UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI • ZESZYTY NAUKOWE NR 166

Nr 46 **INŻYNIERIA ŚRODOWISKA** **2017**

Krzysztof Pawłowski[*], Magdalena Nakielska[*], Dariusz Buchaniec[**]

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE WARTOŚĆ ZAPOTRZEBOWANIA NA NIEODNAWIALNĄ ENERGIĘ PIERWOTNĄ EP DLA BUDYNKÓW O NISKIM ZUŻYCIU ENERGII

S t r e s z c z e n i e

W celu osiągnięcia standardu "budynku o niskim zużyciu energii" należy opracować charakterystykę energetyczną budynku dążąc do minimalnej wartości wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP. Analiza budynku w zakresie oszczędności energii dotyczy parametrów cieplnych przegród zewnętrznych, sprawności instalacji centralnego ogrzewania, instalacji wentylacji i przygotowania c.w.u. oraz zastosowania odnawialnych źródeł energii. W pracy przedstawiono analizę wybranych czynników kształtujących wskaźnik EP budynków istniejących i nowoprojektowanych oraz sformułowano wnioski praktyczne.

Słowa kluczowe: nieodnawialna energia pierwotna EP, budynek niskoenergetyczny

WPROWADZENIE

Wg Krajowego planu wsparcia [1] „**budynek o niskim zużyciu energii**” to taki budynek, który spełnia wymogania związane z oszczędnością energii i izolacyjnością zawarte w przepisach techniczno-użytkowych, o których mowa w art. 7 ust. 1 pkt 1 ustawy – Prawo budowlane [2], tj. w szczególności dział X oraz załącznik 2 do rozporządzenia [3] obowiązujące od 1 stycznia 2021 roku (w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością – od 1 stycznia 2019 r.).

[*] Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy
[**] Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy

Aby ilość energii cieplnej potrzebnej do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie, przewidziano dwie procedury, pozwalające na spełnienie wymagań w nowo projektowanych budynkach:

- pierwsza polega na zaprojektowaniu budynku pod kątem zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną na jednostkę powierzchni pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza w budynku, lokalu mieszkalnym lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową – **EP** [kWh·m^{-2}·rok^{-1}],
- druga to zaprojektowanie przegród w budynku, aby wartości współczynników przenikania ciepła **U** [W·m^{-2}·K^{-1}] przegród zewnętrznych, okien, drzwi oraz technika instalacyjna odpowiadały wymaganiom izolacyjności cieplnej.

Charakterystyka energetyczna budynku, czyli określenie parametrów energetycznych budynku, stanowi jeden z dokumentów w procesie jego projektowania, wykonywania i eksploatacji. Metodologię obliczeń energetycznych dla budynku lub części budynku podano w rozporządzeniu [4], wykonując obliczenia:

- metodą opartą na standardowym sposobie użytkowania budynku lub części budynku (*metoda obliczeniowa*),
- metodą opartą na faktycznie zużytej ilości energii (*metoda zużyciowa*).

W dalszej części pracy przedstawiono wybrane aspekty w zakresie określania wielkości zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [kWh m^{2}·rok^{-1}].

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE WIELKOŚĆ ZAPOTRZEBOWANIA NA NIEODNAWIALNĄ ENERGIĘ PIERWOTNĄ EP

Określenie parametrów charakterystyki energetycznej budynku wg Obowiązującego rozporządzenia [4] pozwala na jego ocenę w zakresie obudowy, rozwiązań technicznych instalacji (grzewczych, przygotowania c.w.u., wentylacyjnych, ewentualnie chłodzenia lub oświetlenia wbudowanego), zastosowanego źródła energii (odnawialnego lub nieodnawialnego) z uwzględnieniem parametrów powietrza zewnętrznego (czyli lokalizacji budynku) oraz sposobu użytkowania. Do podstawowych etapów obliczeń w tym zakresie zalicza się:

