



METODA PRZYROSTOWA OKREŚLANIA SPRAWNOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU

Stefan OWCZAREK*

* Politechnika Białostocka, Katedra Podstaw Budownictwa i Inżynierii Procesów Budowlanych
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, e-mail: sowczar@pb.bialystok.pl

Streszczenie: Przedstawiono metodę przyrostową wyznaczania wartości elementów systemu zużycia energii w budynku. Przyjęto, że każda składowa systemu energetycznego jest funkcją parametrów stałych i zmiennych. Parametry stałe zapewniają rozróżnialność klas budynków. Parametry zmienne identyfikują jego cechy energooszczędne. Metoda zakłada, że wartości systemu sprawności energetycznych dla budynku wzorcowego są obliczone uprzednio. Przyrosty wartości składowych systemu w budynku ocenianym w stosunku do wzorcowego są obliczane jako iloczyn skalarny gradientu funkcji korelacji i wektora przyrostu parametrów sprawczych energooszczędności. Metodę zilustrowano przykładem. Obliczono składowe gradienty funkcji korelacji pomiędzy parametrami zmiennymi i wartościami zużycia energii w budynku. Określono klasy sprawności energetycznej budynku.

Słowa kluczowe: Charakterystyka energetyczna, klasy budynku i sprawności energetycznej, model budynku referencyjnego, gradienty, parametry sprawcze.

1. PODSTAWY TEORETYCZNE METODY PRZYROSTOWEJ

Wdrożenie dyrektywy Europejskiej 2002/91/EC dotyczącej efektywności energetycznej budynków, wymaga opracowania metod wyznaczania analitycznego wartości współczynników sprawności energetycznej.

Obiektem ocen jest system kolejnych faz energii występujących w procesie zużycia energii w budynku. Są to energie: zapotrzebowania „E”, dostarczenia „DE” i pierwotna „PE”, odnawialne „OE”. Ponadto w polu zainteresowań jest podsystem emisji gazów cieplarnianych „EEP”. Głównym obiektem podsystemu „EEP” jest emisja CO₂. Rdzeniem całego systemu jest podsystem zapotrzebowania ciepła w budynku. Do tego podsystemu należą następujące wartości zużycia energii:

EP₁ – na ogrzewanie budynku [kWh/r],

EP₂ – na wentylację [kWh/r],

EP₃ – na klimatyzację [kWh/r],

EP₄ – na podgrzewanie wody użytkowej [kWh/r],

EP₅ – na oświetlenie [kWh/r].

Przyjmijmy system nośników energii dostarczanej na pokrycie zapotrzebowania w budynku.

EP_{k1} - olej, EP_{k2} - gaz, EP_{k3} - węgiel, EP_{k4} - sieć ciepła,

EP_{k5} - sieć niskotemperaturowa, EP_{k6} - drewno,

EP_{k7} - elektryczność, (2)

Wartości systemu nośników otrzymujemy za pomocą współczynników rozdziału których suma jest równa 1.

$$r_{k1} + r_{k2} + r_{k3} + \dots + r_{k7} = 1 \quad EP_{ki} = r_{ri} EP_i \quad (3)$$

Otrzymujemy macierz 5x7 wartości nośników i zapotrzebowania energii w budynku ocenianym. Sumując energię w kategoriach nośników otrzymujemy energię zapotrzebowania EP_i. i = 1, ..., 7. i - rodzaj nośnika. Dzielicz składniki $\sum EP_i$ przez sprawność „η” sieci ciepłej otrzymujemy energię dostarczoną do pokrycia zapotrzebowania, DEP_i. i - rodzaj nośnika.

$$DEP_i = \frac{1}{\eta_i} \sum EP_i, \quad i = 1, \dots, 7 \quad (4)$$

Elementów podsystemu „DEP_i” mamy 7.

