} ,

P - macierz prostokątna $K \times M$ wskaźników p_{km} ,

P_0 - macierz prostokątna $K \times M$ wyrazów wolnych $\sum_r a_{rm} p_{kr} + J_{km}$,

przy czym K oznacza łączną liczbę rozpatrywanych SPO oraz M łączną liczbę rozpatrywanych technologii.

Z równania (7) wynika

$$P = P_0(E - A + F)^{-1}. \quad (8)$$

4. Efekty oszczędzania energii

Oszczędność ΔE_m m-tej postaci energii użytkowej zapewnia zmniejszenie skumulowanego wytwarzania SPO. Dla k-tego SPO otrzymuje się

$$\Delta P_{km} = \Delta E_m \sum_{n=m_1}^{m_2} z_{nm} P_{kn}, \quad (9)$$

gdzie:

z_{nm} - udział n-tej technologii wytwarzania m-tej postaci energii użytkowej (numeracja n zmienia się od m_1 do m_2 w zakresie numerów n obejmujących różne technologie wytwarzania m-tej postaci energii).

W celu obliczenia ilości SPO oddawanych do otoczenia, należy uwzględnić sprawność urządzeń ochronnych stosowanych w poszczególnych ogniwach sieci procesów technologicznych. Należy więc sformułować nowy układ równań bilansowych, różniący się wyrazami wolnymi od układu (3)

$$r_{km} = \sum_n (a_{nm} - f_{nm}) r_{kn} + \sum_r a_{rm} r_{kr} + (1 - \eta_{km}) P_{km}. \quad (10)$$

gdzie:

r_{km} , r_{kn} , r_{kr} - wskaźnik oddawania do otoczenia k-tego SPO,
 η_{km} - sprawność urządzenia ochronnego dla k-tego SPO przy m-tej technologii.

Wartość r_{kr} można obliczyć w przybliżeniu za pomocą wzorów analogicznych do (5) i (6)

$$r_{kr} = r_k^{(d)} D_r = \frac{R_k}{(DN)} D_r, \quad (11)$$

gdzie:

R_k - łączna ilość k-tego SPO odprowadzanego w kraju do otoczenia.

Dzięki zastosowaniu wzoru (11) wyrażenie $\sum_r a_{rm} r_{kr}$ nie zawiera nieznanych i rozwiązanie układu równań (10) można wyrazić za pomocą macierzy odwrotnej z równania (8)

$$r = r_0(E - A + F)^{-1}, \quad (12)$$

gdzie:

r_0 - macierz prostokątna $K \times M$ wyrazów wolnych $\sum_r a_{rm} r_{kr} + (1 - \delta_{km}) w_{km}$

Oszczędność ΔE_m m-tej postaci energii użytkowej zapewnia zmniejszenie odpływu do otoczenia k-tego SPO zgodnie ze wzorem

$$\Delta R_{km} = \Delta E_m \sum_{n=m_1}^{m_2} z_{nm} r_{kn}, \quad (13)$$

przy czym wartości r_{kn} są odniesione do jednostki energii.

Podobnie można przeprowadzić ocenę ekonomiczną ekologicznych skutków oszczędzania energii. Wskaźnik strat ekonomicznych s_{km} dotyczących k-tego SPO na jednostkę produktu m-tej technologii wynika z równania bilansowego

$$s_{km} = \sum_n (a_{nm} - f_{nm}) s_{kn} + \sum_r a_{rm} s_{kr} + w_{km} w_{km}. \quad (14)$$

Wartość s_{kr} można ocenić za pomocą wzoru analogicznego do (11)

$$s_{kr} = \frac{S_k}{(DN)} D_r = \frac{P_k w_k}{(DN)} D_r, \quad (15)$$

gdzie:

S_k - łączna ocena strat ekonomicznych spowodowanych w skali kraju przez k-ty SPO,

P_k - łączna ilość wytworzonego k-tego SPO,

w_k - średnia wartość wskaźnika wg wzoru (1).