- określenie rocznego zapotrzebowania na energię użytkową Q_u [kWh·rok^{-1}], które stanowi sumę: rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji $Q_{H,nd}$ (uwzględniając straty ciepła przez przenikanie i wentylację oraz zyski ciepła od promieniowania słonecznego i wewnętrzne zyski ciepła), rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody użytkowej $Q_{W,nd}$ i rocznego zapotrzebowania na energię użytkową do chłodzenia $Q_{C,nd}$,

- określenie rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczoną do budynku lub części budynku dla systemów technicznych Q_k [kWh·rok^{-1}], które jest sumą: rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu grzewczego $Q_{k,H}$, rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu przygotowania c.w.u. $Q_{k,W}$, rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu chłodzenia $Q_{k,C}$, rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczoną do budynku dla wbudowanej instalacji oświetlenia $Q_{k,L}$, rocznego zapotrzebowania na energię pomocniczą końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemów technicznych $E_{el,pom.}$; uwzględniając sprawności systemów instalacji c.o., c.w.u. i chłodzenia,
- określenie rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów technicznych Q_P [kWh·rok^{-1}]; uwzględniając wskaźnik nakładu na nieodnawialną energię pierwotną – w_i,
- określenie wskaźników rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną EP, końcową EK, użytkową EU [kWh·m^{-2}·rok^{-1}],
- w odniesieniu do pola powierzchni o regulowanej temperaturze (ogrzewanej) budynku,
- określenie jednostkowej wielkości emisji CO_2 - E_{CO2} [t_{CO2}·m^{-2}·rok^{-1}],
- określenie udziału odnawialnych źródeł energii U_{OZE} [%].

W związku z powyższym należy podkreślić, że wiele czynników kształtuję wielkość wskaźnika rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [kWh·m^{-2}·rok^{-1}] wynikających m.in. z zagadnień dotyczących ochrony cieplnej budynków, instalacji budowlanych oraz zastosowania systemów usprawniających eksploatację budynku.

ANALIZA WYBRANYCH CZYNNIKÓW KSZTAŁTUJĄCYCH WARTOŚĆ WSKAŹNIKA EP WG ROZPORZĄDZENIA [4]

Na podstawie przeprowadzonych analiz treści w rozporządzeniu [4] dotyczących określenia wskaźników charakterystyki energetycznej budynku należy podkreślić następujące niejasności i wątpliwości, niezgodne z wcześniej obowiązującymi przepisami prawnymi:

- niejasno określono sposób przyjmowania powierzchni pomieszczeń o regulowanej temperaturze A_f.
- określanie strat ciepła przez przenikanie wg PN-EN 12831:2006 [5] powoduje, że niektóre wartości charakterystyki energetycznej są niemiarodajne. Wynika to z przyjmowania wielu parametrów wpływających na straty ciepła w sposób orientacyjny i przybliżony, np. wg PN-EN ISO 14683:2008 [6].

- przyjmowanie zaniżonych lub zawyżonych wskaźników zużycia ciepłej wody użytkowej. W procedurze określania rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu przygotowania c.w.u. $Q_{k,W}$ [kWh·rok^{-1}] (pkt 4.1.3., załącznik 1 do rozporządzenia [4]) uwzględniono pole powierzchni o regulowanej temperaturze $A_{f,}$ co powoduje, że budynki lub pomieszczenia o małej powierzchni będą charakteryzowały się niskim zużyciem c.w.u., natomiast te o dużej powierzchni – nadmiernym.
- przyjmowanie zaniżonych, tzn. znacznie poniżej minimalnych dopuszczalnych przepisami prawnymi i normami przedmiotowymi wymagań higienicznych, wartości wymiany powietrza w pomieszczeniach. W związku z tym wielkość strat ciepła wynikających z wentylacji bywa często zaniżona.