Mnożąc składniki DEP_i przez współczynniki konwersji „w_i” otrzymujemy energię pierwotną PEP_i w kategoriach nośników:

$$PEP_i = w_i DEP_i, \quad i = 1, \dots, 7. \quad (5)$$

Mnożąc składniki energii pierwotnej przez współczynniki emisji dwutlenku węgla „e_i”, w kategoriach nośników:

$$EEP_i = e_i PEP_i \quad (6)$$

mamy wartości emisji CO₂ do atmosfery. Otrzymaliśmy system zużycia energii w danym budynku. Liczba składowych jest równa iloczynowi wierszy i kolumn (9x8=72). Dla dowolnego budynku system energetyczny jest określony przez:

$$EP_i, EP_j, \sum EP_j, DEP_j, PEP_j, EEP_j, EP, DEP, PEP, EEP \quad (7)$$

(i = 1, ..., 5 j = 1, ..., 7)

(mamy składowych $5+5 \times 7+4 \times 7+4=72$).

Do wykonania oceny są tworzone oprócz systemu podstawowego budynku dwa systemy towarzyszące. Systemy towarzyszące są tworzone z obliczeń takich samych jak system podstawowy, jedynie tylko jest brany pod uwagę inny poziom parametrów budynku, poziom standardowy parametrów (R) i poziom rynkowy (S). W ten sposób otrzymano dwa dalsze systemy energetyczne a i b.

a) System zużycia energii budynków wzorcowych:

$$\begin{aligned} & REP_i, REP_{ij}, \Sigma REP_j, RDEP_j, RPEP_j, REEP_j, \\ & REP, RDEP, RPEP, REEP \quad (i = 1, \dots, 5 \quad j = 1, \dots, 7) \end{aligned} \quad (8)$$

gdzie składowe zapotrzebowania ciepła są wyznaczone przyjmując wzorcowy poziom parametrów budynku Liczba składowych ogólnego systemu energetycznego budynku wzorcowego jest taka sama jak budynku ocenianego i wynosi 72.

W populacji po standaryzacji, zachodzi nierówność:

$$EP_i \leq REP_i \quad i = 1, \dots, 5$$

b) System zużycia energii populacji budynków występujących na rynku:

$$\begin{aligned} & SEP_i, SEP_{ij}, \Sigma SEP_j, SDEP_j, SPEP_j, SEEP_j, \\ & SEP, SDEP, SPEP, SEEP \quad (i = 1, \dots, 5 \quad j = 1, \dots, 7) \end{aligned} \quad (9)$$

gdzie zamiast parametrów fizycznych standardowych obierano parametry fizyczne z uśrednienia danych budynków istniejących na rynku.

W normie składowe drugiego systemu oznaczono przez R_r – regulation reference

Składniki trzeciego systemu oznaczono przez R_s – (Stock reference).

W klasyfikacji sprawności energetycznej budynku występują stosunki wielkości [1], [3]:

$$C_r = \frac{PEP}{R_r} \quad C_s = \frac{PEP}{R_s} \quad (10)$$

W niniejszym artykule jest prezentowana metoda wyznaczania wartości współczynników sprawności przez zastosowanie opisu parametrycznego funkcji zużycia energii w budynku. W podejściu tym przyjmujemy, że każda składowa EP_s $s=1, \dots, 72$ systemu energetycznego jest funkcją parametrów stałych c_i , $i=1, \dots, m$ i parametrów zmiennych $z_j=1, \dots, n$. w postaci:

$$EP_s = f_s(c_{is}, z_{js})$$

Parametry stałe c_{is} , $i=1, \dots, m$ są takie same w budynku ocenianym i wzorcowym. Są one ustalane na podstawie projektu lub dokumentacji technicznej budynku. Do parametrów stałych należą: kubatura, współczynnik zwartości bezwymiarowy, stopień oszklenia, liczba ludzi w budynku. Według parametrów stałych wyróżniamy klasy budynków. Natomiast parametry zmienne występują na różnych poziomach; dla budynku wzorcowego są przyjmowane w odniesieniu do istniejących norm $z_{js} = z_{js}^w$, dla budynku ocenianego są przyjmowane na podstawie danych parametrów budynku ocenianego $z_{js} = z_{js}^b$.

