

# Izolacyjność termiczna ŚCIAN

Jerzy Żurawski\*

Największą część opłat eksploatacyjnych w budynku stanowią koszty ogrzewania – ich udział w całkowitych kosztach energii wynosi od 50 do 70%. A ponieważ co roku zapowiadane są podwyżki cen nośników energii, poszukiwane są rozwiązania pozwalające obniżyć koszty energii na cele grzewcze.

O tym, czy budynek można zaliczyć do energooszczędnych, decydują m.in. czynniki architektoniczne<sup>1)</sup>. Właściwe, ze względu na zyski ciepła od promieniowania słonecznego, usytuowanie budynku względem stron świata pozwala ograniczyć zużycie energii o 5–7%. Nadmiernych strat ciepła pozwala też uniknąć energooszczędna geometria budynku (o niskiej wartości A/V) – ograniczenie może sięgać nawet 35%. Na zużycie energii ma również wpływ rozmieszczenie pomieszczeń oraz wielkość przegród przezroczystych.

Mniejszą energochłonność budynku można też zapewnić, uzupełniając wymienione rozwiązania architektoniczne działaniami mającymi na celu poprawę izolacyjności termicznej przegród budowlanych – zwiększeniem grubości izolacji oraz poprawnym ich zaprojektowaniem.

## Jak ZMIENIAŁY SIĘ wymagania dotyczące izolacyjności termicznej ścian

Do lat 70. nie stosowano izolacji termicznej ścian. W latach 80. uważano, że przegroda jest bardzo dobrze izolowana, gdy jest ocieplona wełną mineralną lub styropianem o grubości od 2 do 4 cm. Do 1998 r. wymagania się zwiększyły – za optymalne uznawano wtedy ocieplenie materiałem termoizolacyjnym o grubości 8 cm. Następnie wzrosły one do grubości 10 cm izolacji.

Zaskoczeniem dla inżynierów było wprowadzenie podwyższonych wymagań izolacyjnych dla przegród budowlanych przez Urząd o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych [1]. Według zawartych w niej wytycznych minimalna wartość współczynnika przenikania ciepła ścian powinna wynosić  $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Dodatkowo wprowadzono konieczność optymalizacji izolacji termicznej, w wyniku czego nierzadko jej grubość znacznie przekraczała 10 cm. Najczęściej wynosiła ona 14 cm, ale zdarzało się

również, że stosowano 16-, a nawet 18-centymetrowe grubości ocieplenia. Współczynnik przenikania ciepła ściany wynosił wówczas nawet  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

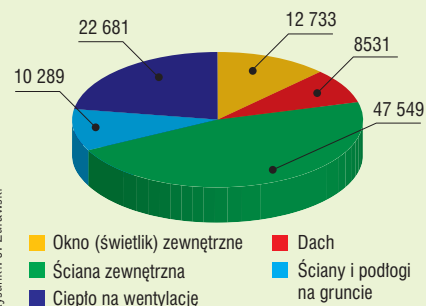
Rewolucją w myśleniu inżynierskim było wprowadzenie analiz opłacalności ekonomicznej, które wyzwoliły myśl projektową od zasady spełniania minimalnych wymagań w zakresie stosowania zwiększonej grubości izolacji termicznej. Opracowano bardziej złożone modele analiz ekonomiczno-technicznych, które umożliwiły uwzględnianie takich czynników, jak: inflacja, wzrost cen nośników energii, okres korzystania z efektów podwyższonej izolacji. W wyniku wprowadzenia tych nowoczesnych metod analizy optymalna grubość izolacji znacznie wzrosła. Audytorów energetycznych i nowoczesnych architektów i inżynierów nie dziwi obecnie stosowanie izolacji termicznej o grubości 20, a nawet 30 cm. Współczynnik przenikania ciepła takiej ściany wynosi  $U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , a nawet  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Na **rys. 1 i 2** przedstawiono straty ciepła przez przegrody w typowych budynkach z lat 70., natomiast na **rys. 3 i 4** – straty w budynkach spełniających obecne wymagania w zakresie izolacyjności termicznej. Miejsca, przez które następują straty ciepła w budynkach źle izolowanych, pokazano na **fol. 1–4**. Dla porównania na **fol. 5** przedstawiono rozkład temperatur w budynku pasywnym.