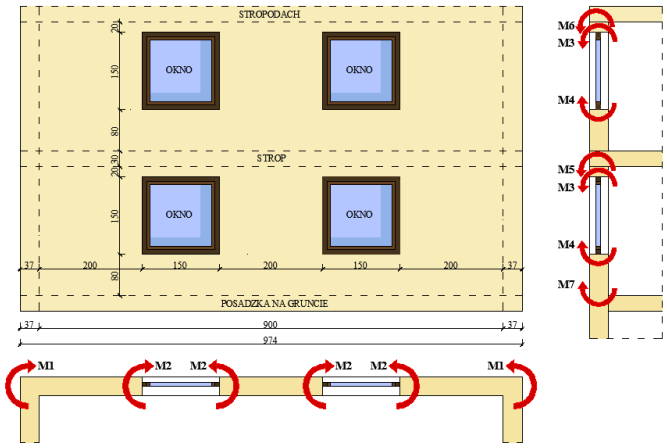
W myśl obowiązujących przepisów prawnych i norm przedmiotowych całkowite straty ciepła przez przenikanie dla strefy ogrzewanej określa się uwzględniając:

- współczynnik strat ciepła przez przenikani ze strefy ogrzewanej (i) bezpośrednio do środowiska zewnętrznego (e) - $H_{tr,ie}$ [W·K^{-1}],
- współczynnik strat ciepła przez przenikanie ze strefy ogrzewanej (i) przez przyległe przestrzenie nieogrzewane w budynku lub przyległym budynku (u) do otoczenia (e) - $H_{tr,iue}$ [W·K^{-1}],
- współczynnik strat ciepła przez przenikanie ze strefy ogrzewanej (i) do przyległej strefy ogrzewanej w budynku lub przyległego budynku (j) - $H_{tr,ij}$ [W·K^{-1}],
- współczynnik strat ciepła przez przenikanie ze strefy ogrzewanej (i) do gruntu (g) - $H_{tr,ig}$ [W·K^{-1}].

Wartości ww. współczynników, zgodnie z rozporządzeniem [4], należy określać w oparciu o PN-EN 12831:2006 [5]. Budzi to jednak wiele wątpliwości i niejasności na poziomie przyjmowania współczynników korekcyjnych oraz uproszczeń w normowych procedurach obliczeniowych.

Do obliczeń własnych start ciepła przez przenikanie wytypowano jedną z elewacji budynku jednorodzinnego (rysunek 1), przyjmując następujące założenia:

- obliczenia przeprowadzono zgodnie z procedurą prezentowaną w rozdziale 7.1.1 normy PN-EN 12831:2006 [5], zgodnie z wytycznymi w [4],
- ściana zewnętrzna dwuwarstwowa: bloczek z betonu komórkowego gr. 24 cm o λ=0,21 W·m^{-1}·K^{-1}, styropian gr. 10 cm o λ =0,04 W·m^{-1}·K^{-1}, obustronnie otynkowana, o współczynniku przenikania ciepła U_c = 0,26 W·m^{-2}·K^{-1},
- okno o współczynniku przenikania ciepła U_w = 1,10 W·m^{-2}·K^{-1},
- wartości linowych współczynników przenikania ciepła Ψ_i przyjęto na podstawie: PN-EN ISO 14683:2008 [6] – wariant I, katalogu mostków cieplnych (załącznik do [7]) – wariant II, wg wymiarów wewnętrznych,
- wartości współczynników korekcyjnych przyjęto $\mathbf{e_k}$ = 1 i $\mathbf{e_l}$ = 1, zgodnie z punktem D.4.1. PN-EN 12831:2006 [5].



Rys. 1. Geometria ściany zewnętrznej i identyfikacja liniowych mostków cieplnych – opracowanie własne [8]

Fig. 1. Geometry of external wall and identification of heat bridges – own work [8]

Tab. 2. Procedura obliczania współczynnika strat ciepła przez przenikanie $H_{T,ie}$

Table 2. Procedure for calculation of the heat loss factor through permeation $H_{T,ie}$