Budynki wzorcowe powinny być wynikiem propozycji normowych Opracowanie charakterystyki budynku ocenianego polega na obliczeniu wartości składników systemu źródeł i zużycia energii dla parametrów stałych i zidentyfikowanych parametrów zmiennych budynku. W prezentowanej metodzie mając wartości zużycia energii w budynku wzorcowym zużycie energii w budynku ocenianym wyznaczono z przyrostów parametrów sprawczych budynku ocenianego w stosunku do budynku wzorcowego oraz gradientów funkcji parametrycznych zużycia energii, według zależności:

$$EP_s(c_{si}^b, z_j) = EP_s^r(c_{si}^r, z_j) + \Delta EP_s, \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n. \quad (11)$$

gdzie

$$\Delta EP_s = \sum_{j=1}^n \frac{\partial EP_s}{\partial z_j} \Big|_{z=z^r} \cdot \Delta z_j, \quad \Delta z_j = z_j^b - z_j^r. \quad (12)$$

Podobnie wskaźnik sprawności energetycznej budynku ocenianego możemy wyznaczyć na podstawie przyrostów jego parametrów sprawczych w stosunku do budynku wzorcowego oraz gradientu funkcji korelacji, według zależności:

$$C_s = \frac{EP_s(c_{si}^b, z_j)}{EP_s^r(c_{si}^r, z_j)} = 1 + \frac{\Delta EP_s}{EP_s^r(c_{si}^r, z_j)} = 1 + \frac{grad EP_s \cdot \Delta z}{EP_s^r(c_{si}^r, z_j)}, \quad (13)$$

gdzie

$$\Delta z \Rightarrow \Delta z_j = z_j^b - z_j^r. \quad j = 1, \dots, m,$$

Tutaj EP_s , C_s dotyczą pojedynczego elementu „s” systemu zużycia i nośników energii w budynku. Wykonanie charakterystyki polega na określeniu tych wartości dla wszystkich elementów systemu.

2. PRZYKŁAD MODEL BUDYNKU REFERENCYJNEGO

2.1. Pojęcia dotyczące budynku referencyjnego

Modelem budynku referencyjnego będziemy nazywać zbiór wszystkich danych i związków pomiędzy nimi, które pozwolą na wyznaczenie składowych charakterystyki zużycia i nośników energii w budynku. Model budynku referencyjnego jest utożsamiany w dwóch układach podstawowych pojęć dotyczących ocenianego budynku:

- danych geometrycznych i fizycznych z dokumentacji,
- korelacji przyjmowane na podstawie teorii lub programów, pomiędzy parametrami obliczeniowymi modelu i wartościami zużycia energii w budynku.

2.2. Dane geometryczne i fizyczne z dokumentacji

Dokumentacja techniczna jest źródłem danych modelu budynku referencyjnego. Na rysunkach i w opisie technicznym powinny się znaleźć takie dane jak wymiary ścian i okien w budynku, przekroje przegród zewnętrznych budynku, rodzaje powierzchni użytkowych i pro-

gram zachowania się użytkowników w okresie ogrzewania i klimatyzacji.

W tej publikacji zamieszczono jedynie najważniejsze szczegóły opisu technicznego budynku.

Opis techniczno - użytkowych cech budynku

Budynek mieszkalny jednorodzinny wykonany w technologii tradycyjnej. W budynku występują dwie kondygnacje: parter i poddasze.

Dane ogólne o budynku.

Powierzchnie [m²]: użytkowa: 109, ogólna: 125,3, boczna: 343,75, całkowita okien 15,76,

całkowita przegród zewnętrznych 343,75, z pominięciem okien 327. Kubatura : 382,18 m³

Technologia tradycyjna, bloczki silikatowe. Koszt realizacji : 180 000 zł.

Ściany zewnętrzne wykonane z pustaków silikatowych E 18S 33,3x18x19,8 murowanych na zaprawie cementowo-wapiennej. Od zewnątrz ocieplone styropianem grubości 12 cm i wykończone cienkowarstwowym tynkiem.

mineralnym, od wewnątrz tynkiem cementowo – wapiennym. Strop nad parterem gęstożebrowy z płytą żelbetową

2.3. Zestawienie parametrów stałych i zmiennych do obliczeń sprawności energetycznej budynku

Tabela 1. Stałe modelu budynku referencyjnego i ocenianego.
Table 1. Constant of standard and rating building