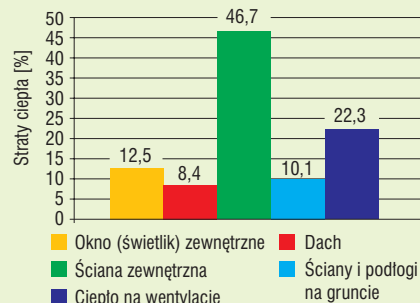
## EKONOMICZNIE UZASADNIONA grubość izolacji cieplnej

W praktyce projektowej przyjmuje się taką grubość izolacji cieplnej, która spełnia minimalne wymagania obowiązujących przepisów.

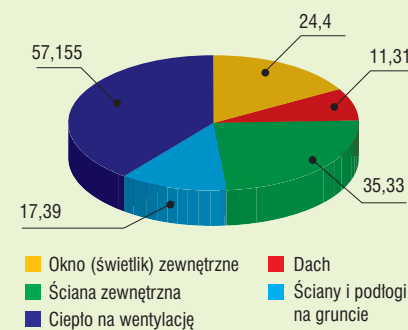
Wymagania dotyczące nowo projektowanych budynków oraz istniejących poddawanych gruntownemu remontowi zawarte są w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]. Uznaje się je za spełnione, jeżeli wartości wskaźnika sezonowego zapotrzebowania



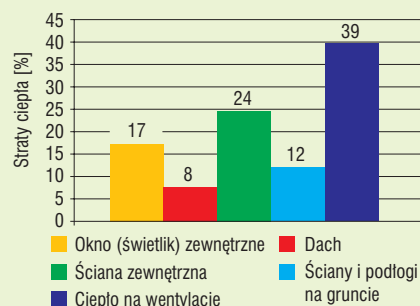
**Rys. 1.** Straty ciepła przez przegrody [kWh] w typowym domu jednorodzinny z lat 70.: ściany – 1 i 1/2 cegły o współczynniku  $U = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , dach –  $U = 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , okna drewniane dwuszybowe –  $U = 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [2]



**Rys. 2.** Procentowe straty ciepła w typowym domu jednorodzinny z lat 70. (parametry izolacyjne jak na **rys. 1**) [2]



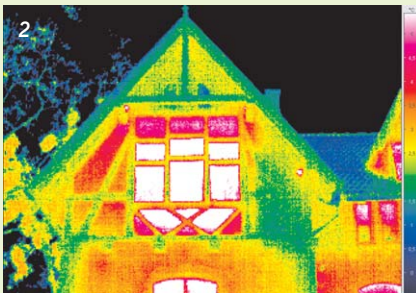
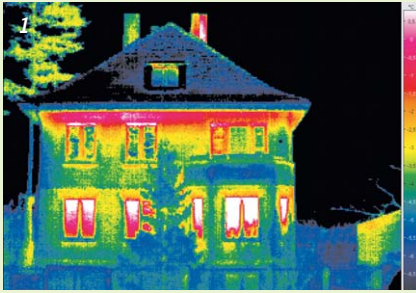
**Rys. 3.** Straty ciepła [GJ] w typowym domu jednorodzinny spełniającym aktualne wymagania prawne: ściany, dach –  $U = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , okna –  $U = 1,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , wentylacja za pomocą nawiewników ręcznie sterowanych



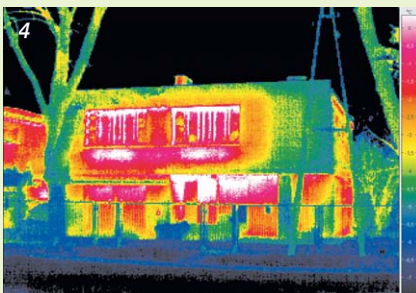
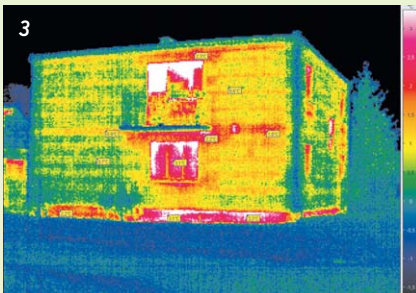
**Rys. 4.** Procentowe straty ciepła w typowym domu jednorodzinny (parametry izolacyjne jak na **rys. 3**)

\*1) Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska

<sup>1)</sup> Temu tematowi poświęcona została 2. część cyklu: „Energochłonność budynków mieszkalnych”, IZOLACJE, nr 2/2008, s. 22–25.



Fot. 1–2. Zdjęcia termowizyjne: 1 – dom jednorodzinny z początku XX w., 2 – dom z końca XIX w. z murem pruskim. W obu przykładach widoczne są nadmierne straty przez ściany, wnęki podokienne, nadproża okienne, podokienniki oraz stolarkę okienną.