Rozwiązanie układu równań (14) można wyrazić macierzowo

$$s = s_0(E - A + F)^{-1}, \quad (16)$$

gdzie:

s_0 - macierz prostokątna $K \times M$ wyrazów wolnych $\sum_r a_{rm} s_{kr} + w_{km} w_{km}$

Oszczędność ΔE_m m-tej postaci energii użytkowej zapewnia zmniejszenie strat ekonomicznych w wysokości

$$\Delta S_m = \Delta E_m \sum_k \sum_{n=m_1}^{m_2} z_{nm} s_{kn}' \quad (17)$$

przy czym wartości s_{kn} są odniesione do jednostki energii.

5. Szczególne przypadki oszczędzania energii

Zastosowanie dokładnych metod obliczeń opartych na równaniach (3), (10), (14) jest bardzo żmudne. W wielu szczególnych przypadkach wytwarzania energii użytkowej można sformułować uproszczone równania przybliżone, oparte na stwierdzeniu, że szkodliwe oddziaływanie na otaczające środowisko występuje głównie w jednym ogniwie sieci technologicznej, a mianowicie w ogniwie spalania paliwa. Dotyczy to przede wszystkim wytwarzania energii elektrycznej i ciepła grzejnego. Należy jednak uwzględnić skumulowane zużycie paliwa, wynikające ze skumulowanej sprawności dostawy energii elektrycznej i ciepła grzejnego. Sprawność skumulowana uwzględnia nie tylko straty energetyczne w urządzeniu głównym, lecz także straty przy wydobyciu i transporcie paliwa, przy transporcie energii użytkowej do odbiorcy, a nawet przy wytwarzaniu maszyn i urządzeń służących do wydobycia, transportu i przetwarzania paliwa [6].

5.1. Oszczędność energii elektrycznej

Zmniejszenie strat ekonomicznych związanych z wytwarzaniem SPO, uzyskane dzięki oszczędzaniu energii elektrycznej można odnieść do jednostki energii

$$s_{el} = \sum_{n=m_1}^{m_2} \frac{z_n}{\eta_{ep1n}^*} \sum_k w_{kn} \pi_{kn}' \quad (18)$$

gdzie:

- z_n - udział n-tej technologii w wytwarzaniu energii elektrycznej,
- η_{ep1n}^* - skumulowana sprawność energetyczna dostawy energii elektrycznej wytwarzanej wg n-tej technologii,
- π_{kn} - wytwarzanie k-tego SPO w elektrowni pracującej wg n-tej technologii, w odniesieniu do jednostki energii paliwa,
- w_{kn} - ekonomiczny wskaźnik szkodliwości k-tego SPO przy n-tej technologii, wg wzoru (1).

Wzór (18) jest tylko z pozoru prosty. W zasadzie powinno się podstawić do tego wzoru dane dotyczące elektrowni granicznych zamykających bilans

energii elektrycznej. Wybór elektrowni granicznej zależy od strefy obciążenia systemu elektroenergetycznego.

5.2. Skojarzona gospodarka ciepłno-elektryczna

Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła grzejnego zapewnia oszczędność energii paliw w skali gospodarki kraju. Przy ocenie pozytywnych efektów ekologicznych gospodarki skojarzonej należy uwzględnić straty ekonomiczne występujące w elektrociepłowni, w elektrowni zastąpionej przez wytwarzanie energii elektrycznej i w kotłowni zastąpionej przez wytwarzanie ciepła. Po uwzględnieniu wg [8] efektów zastępowania uzyskuje się następujący wzór do oceny ekonomicznej zmniejszenia strat ekologicznych

$$\Delta S_{ec} = E_{e1} \left(\sum_{n=m_1}^{m_2} \frac{z_n}{\eta_{ejn}^*} \sum_k w_{kn} \pi_{kn} - \frac{1}{\eta_{dp}^* \eta_{ejk} \eta_{mc} \eta_{tr}} \sum_k w_k^{(ec)} \pi_k^{(ec)} \right) - Q_g \frac{1}{\eta_{dp}^*} \left(\frac{1}{\eta_{ejk} \eta_{pc}} \sum_k w_k^{(ec)} \pi_k^{(ec)} - \frac{1}{\eta_{ejk} \eta_{pc}} \sum_k w_k^{(c)} \pi_k^{(c)} \right), \quad (19)$$

gdzie:

- E_{e1} - energia elektryczna dostarczona z elektrociepłowni do odbiorców, z odliczeniem energii zużytej do napędu pomp sieci ciepłowniczej,
- Q_g - ciepło dostarczone z elektrociepłowni do odbiorców,
- η_{dp}^* - skumulowana sprawność dostawy paliwa do elektrociepłowni (uwzględniająca straty energetyczne przy wydobyciu i transporcie paliwa),
- $\eta_{ejk} \eta_{ejk}^*$ - sprawność energetyczna kotła elektrociepłowni i zastąpionej ciepłowni,
- η_{mc} - sprawność elektromechaniczna turboszespołu elektrociepłowni,
- η_{tr} - sprawność transformacji i przesyłania energii elektrycznej z elektrociepłowni do odbiorców,
- $\eta_{pc} \eta_{pc}^*$ - sprawność przesyłania ciepła z elektrociepłowni i zastąpionej ciepłowni,
- $\pi_k^{(ec)}, \pi_k^{(c)}$ - wytwarzanie k-tego SPC w elektrociepłowni i zastąpionej ciepłowni, na jednostkę energii chemicznej paliwa,
- $w_k^{(ec)}, w_k^{(c)}$ - ekonomiczny wskaźnik szkodliwości k-tego SPC w elektrociepłowni i zastąpionej ciepłowni.

Pozostałe oznaczenia jak we wzorze (18).

5.3. Kocioł odzyskowy

Kocioł odzyskowy zapewnia oszczędność energii chemicznej paliwa w stopionej kotłowni paliwowej. Ekonomiczną ocenę ochrony środowiska można w tym przypadku wyrazić wzorem

$$\Delta S = Q_g \frac{1}{\eta_{dp}^* \eta_{\Sigma}^* K \eta_{pc}^*} \sum_k w_k^{(c)} \pi_k^{(c)}, \quad (20)$$

gdzie:

Q_g - ciepło dostarczone do odbiorców zasilanych z kotła odzyskowego.

5.4. Oszczędność paliw gazowych

Oszczędność paliw gazowych (uzyskana np. przez rekuperację lub przez poprawę metod eksploatacji pieców) wpływa na całość gospodarki gazowej kraju. Należy uwzględnić to, że paliwem granicznym zamykającym bilans paliw gazowych jest krajowy gaz ziemny^x). Wytwarzanie gazu koksowniczego i wielkopiecowego nie zależy od zapotrzebowania. Zaoszczędzony gaz koksowniczy powinno się spalić u innego użytkownika wypierając odpowiednią ilość gazu ziemnego. Nieco inaczej należy potraktować zaoszczędzony gaz wielkopiecowy. Nadwyżki tego gazu spala się w kotłach drupalinowych. Można więc przyjąć, że zaoszczędzony gaz wielkopiecowy wypiera odpowiednią ilość węgla.

Przy spalaniu gazu ziemnego szkodliwe oddziaływanie na środowisko wynika głównie ze zużycia energii elektrycznej na transport gazu i z powstawania tlenków azotu przy spalaniu:

$$\Delta S = \Delta E_{ch} (e_g^{sel} + w_{NO_x} \pi_{NO_x}), \quad (21)$$

gdzie:

ΔE_{ch} - ilość zaoszczędzonej energii chemicznej gazu,

e_g - jednostkowe zużycie energii elektrycznej na transport gazu ziemnego, odniesione do jednostki energii chemicznej,

π_{NO_x} - wytwarzanie tlenków azotu na jednostkę energii chemicznej gazu ziemnego,

w_{NO_x} - wskaźnik strat ekonomicznych wynikających z wytwarzania NO_x .

W piecach przemysłowych nie ma instalacji zmniejszających emisję NO_x i dlatego zgodnie ze wzorem (1) obowiązuje

$$w_{NO_x} = \sigma_{NO_x} \quad (22)$$

^x) Ilość importowanego gazu ziemnego jest ustalona umową międzynarodową.

Zakładając, że energia chemiczna gazu koksowniczego zastępuje energię chemiczną gazu ziemnego w stosunku 1:1, dochodzi się do wniosku, że wzór (21) obowiązuje również dla zaoszczędzonego gazu koksowniczego.