Nazwa parametru	Wartość parametru
Powierzchnia użytkowa [m ²]	A _u =109
Powierzchnia ogólna [m ²]	A _o =125,3
Powierzchnia boczna przegród zew. [m ²]	A _b =343,7
Kubatura [m ³]	V =382,18
Powierzchnia okien budynku, [m ²]	A _{oo} =15,76
Powierzchnia ścian bez okien, [m ²]	A _m = 327
Procent oszklenia ścian,	r = 0,046
Liczba mieszkańców.	N =4
Stopniodni różnicy temperatur powietrza wew. i zewn. w sezonie grzewczym [K·dzień],	S(D)=4000
Suma promieniowania słoń. na 1 m ² powierzchni okna w sezonie ogrzewania [kWh/m ²].	Sum(I)=242,7
Współczynnik przepuszczalności okien,	P _p = 0,7
Zacienienie okien w okresie ogrzewania,	w _z =0,6
Stopniodni różnicy temperatur powietrza wew. i zewn. w sezonie klimatyzacji [K·dzień],	S ₁ (D)=400
Suma promieniowania słonecznego na 1 m ² budynku w sezonie klimatyzacji [kWh/m ²].	Sum ₁ (I)=150
ciepło właściwe powietrza [kJ/(kg K)],	C _p =1,02
gęstość powietrza. [kg/m ³]	ρ = 1,2
ciepło właściwe wody [kJ/(kg K)],	C _w = 4,183
gęstość wody. [kg/m ³]	ρ = 998
Współczynnik konwersji energii elektrycznej	2,5
Współczynnik konwersji energii biomasy	0,5
Współczynnik konwersji innych energii	1

W prezentacji metody posługujemy się prostymi wzorami korelacyjnymi, w których wielkości U_o, U_m – współczynniki przenikania okna i muru [W/(m²·K)], Sum(I) – suma promieniowania słonecznego na 1 m² budynku [kWh/m²] i r – procent oszklenia ścian są uśrednione po całkowitej powierzchni budynku. Do wykonania obliczeń według wzorów (1-3) musimy przygotować dane z których jest tworzony model budynku referencyjnego. Ponieważ wzory korelacyjne zawierają wartości uśrednione dokonamy niezbędnych uśrednień w wyniku których otrzymano: stosunek powierzchni oszklenia do całkowitej powierzchni przegród zewnętrznych: r = 0,046 · uśrednioną wartość współczynnika przenikania ścian: U_m = 0,26 [W/(m²·K)], uśrednioną wartość promieniowania całkowitego: Sum(I) = 242,7 [kWh/m²].

W celu wykonania obliczeń w tabelach (1 i 2) zestawiono w tablicy 1 wszystkie stałe i w tablicy 2 zmienne parametry budynku wzorcowego i ocenianego

Tabela 2. Zmienne modelu budynku wzorcowego i ocenianego.
Table 2. Variables of standard and rating building

Nazwa parametru	Wartość parametru wzorco.	Wartość parametru ocenian.
Współczynniki przenikania okna [W/(m ² ·K)], Współczynnik przenikania muru [W/(m ² ·K)], Współczynnik wykorzystania zysków ciepłych w budynku. Współczynnik przepuszczalności okien w okresie klimatyzacji, Współczynnik zacienienia okien w sezonie klimatyzacji,	U _o ^r = 1,5, U _m ^r = 0,3 η _{wzys} ^r = 0,8 P _{pk} = 0,7 w _{zk} = 0,3	U _o ^b = 1,1, U _m ^b = 0,26 η _{wzys} ^b = 0,9 P _{pk} = 0,7 w _{zk} = 0,6
Sprawność instalacji źródła ciepła ogrzewania i klimatyzacji Sprawność przewodów instalacji i klimatyzacji: Sprawności źródła ciepła do przyg. cwu. sprawność układu przewodów do przesyłki ciepłej wody użytkowej. współczynnik korekcji temperatury wody w podgrzewaczu różnej od 60 °C. sprawności zainstalowanych punktów świetlnych (żarówek).	η _z ^r = 0,82 η _p ^r = 0,92 η _{zw} ^r = 0,72 η _{pw} ^r = 0,85 k ₁ ^r = 1 η _{os} ^r = 0,4	η _z ^b = 0,80 η _p ^b = 0,90 η _{zw} ^b = 0,70 η _{pw} ^b = 0,95 k ₁ ^b = 1,4 η _{os} ^b = 0,1

2.4. Składowe systemu źródeł i zużycia energii w budynku w budynku wzorcowym

Rozpoczęcie obliczeń potrzebnych do wykonania analiz, poprzedzamy ustaleniem struktury elementów charakterystyki energetycznej ocenianego budynku. Struktura ta

powstaje w wyniku łączenia elementów modelu ogólnego zużycia energii [3].