Fot. 3–4. Zdjęcia termowizyjne domu jednorodzinne z lat 70. Widoczne są nadmierne straty przez ściany, wnęki podokienne, nadproża okienne, podokienniki oraz stolarkę okienną.



Fot. 5. Zdjęcie termowizyjne budynku pasywnego

na ciepło do ogrzewania  $E$  nie przekraczają wartości granicznej  $E_0$  [kWh/(m<sup>3</sup>·a)] (zależnej od współczynnika kształtu  $A/V$ ) lub jeżeli przegrody budowlane odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej określonym w rozporządzeniu, tzn. zachowują wartości graniczne  $U_0$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]. Dla przykładu  $U_0$  dla ściany wielowarstwowej wynosi 0,3 W/(m<sup>2</sup>·K) [2].

Jeśli budynek poddawany jest termomodernizacji z wykorzystaniem pomocy rządowej, obowiązujące są wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 15 stycznia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego [3], a mianowicie określona jest minimalna wartość oporu cieplnego po termomodernizacji. Dla ścian zewnętrznych (stykających się z powietrzem zewnętrznym) wynosi ona 4,00 m<sup>2</sup>·K/W.

Podstawowe wymagania narzucają jednak konieczność racjonalizacji zużycia energii, co w konsekwencji wymaga dokonania optymalizacji. Obecnie stosowane są dwie metody optymalizacji: na podstawie wskaźnika SPBT lub NPV. Prosty czas zwrotu SPBT (Simple Pay Back Time) oblicza się za pomocą wzoru:

$$SPBT = \frac{N}{\Delta O} \quad (1),$$

gdzie:

$N$  – nakłady inwestycyjne,  
 $\Delta O$  – oszczędności.

Metoda ta nie uwzględnia wzrostu cen nośników energii ani utraty wartości pieniądza w czasie.

Wskaźnik NPV (Net Present Value) określający wartość bieżącą netto pozwala określić korzyści z realizacji inwestycji w danym okresie. Ogólny wzór na obliczenie wartości NPV jest następujący [4]:

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^n \Delta E_0 \frac{(1+s)^i}{(1+r)^i} \quad (2),$$

w którym:

$I_0$  – nakład inwestycyjny,  
 $n$  – zakładana liczba lat korzystania z efektów inwestycji,

$\Delta E_0$  – korzyść z realizacji inwestycji w cenie roku realizacji,

$r$  – stopa dyskontowa,  
 $s$  – stopa wzrostu kosztu ogrzewania ponad stopę spadku wartości pieniądza w czasie.

Stopa dyskontowa uwzględnia spadek wartości pieniądza w czasie i sprowadza oszczędności w przyszłych latach do wartości pieniądza w roku bazowym.

Optymalizacja przeprowadzana jest w odniesieniu do 1 m<sup>2</sup> przegrody pełnej:

Partnerzy cyklu „Energooszczędność w budownictwie”:



**EJOT**®



**KNAUF** BAUPRODUKTE

**MIWO**

STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW WEŁNY MINERALNEJ: SZKLANEJ I SKALNEJ

**ekspert**  
**budowlany**

$$NPV = -S - Kd + 10^{-9} \times 3600 \times 24 \times DD \times G \left( \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_0 + \frac{d}{\lambda}} \right) \sum_{i=1}^n \frac{(1+s)^i}{(1+r)^i} \quad (3),$$

gdzie:

S – koszt operacji niezależnych od grubości izolacji (klejenie izolacji, wykonanie warstwy zbrojonej i dekoracyjnej fakturowej),

K – koszt materiału izolacji loco budowa [zł/m<sup>3</sup>],

d – grubość warstwy izolacji cieplnej [m],

R<sub>0</sub> – opór cieplny innych warstw przegrody poza izolacją cieplną (podłoże) wraz z oporami przejmowania ciepła na powierzchniach przegród,

λ – współczynnik przewodzenia ciepła materiału podstawowej izolacji cieplnej,

DD – liczba stopniodni ogrzewania,

G – koszt energii [zł/GJ],

24 – liczba godzin w dobie,

3600 – liczba sekund w godzinie,

n – okres korzystania z efektów ocieplenia [lata].