Kolejność postępowania przy określaniu strat ciepła wg PN-EN 12831:2006 [5] $\mathbf{H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i}$ [W·K^{-1}]		Parametry obliczeniowe	
		wariant I	wariant II
Obliczenie współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych $\mathbf{U_k}$ [W·m^{-2}·K^{-1}]	ściana	**0,26**	
	okno	**1,10**	
Obliczenie pola powierzchni przegrody otaczającej przestrzeń ogrzewaną,; $\mathbf{A_k}$ [m^2]	ściana	9,00·5,0 – (4·1,5·1,50) = 40,50	
	okno	4·1,5·1,5 = 9,00	
Określenie wartości współczynników korekcyjnych	e_k	1,00	
	e_1	1,00	
Obliczenie strat ciepła przez pełne przegrody zewnętrzne: $\mathbf{A_k \cdot U_k}$ [W·K^{-1}]	ściana	10,53	
	okno	9,90	
Obliczenie strat ciepła wynikających z występowania mostków cieplnych: $\mathbf{\Sigma \Psi_I \cdot l_I}$ [W·K^{-1}]		9,75	3,70
Obliczenie współczynnika strat ciepła przez przenikanie $\mathbf{H_{T,ie}}$ [W·K^{-1}]		**30,18**	**24,13**

Wg normy PN-EN 12831:2006 [5] wpływ liniowych mostków cieplnych do obliczeń strat ciepła można uwzględnić metodą uproszczoną, obliczając współczynnik przenikania ciepła z uwzględnieniem mostków cieplnych U_{kc} [W/m^{2}K]

wg wzoru $U_{kc} = U_k + \Delta U_{Tb}$. Wartości dodatku ΔU_{Tb} przyjmuje się wg punktu D.4.1 normy PN-EN 12831:2006 [5] w zależności od typu elementu budynku (poziomy czy pionowy) oraz występujących otworów okiennych i drzwiowych. Jednak taki sposób budzi wiele niejasności i wątpliwości, ponieważ przyjmowanie stałych (zryczałtowanych) współczynników ΔU_{Tb} nie prowadzi do uzyskania miarodajnych wyników obliczeń w zakresie strat ciepła. Na podstawie przeprowadzonych badań własnych opracowano w formie metod inżynierskich własne algorytmy obliczeniowe dotyczące uwzględniania wpływu mostków cieplnych [7].

Przy określeniu rocznego zapotrzebowania na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemu grzewczego $Q_{K,H}$ uwzględnia się sprawności wynikające z: regulacji i wykorzystania ciepła w przestrzeni ogrzewanej ($\eta_{H,e}$), przesyłu ciepła ze źródła ciepła do przestrzeni ogrzewanej ($\eta_{H,d}$), akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu ogrzewania ($\eta_{H,s}$), wytwarzania ciepła z nośnika energii lub energii dostarczanych do źródła ciepła ($\eta_{H,g}$). Instalacja grzewcza w budynku musi spełniać wymagania przepisów techniczno-budowlanych, a także powinna uwzględniać wiedzę techniczną z zakresu rozwiązań energooszczędnych. Projektowany system powinien być systemem wysokosprawnym. Należy zaplanować wysokosprawne źródła ciepła, dołożyć wszelkich starań w celu obniżenia strat na przesyle czynnika grzewczego oraz jeśli występuje zbiornik akumulacyjny, straty na akumulacji powinny być minimalne, a także optymalnie dobrać elementy odpowiedzialne za regulację i wykorzystanie ciepła. Maksymalne możliwe sprawności można uzyskać wg [9] m.in. poprzez: stosowanie kotłów kondensacyjnych, pomp ciepła o wysokim współczynniku efektywności (COP), odpowiednie prowadzenie przewodów rozprowadzających czynnik grzejny (zwarta instalacja) oraz ich właściwą izolację cieplną, odpowiednią izolację zbiorników buforowych oraz dobrane do specyfiki ich pracy i użytkowania sterowanie ładowaniem i rozładowaniem, niskotemperaturowe systemy grzejne płaszczyznowe, grzejnikowe lub mieszane, stosowanie wysokosprawnych pomp pomocniczych charakteryzujących się niskim poborem mocy (skutkujące małym zużyciem energii pomocniczej).