Obliczając efekty oszczędności gazu wielkopiecowego należy uwzględnić różnice sprawności energetycznej kotła dwupaliwowego występujące przy spalaniu węgla i gazu wielkopiecowego. Można więc sformułować następujący przybliżony wzór:

$$\Delta S = \Delta E_{ch} \frac{\eta_{Eg}}{\eta_{dp} \eta_{Eg}} (w_p \pi_p + w_{SO_2} \pi_{SO_2} + w_{NO_x} \pi_{NO_x}), \quad (23)$$

gdzie:

η_{Eg}, η_{Eg} - sprawność energetyczna kotła dwupaliwowego przy spalaniu gazu wielkopiecowego i węgla,

$\pi_p, \pi_{SO_2}, \pi_{NO_x}$ - współczynnik bezpośredniego wytwarzania pyłu, SO_2 i NO_x przy spalaniu węgla w kotle dwupaliwowym, w odniesieniu do jednostki energii chemicznej węgla.

Przy spalaniu paliw gazowych mieszkankowych racjonalizacja gospodarki energetycznej może mieć na celu zmniejszenie zużycia energii chemicznej paliwa bogatego kosztem zwiększenia zużycia paliwa uboższego. W takim przypadku należy zastosować równocześnie wzory (21) i (23) wprowadzając do wzoru (23) ujemną oszczędność energii chemicznej paliwa uboższego.

LITERATURA

- [1] Baładynowicz H.: Model strukturalny systemu paliwowo-energetycznego i badania skumulowanej transformacji czynników wejściowych na wyjściowe. Rozprawa doktorska, Gliwice 1987.
- [2] Bibrowski Z. (red.): Energochłonność skumulowana. PWN, Warszawa 1983.
- [3] Boustead J., Hancock G.P.: Handbook of Industrial Energy Analysis. Ellis Harwood, Chichester 1979.
- [4] Szargut J.: Zagadnienia termoeconomiczne ochrony środowiska. Arch. Energetyki 1973, nr 1-2, s. 3-14.
- [5] Szargut J.: Application of Exergy for the Calculation of Ecological Cost. Bull. Pol. Acad. Sci., Techn. Series 34 (1986), Nr 7-8, s. 475-480.
- [6] Szargut J., Morris D.R.: Cumulative Exergy Consumption and Cumulative Degree of Perfection of Chemical Processes. Energy Research 11 (1987), nr 3, s. 245-261.

x) Zależność sprawności energetycznej kotła dwupaliwowego od udziału jednego z paliw jest nieliniowa, w związku z czym odpowiedź na pytanie, ile wynosi oszczędność węgla przy zwiększeniu ilości spalanego gazu, zależy od chwilowego udziału tych paliw w zasilaniu kotła.

- [7] Szargut J.: Influence of the Imported Goods on the Cumulative Energy Indices. Bull. Pol. Acad. Sci., Techn. Series 35 (1987), nr 9-10, s. 591-595.
- [8] Szargut J.: Skumulowane wskaźniki energetyczne charakteryzujące dostawę ciepła z elektrociepłowni. Energetyka (w druku).

Recenzent: doc. dr inż. Antoni Guzik

Wpłynęło do redakcji w marcu 1989 r.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ

Р е з ю м е

Сформулированы балансные уравнения для расчёта кумулированного производства вредных отбросных продуктов, кумулированной отдачи этих продуктов в окружающую среду а также кумулированной экономической оценки потерь связанных с производством и эмиссией этих продуктов. Даны уравнения определяющие уменьшение потерь за счет экономии энергии. Детальные уравнения разработаны для экономии электроэнергии, для комбинированной выработки электроэнергии и тепла, для котла утилизатора а также для экономии газообразного топлива.

ECOLOGICAL EFFECTS OF ENERGY SAVING

S u m m a r y

Balance quations have been formulated for the calculation of cumulative production of detrimental waste products per unit of particular products, cumulative emission of these products into the environment and cumulative economical losses connected with the production and emission of these products. Equations formulating positive ecological effects that result from energy saving, i.e. the reduction of detrimental waste products emission and the decrease of economical losses have been derived. Detailed equations economizing on electricity, for combined heat-and-power economy, for waste heat boilers and for economizing of gaseous fuels have been given too.