Optymalną grubość warstwy izolacji wylicza się na podstawie wzoru:

$$d_{opt} = \lambda \sqrt{\frac{10^{-9} \times 3600 \times 24 \times DD \times G \sum_{i=1}^n \frac{(1+s)^i}{(1+r)^i}}{\lambda K}} - R_0 \lambda \quad (4).$$

Optymalną wartość współczynnika przenikania ciepła wylicza się na podstawie wzoru:

$$U_{opt} = \frac{\lambda K}{\sqrt{10^{-9} \times 3600 \times 24 \times DD \times G \sum_{i=1}^n \frac{(1+s)^i}{(1+r)^i}}} \quad (5).$$

Przykładowe wyliczenia optymalnej grubości izolacji dla dwóch wybranych przykładów przedstawiono w tabelach 1 i 2. Wartość optymalnej grubości izolacji jest zmienna w zależności od czasu korzystania z efektów. Im dłuższy okres, tym większa optymalna grubość izolacji termicznej. Przy wyższej cenie ciepła, np. z oleju opałowego – 80 zł/GJ (0,28 zł/kWh), wartości optymalnej grubości izolacji są większe (tabela 2).

### KRYTERIA oceny energetycznej ścian

W związku z mającą obowiązywać od stycznia 2009 r. certyfikacją energetyczną budynków, polegającą na przypisaniu budynku do określonej klasy energetycznej, pojawia się potrzeba oceny energetycznej przegród, która pozwoli wartościować je ze względu na ich izolacyjność termiczną.

Podstawą stworzenia kryterium oceny energetycznej ścian w budownictwie mieszkaniowym są wymagania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], w Ustawie o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych [1] oraz w projekcie ustawy o systemie oceny energetycznej budynków [6]. Na tej podstawie można dokonać następującej klasyfikacji [7].

**Klasa G.** Jest to najniższa klasa przegrody. Zostaną do niej przyporządkowane ściany o wartości  $U \geq 1,0$  W/(m<sup>2</sup>·K).

**Klasa F.** Do tej klasy będą zaliczone przegrody spełniające warunek:  $0,5$  W/(m<sup>2</sup>·K)  $\geq U < 1,0$  W/(m<sup>2</sup>·K).

**Klasa E.** W tej grupie znajdować się będą przegrody o współczynniku U ściany:  $0,3$  W/(m<sup>2</sup>·K)  $\geq U < 0,5$  W/(m<sup>2</sup>·K).

**Klasa D.** Za klasę D ściany należy przyjąć takie rozwiązania, które zapewniają uzyskanie współczynnika przenikania ciepła U ściany w przedziale:  $0,25$  W/(m<sup>2</sup>·K)  $\geq U < 0,30$  W/(m<sup>2</sup>·K).

**Klasa C.** W tej grupie znajdować się będą przegrody o podwyższonej izolacyjności termicznej, a mianowicie ich wartość współczynnika przenikania ciepła U z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych będzie się mieścić w granicach:  $0,2$  W/(m<sup>2</sup>·K)  $\geq U < 0,25$  W/(m<sup>2</sup>·K). Tak zaprojektowane przegrody mogą mieć znaczący wpływ na podwyższenie klasy energetycznej całego mieszkania czy domu. Na pewno część ścian ocieplanych według zasad określonych w ustawie termomodernizacyjnej znajdzie się w tej grupie.

**Klasa B.** W tej klasie znajdować się będą przegrody o bardzo dobrej izolacji termicznej, wpływające w znaczący sposób na poprawę klasy energetycznej budynku. Przedział współczynnika przenikania ciepła mieścić się będzie w granicach:  $0,15$  W/(m<sup>2</sup>·K)  $\geq U < 0,2$  W/(m<sup>2</sup>·K).

**Klasa A.** Klasie A będą odpowiadać wybitnie izolowane ściany o współczynniku  $U < 0,15$  W/(m<sup>2</sup>·K).

Dla sympatyków budownictwa pasywnego warto powołać klasę **A+**, która będzie obejmować przegrody o izolacyjności zalecanej przy budowie domów pasywnych, a mianowicie  $U < 0,1$  W/(m<sup>2</sup>·K). Przykładowy certyfikat ściany zewnętrznej pokazano na fot. 6.

Należy podkreślić, że wartość współczynnika U powinna być liczona z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych, tzn. miejsc słabych pod względem izolacyjności termicznej, przez które następują straty ciepła oraz z powodu których budynek charakteryzuje się większą energochłonnością.