Wartość wskaźnika rocznego zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną (EP) określa efektywność całkowitą budynku. Dotyczy energii zawartej w źródłach, w tym paliwach i nośnikach, niezbędnej do pokrycia zapotrzebowania na energię końcową, z uwzględnieniem dodatkowych nakładów na dostarczenie tej energii do granicy budynku. Wartość współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii dla systemów technicznych w_i przyjmuje się na podstawie danych udostępnionych przez dostawcę tego nośnika energii lub energii. Uzyskanie niskich wartości wskazuje na nieznaczne zapotrzebowanie i tym samym wysoką efektywność

energetyczną budynku. Na stronach internetowych niektórzy dostawcy ciepła zamieszczają wartości wskaźnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej, i tak przykładowo:

- wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w roku 2016 dla sieci ciepłowniczej w warszawskim systemie ciepłowniczym Veolia Energia Warszawa S.A. zasilanym z elektrociepłowni Żerań i Siekierki, ciepłowni Kawęczyn i Wola oraz z Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów ''Gwarków'' OUZ-2 , bez względu na ilość i rodzaj źródeł ciepła oraz technologii wykorzystywanych do wytwarzania i dostarczania ciepła do odbiorcy końcowego wynosi $W_{Pc} = 0{,}69$ [10],
- Gdańskie Przedsiębiorstwo Energetyki Cieplnej sp. z o.o. podaje, iż wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej w roku 2015 dla miejskiej sieci ciepłowniczej wynosi $W_{Pc} = 0{,}658$ [11],
- wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla sieci ciepłowniczej Bielska-Białej za rok 2016: $W_{Pc} = 0{,}71$ [12].

W przypadku braku takich danych przyjmuje się wartości współczynnika $\mathbf{w_i}$ określone w rozporządzeniu [4].

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Miarodajne określenie wartości zapotrzebowawania na nieodnawialną energię pierwotną EP wymaga kompleksowej znajomości wielu zagadnień technicznych oraz procedur obliczeniowych w tym zakresie. Dążenie do spełnienia wymagań dla osiągnięcia stnadardu dla „budynku o niskim zużyciu energii" w zakresie wskaźnika EP (np. dla budynku jednorodzinnego, poniżej 70 kwh/(m^2·rok)) wymaga: zaprojektowania przegród i złączy budowalnych zapewniających minimalne starty ciepła przez przenikanie ($U_c \leq U_{cmax}$), doboru odpowiednich elementów instalacji c.o., c.w.u., chłodzenia (ze szczególnym uwzględnieniem sprawności) oraz zastosowania odnawialnego źródła energii.

LITERATURA

1. Uchwała Rady Ministrów z dnia 22 czerwca 2015 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii".
2. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (DzU z 2013 r. poz. 1409, z późn.zm.).
3. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2013 r., poz. 926).

4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 2015 r., poz. 376).
5. PN-EN 12831:2006 Instalacje ogrzewcze w budynkach – Metoda obliczania obciążenia cieplnego.
6. PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
7. PAWŁOWSKI, K.; 2016. Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy, Grupa Wydawniczam Medium Warszawa; ss.208.
8. PAWŁOWSKI, K.; 2015. Analiza start ciepła przez wybrane przegrody budowlane w świetle nowych przepisów prawnych. Materiały budowlane, Nr 5, 91-92.
9. „Poradnik w zakresie poprawy charakterystyki energetycznej budynków" Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, Warszawa, 2016.
10. www.energiadlawarszawy.pl/cieplo-systemowe/dla-audytorow (2.08.2017).
11. www.gpec.pl/partnerzy-biznesowi/efektywnosc-energetyczna-gpec (2.08.2017).
12. www.therma.bielsko.pl/wskaznik-nakladu-wpc (data dostępu 2.08.2017).

FACTORS AFFECTING THE DEMAND VALUE FOR NON-RENEWABLE PRIMARY ENERGY EP IN LOW ENERGY BUILDINGS

A b s t r a c t

In order to achieve the standard of a low energy building it is needed to define the energy characteristics of the building with t-aiming at the minimal value of primary energy demand factor EP. The analysis of a building for energy saving concerns thermal parameters of external heat partitions, central heating installation efficiency, ventilation and hot water installation as well as using renewable energy sources. In this work there is an analysis of selected factors affecting PE factor in existing and new-designed buildings and there are valuable practical conclusions formulated.

Keywords: non-renewable primary energy EP, low energy building