Tabela 3. Struktura systemu zużycia i nośników energii w budynku.
Table 3. Structure of system of energy uses for asset rating

Nośnik energii		Biomasa	Elektryczność	Suma
Cel zużycia		1	2	3
Ogrzewanie, wentyl, klimat.	1	EP _{owk}		EP _{owk}
Cwu.	2	EP _{cw}		EP _{cw}
Oświetlenie	3		EP _{os}	EP _{os}
Suma	4	EP _{owk} + EP _{cw}	EP _{os}	EP
Współczynnik sprawności		η _b	η _e	H(D)
Energia dostarczona	5	DEP _b	DEP _e	DEP
Współczynnik wagi		w _b	w _e	W(P)
Energia pierwotna	6	PEP _b	PEP _e	PEP

System przedstawiony powyżej w tabeli 3 zawiera 6x3 = 21 składowych.. Struktura charakterystyki ocenianego budynku zawiera mniejszą liczbę elementów od struktury modelu ogólnego systemu zużycia energii w budynku. Jest ona dostosowana do typu i liczby składowych systemu zużycia energii. Oceniany budynek jest jednorodnym ogrzewanym z dwóch nośników, co wzięto pod uwagę przy ustalaniu jego struktury charakterystyki energetycznej budynku.

Tabela 4. Wyniki obliczenia wartości wzorcowych REP systemu energetycznego budynku:

Table 4. Result of calculation standard value of energy performance buildig REP

Nośnik energii	Biomasa	Elektryczność	Suma
Cel użycia			
Ogrzewanie, wentylacja, Klimatyzacja.	14210 [kWh].		14210
Cwu.	2964		2964
Oświetlenie		216	216
Suma	17174	216	17390
Współczynnik sprawności	0,7249	0,40	0,71767
Energia dostarczona	23690	540	24230
Współczynnik wagi	0,5	2,5	0,5446
Energia pierwotna	11845	1350	13195

Będziemy zakładać, że wartości składowych systemu źródeł i zużycia energii w budynku w budynku wzorcowym są wyznaczone dowolną metodą: z katalogu, programem komputerowym, arkuszem kalkulacyjnym lub na podstawie wzorów korelacyjnych. Wyniki dla danego przykładu obliczone arkuszem kalkulacyjnym zestawiono w tabeli 4. Wartości składowych systemu źródeł i zużycia energii w budynku ocenianym wyznaczono metodą przyrostową ze wzorów (11-13). Pochodne występujące we wzorach (11-13) obliczamy z korelacji pomiędzy parametrami zmiennymi (parametry sprawcze energooszczędności) i wartościami zużycia energii budynku.

2.5. Korelację pomiędzy parametrami obliczeniowymi modelu i wartościami zużycia energii budynku.

Obliczenia pochodnych składowych systemu zużycia energii względem parametrów zmiennych wykonano przyjmując korelację pomiędzy wartościami uśrednionymi w stosunku do powierzchni całkowitej zewnętrznej obudowy budynku a wartościami składników zużytej energii w sezonie grzewczym. W obliczeniach wyróżniono pięć grup korelacji. Każda korelacji odpowiada jednej z wyróżnionych rodzajów zużycia energii w budynku.

2.5.1. Wartość strat i zysków energii cieplnej przez obudowę budynku:

$$S = A[(U_0 r + U_m(1-r)) \frac{S(D) \cdot 24}{1000}] [kWh]. \quad (14)$$

$$Z_s = A \cdot r \cdot P_p w_z Sum(I) [kWh]$$

$$Z_b = 5,3 \cdot (80 \cdot N + 275 \cdot L_m) [kWh],$$

$$EP_1 = S - \eta_{wzys} \cdot (Z_s + Z_w).$$

gdzie

Z_s – zyski cieplne z promieniowania słonecznego,
Z_b – zyski bytowe ciepła, pochodzącego od ludzi i urządzeń towarzyszących,
S – straty ciepła przez obudowę budynku,
EP₁ – wartość zbilansowana strat ciepła przez obudowę budynku.