### Wpływ MOSTKÓW CIEPLNYCH na izolacyjność termiczną

Straty ciepła przez przegrody zewnętrzne stykające się z powietrzem zewnętrznym w m-tym miesiącu sezonu grzewczego liczone są obecnie zgodnie z normą PN-B-02025:2004 jako suma strat przez każdą przegrodę Q<sub>zk</sub>:

$$Q_{zk(m)} = 86400 \times U_k \times A_k \times (T_{wk} - T_{e(m)}) \times L_{d(m)} \times 10^{-9} \quad (6),$$

Tabela 1. Optymalna grubość ocieplenia ściany o gr. 38 cm z cegły pełnej obustronnie otynkowanej o współczynniku U = 1,5 W/(m<sup>2</sup>·K) przy założeniach: ciepło – 50 zł/GJ, inflacja – 6%, wzrost cen energii – 5% [5]

Czas korzystania z efektów [lata]	Analiza ekonomiczna w oparciu o	Optymalna grubość izolacji [cm]	Optymalna wartość U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
10	NPV10	14	0,24
15	NPV15	17	0,20
20	NPV20	20	0,18
25	NPV25	22	0,16
30	NPV30	24	0,15

Tabela 2. Optymalna grubość ocieplenia ściany o gr. 38 cm z cegły pełnej obustronnie otynkowanej o współczynniku U = 1,5 W/(m<sup>2</sup>·K) przy założeniach: ciepło – 80 zł/GJ, inflacja – 6%, wzrost cen energii – 5% [5]

Czas korzystania z efektów [lata]	Analiza ekonomiczna w oparciu o	Optymalna grubość izolacji [cm]	Optymalna wartość U [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
10	NPV10	18	0,20
15	NPV15	22	0,16
20	NPV20	26	0,14
25	NPV25	29	0,13
30	NPV30	31	0,12

<b>A+</b>	Standard pasywny,	Klasa A + ,	$U \leq 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$	<b>B</b>
<b>A</b>		Klasa A ,	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	
<b>B</b>		Klasa B ,	$0,15 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U < 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$	
<b>C</b>		Klasa C ,	$0,2 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U < 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$	
<b>D</b>		Klasa D ,	$0,25 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U < 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	
<b>E</b>		Klasa E ,	$0,3 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U < 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$	
<b>F</b>		Klasa F ,	$0,5 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$	
<b>G</b>		Klasa G ,	$1,0 \text{ W/m}^2\text{K} \leq U$	
Typ ściany: ściana z cegły dziurawki gr. 38 cm ocieplona styropianem o $\lambda=0,031$ gr. 24 cm		$U_0=$	0,113 W/m <sup>2</sup> K	
Wpływ mostków cieplnych: od wienców, węgarzków, podokienników oraz nadproży okiennych		$\Delta U=$	0,058 W/m <sup>2</sup> K	
Współczynniki przenikania ciepła dla ściany z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych		$U=$	0,171 W/m <sup>2</sup> K	
<b>Badaną ścianę zakwalifikowano do klasy</b>				<b>B</b>

Fot. 6. Przykładowy certyfikat ściany zewnętrznej z cegły dziurawki o gr. 38 cm ocieplonej 24 cm warstwą styropianu, współczynnik  $U_0 = 0,113 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  z uwzględnieniem wpływu mostków termicznych  $\Delta U = 0,058 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,  $U = 0,171 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  – klasa energetyczna B [5]

gdzie:

$U_k$  – współczynnik przenikania ciepła k-tej przegrody z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych,

$A_k$  – pole powierzchni k-tej przegrody zewnętrznej,

$T_{wk}$  – obliczeniowa temperatura wewnętrzna k-tej przegrody,

$T_{e(m)}$  – średnia temperatura powietrza zewnętrznego w m-tym miesiącu,

$L_{d(m)}$  – liczba dni ogrzewania w m-tym miesiącu.

Opracowywane są obecnie przez ekspertów ZAE (Zrzeszenie Auditorów Energetycznych) nowe metody obliczeniowe, według których straty ciepła z uwzględnieniem mostków cieplnych będą składową wliczeń rocznego zapotrzebowanie na ciepło, określanego metodą obliczeń miesięcznych ( $Q_h$ ).