Oznaczenia parametrów stałych i zmiennych są takie same jak w tablicach (1 i 2):

Poniżej wyznaczono wartości składowych systemu źródeł i zużycia energii w budynku ocenianym. Obliczenia wykonano metodą przyrostową przy użyciu wzorów (11-13) Ze wzorów korelacyjnych (14) obliczono pochodne względem zmiennych, których parametry doznały przyrostów. Są to: U_o, U_m, η_{wz}.

$$\frac{\partial EP_1}{\partial U_o} = A r \frac{S(D) \cdot 24}{1000} = 344 \cdot 0,046 \cdot 96 = 1518 [m^2 \cdot K \cdot h] \quad (15)$$

$$\frac{\partial EP_1}{\partial U_m} = A(1-r) \frac{S(D) \cdot 24}{1000} = 344 \cdot 0,954 \cdot 96 = 31482 [m^2 \cdot K \cdot h] \quad (16)$$

$$\frac{\partial EP_1}{\partial \eta_{wz}} = -(Z_s + Z_w) = 1613 + 3153 = 4766 [kWh] \quad (17)$$

2.5.2. Straty sezonowe ciepła na podgrzewanie powietrza wentylacyjnego:

$$EP_2 = 0,34 \cdot \phi \cdot \frac{S(d) \cdot 24}{1000} [kWh/r]. \quad (18)$$

$$\phi = \frac{36 \cdot n \cdot V}{100}$$

Ψ – strumień powietrza [m^3/h], 0,34 – współczynnik liczbowy [J/m^2K]. Pozostałe oznaczenia są takie same jak w tablicy (1) i (2):

W przykładzie założono, że strumień powietrza wentylacyjnego w budynku wzorcowym i w budynku ocenianym jest taki sam, parametry energooszczędności nie doznają przyrostów.

2.5.3. Zapotrzebowanie na energię klimatyzacji:

$$EP_3 = A[(U_o r + U_m (1-r)) \frac{S_1(D) \cdot 24}{1000} + r P_{pk} w_{zk} Sum_1(I)]. [kWh]. \quad (19)$$

Stwierdzono w budynku ocenianym wzrost współczynnika zacinienia w_{zk} w stosunku do budynku wzorcowego o 0,3.

Pochodna EP_3 względem współczynnika zacinienia w_{wz} jest równa:

$$\frac{\partial EP_3}{\partial w_{zk}} = Ar P_{pk} \cdot Sum_1(I) = 344 \cdot 0,046 \cdot 0,7 \cdot 150 = 1660 [kWh/m^2] \quad (20)$$

Całkowity przyrost zapotrzebowanie na ogrzewanie, wentylację i klimatyzację wynosi:

$$\Delta EP = \frac{\partial EP}{\partial U_o} \Delta U_o + \frac{\partial EP}{\partial U_m} \Delta U_m + \frac{\partial EP}{\partial \eta_{wz}} \Delta \eta_{wz} + \frac{\partial EP}{\partial \eta_{zk}} \Delta \eta_{zk}. \quad (21)$$

Podstawiając do powyższego wzoru wartości pochodnych i przyrostów otrzymano:

$$\Delta EP = -1518 \cdot 0,4 - 31482 \cdot 0,04 - 4766 \cdot 0,1 - 0,3 \cdot 1660 = -2801 [kWh]$$

Zapotrzebowanie ciepła na ogrzewanie, wentylację i klimatyzację w budynku ocenianym:

$$EP_3(c_{si}^b, z_j) = EP_3^r(c_{si}^r, z_j) + \Delta EP = 14210 - 2801 = 11409 [kWh] \quad (22)$$

2.5.4. Całkowite zapotrzebowanie na energię [kWh]/r do przygotowania cwu. danym budynku jako:

$$EP_4 = E_{jw} \cdot q_{djed} \cdot N \frac{365}{1000} [kWh/r]. \quad (23)$$

$$E_{jw} = \frac{c_w \rho (t_c - t_z)}{3,6} [kWh/m^3]$$

E_{jw} – energia potrzebna do przygotowania $1m^3$ ciepłej wody. Tu 58 [kWh/ m^3].

2.5.5. Zapotrzebowanie na energię oświetlenia wyznaczono ze wzoru:

$$EP_{os} = \frac{q \cdot L_k \cdot N}{\eta_{os}} \cdot \frac{360}{1000}, [kWh] \quad (24)$$

2.6. Wartość energii cieplnej dostarczonej do budynku:

$$DEP_i = \frac{1}{\eta_i} \sum EP_i. \quad (25)$$

gdzie i oznacza rodzaj użytej energii:

2.6.1. Wartość dostarczona energii na ogrzewanie, wentylację i klimatyzację jest równa:

$$DEP_{owk} = \frac{EP_{owk}}{\eta_{owk}}, \quad \eta_{owk} = \eta_z^r \eta_p^r \quad (26)$$

Wypadkowa wartość wzorcowa sprawności instalacji ogrzewania wentylacji i klimatyzacji w budynku ocenianym jest równa:

$$\eta_{owk}^b = 0,80 \cdot 0,90 = 0,72$$

Wprowadzamy nową zmienną: $\xi_{owk} = \frac{1}{\eta_{owk}}$,

W przykładzie jest:

$$\xi_{owk}^r = \frac{1}{\eta_{owk}^r} = 1,326, \quad \xi_{owk}^b = \frac{1}{\eta_{owk}^b} = 1,389 \quad (27)$$

$$\Delta \xi_{owk} = 0,063$$

Przyrost energii dostarczonej pomiędzy budynkiem wzorcowym i ocenianym. Wielkość energii zapotrzebowania jest inna w budynku wzorcowym i ocenianym. Stąd jest:

$$\Delta RDEP_{owk} = RDEP^r - DEP^b = \xi_{owk}^r REP - \xi_{owk}^b EP = \quad (28)$$

$$= \xi_{owk}^r REP - \xi_{owk}^b (REP - \Delta REP) =$$

$$= \Delta \xi_{owk} \cdot REP + \xi_{owk}^b \Delta REP$$

$$REP_{owk} \cdot \Delta \xi_{owk} = 14210 \cdot 0,063 = 895 \quad (29)$$

$$\Delta RDEP_{owk} = 895 + 1,389 \cdot 2801 = 895 - 3891 = -2996$$

$$RDEP_{owk}^b = RDEP_{owk}^r + \Delta RDEP_{owk} = 18846 - 2996 = 23632 = 15850$$

2.6.2. Wartość systemu dostarczenia ciepłej wody użytkowej obliczono według zależności:

$$DEP_{cwu} = \frac{EP_{cwu}}{\eta_{cwu}}, \quad \eta_{cwu} = \frac{1}{k_1} \eta_z \eta_p, \quad \psi_{cwu} = \frac{k_1}{\eta_p \eta_z} \quad (30)$$

Wartość te obliczono metodą przyrostową:

$$\Delta DEP_{cwu}^r = \frac{\partial DEP_{cwu}^r}{\partial \psi_{cwu}} \cdot \Delta \psi_{cwu} \quad (31)$$

$$\Delta \psi_{cwu} = \psi_{cwu}^b - \psi_{cwu}^r = \frac{k_1^b}{\eta_z^b \eta_p^b} - \frac{k_1^r}{\eta_z^r \eta_p^r} =$$

$$= \frac{1,4}{0,7 \cdot 0,95} - \frac{1,0}{0,72 \cdot 0,85} = 0,48$$

$$\Delta DEP_{cwu}^r = 0,48 \cdot 2964 = 1422$$

Energia dostarczona na ogrzewanie cwu. wyznaczona metodą przyrostową :

$$DEP_{cwu}^b = DEP_{cwu}^r + \Delta DEP_{cwu}^r = 4843 + 1422 = 6265 kWh \quad (32)$$

Sumaryczna energia dostarczona na ogrzewanie budynku i cwu w budynku ocenianym.

Suma DEP_{owk} i DEP_{cwu} jest równa:

$$DEP_{ocwu}^b = DEP_{owk}^b + DEP_{cwu}^b = 15850 + 6265 = 22115 [kWh]$$

2.6.3. Wartość energii dostarczonej na oświetlenie jest równa:

$$DEP_{os} = RDEP_{os} + \Delta DEP_{os}^r \quad (33)$$

$$\Delta DEP_{os}^r = \frac{\partial DEP_{os}^r}{\partial \psi_{os}} \cdot \Delta \psi_{os} \quad (34)$$

$$\Delta \psi_{os} = \psi_{osu}^b - \psi_{os}^r = \frac{1}{0,1} - \frac{1}{0,4} = 10 - 2,5 = 7,5$$

$$\Delta DEP_{os}^r = 7,5 \cdot 216 = 1620$$

$$DEP_{os} = RDEP_{os} + \Delta DEP_{os}^r = 540 + 1620 = 2160 [kWh] \quad (35)$$

2.7. Energie pierwotna w budynku ocenianym:

Energie pierwotną obliczono z zależności:

$$RPEP = wRDEP \quad (36)$$

gdzie w - współczynnik konwersji danego nośnika energii. System jest zasilany z dwóch nośników energii. Nośnikom tym przyporządkowane wagi według tablicy 1.

2.8. Zestawienie wyników charakterystyki energetycznej budynku

2.8.1. Wyniki obliczeń sprawności systemu energetycznego budynku

Wartości sprawności systemu zużycia energii w budynku ocenianym pokazano w tablicy 5:

Tabela 5. Wyniki obliczenia wartości zużycia energii w ocenianym budynku EP:

Nośnik energii	Biomasa	Elektryczność	Suma
Cel użycia			
Ogrzewanie, wentylacja, Klimatyzacja.	11409 [kWh].		11409
Cwu.	2964		2964
Oświetlenie		216	216
Suma	14373	216	14589
Współczynnik sprawności	0,6509	0,10	0,618
Energia dostarczona	22115	2160	24275
Współczynnik wagi	0,5	2,5	0,678
Energia pierwotna	11058	5400	16450

2.8.2. Wskaźniki sprawności energetycznej budynku ocenianego C

Wskaźnik klasyfikacji energetycznej określono według zależności (10). Stosując wzór (10) dla wszystkich składników obranej struktury systemu energetycznego otrzymano ocenę wielokryterialną zużycia energii w budynku. Praktycznie wartości z tablicy 5 dzielimy przez wartości z tablicy 4. Wyniki zestawiono w tablicy 6.

Tabela 6. Wartości wskaźnika sprawności składników zużycia energii w budynku

Table 6. Value of the classification indicator C energy use in building

Nośnik energii	Biomasa	Elektryczność	Suma
Cel użycia			
Ogrzewanie, wentylacja, Klimatyzacja.	0,8039		0,8039
Cwu.	1		1
Oświetlenie		1	1
Suma	0,8378	1	0,8398
Współczynnik sprawności			
Energia dostarczona	0,9331	4	1,001
Współczynnik wagi			
Energia pierwotna	0,9331	4	1,2469

3. WNIOSKI.

1. Metoda zakłada, że wartości systemu energetycznego budynku są znane dla budynku wzorcowego.

2. Prostota metody polega na tym, że przyrosty obliczane są tylko dla parametrów, których zmianę stwierdzono w stosunku do budynku wzorcowego.

INCREMENTAL METHOD DETERMINATION OF BUILDING ENERGY PERFORMANCE

Summary: Incremental method determination value system of energy use was presented. It is assumed that every component of energy system is function of constant and changeable variable parameters. Constant parameters provide distinguishing building class. Changeable parameters make provision for quality of energy saving. The method assumed that value performance energy of building standard is known. Incremental value of systems component in asset rating building are calculated as scalar product gradient correlation function and increment vector of parameters.

Literatura

- [1]. PrPN-prEN 15 203, *Energy performance of buildings - Assessment of energy use and definition of ratings. Energetyczne właściwości użytkowe budynków - Ocena zużycia energii i definicja wartości znamionowej.*
- [2]. PrPN-prEN 15 217, *Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and energy certification of buildings. Energetyczne właściwości użytkowe budynków - Metody wyrażenia właściwości użytkowych i certyfikacji energetycznej budynków.*
- [3]. Owczarek S. *Metodologia charakterystyki energetycznej budynków (cz.1)*, Wiadomości Projektanta Budownictwa, s.17-20, 3(194), 2007, Warszawa
- [4]. Owczarek S. *Metodologia charakterystyki energetycznej budynków (cz.2)*, Wiadomości Projektanta Budownictwa, s.17-20, 4(195), 2007, Warszawa