Wartość miesięcznego zapotrzebowania na ciepło  $Q_h$  jest sumą zużycia ciepła do ogrzewania i wentylacji w poszczególnych miesiącach ( $Q_{hn}$ ), w których zużycie ciepła ma wartość dodatnią:

$$Q_h = \sum_n Q_{hn} \text{ [kWh/rok]} \quad (7)$$

Wartość miesięcznego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania i wentylacji  $Q_{hn}$  należy obliczać zgodnie ze wzorem:

$$Q_{hn} = Q_L - \eta Q_g \text{ [kWh/ro]} \quad (8)$$

gdzie:

$Q_L$  – straty ciepła w okresie miesięcznym,

$Q_g$  – zyski ciepła w okresie miesięcznym,

$\eta$  – współczynnik wykorzystania zysków obliczany według wzoru:

$$\eta = 1 - e^{-1/\gamma} \quad (9)$$

$$\text{w którym: } \gamma = Q_g / Q_L \quad (10)$$

Wielkość strat ciepła  $Q_L$  oblicza się według wzoru:

$$Q_L = H \times (\Theta_i - \Theta_e) t \text{ [kWh/mies.]} \quad (11)$$

gdzie:

$H$  – współczynnik strat ciepła,

$\Theta_i$  – temperatura wewnętrzna w mieszkaniu przyjmowana zgodnie z przepisami budowlanymi,

$\Theta_e$  – średnia temperatura powietrza zewnętrznego w analizowanym okresie miesięcznym [ $^{\circ}\text{C}$ ] według danych najbliższej stacji meteorologicznej,

$t$  – liczba godzin w miesiącu [h].

Współczynnik strat ciepła  $H$  wylicza się według wzoru:

$$H = H_T + H_V \text{ [W/K]} \quad (12)$$

gdzie:

$H_T$  – współczynnik strat ciepła przez przenikanie przez przegrody zewnętrzne [W/K],

$H_V$  – współczynnik strat ciepła przez wentylację [W/K].

Wartość strat ciepła przenikających przez przegrody zewnętrzne oblicza się na podstawie równania:

$$H_T = \sum A_i (U_i + \Delta_{ui}) b_{gi} \quad (13)$$

gdzie

$A_i$  – pole powierzchni i-tej przegrody otaczającej przestrzeń o regulowanej temperaturze obliczana według wymiarów w osiach przegród prostopadłych do i-tej przegrody (wymiarzy okien i drzwi przyjmuje się jako wymiary otworów w ścianie [ $\text{m}^2$ ]),

$U_i$  – współczynnik przenikania ciepła i-tej przegrody pomiędzy przestrzenią ogrzewaną i stroną zewnętrzną [W/( $\text{m}^2 \cdot \text{K}$ )],

$\Delta_{ui}$  – dodatek uwzględniający mostki cieplne,

$b_{gi}$  – współczynnik zmniejszenia temperatury odnoszący się do przegród pomiędzy przestrzenią ogrzewaną i nieogrzewaną (dla przegród pomiędzy przestrzenią ogrzewaną i atmosferą zewnętrzną  $b_g = 1$ ).

Dodatek  $\Delta_{ui}$  wylicza się według wzoru:

$$\Delta_{ui} = \frac{\sum_{n=1}^N \Psi_{ln} \cdot L_n}{A} + \frac{\sum_{m=1}^M \Psi_{pm}}{A} \quad (14)$$

gdzie:

$\Psi_{ln}$  – współczynnik przenikania ciepła w miejscu występowania n-tego liniowego mostka termicznego [W/( $\text{m} \cdot \text{K}$ )],

$L_n$  – długość n-tego liniowego mostka termicznego [m],

$\Psi_{pm}$  – współczynnik przenikania ciepła w miejscu występowania m-tego punktowego mostka termicznego [W/K],

$A$  – pole powierzchni przegrody z potrąceniem powierzchni otworów okiennych i drzwiowych [ $\text{m}^2$ ].

## PODSUMOWANIE

Konieczność racjonalizacji zużycia energii wymaga poszukiwania ekonomicznie uzasadnionych rozwiązań technicznych. Przy projektowaniu izolacyjności termicznej ścian należy zatem przeprowadzić optymalizację, pozwalającą przyjąć uzasadnioną grubość izolacji termicznej. Ponadto przy konstruowaniu przegrody trzeba minimalizować wpływ mostków cieplnych, który może być znaczący w końcowej izolacyjności termicznej ściany.

## LITERATURA

1. Ustawa z dnia 18 grudnia 1998 r. o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych (DzU z 1998 r. nr 162, poz. 1121 z późn. zm.).
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm.).
3. Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 15 stycznia 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy audytu energetycznego (DzU z 2002 r. nr 12, poz. 114).
4. „Bezspoinowy system ocieplania ścian zewnętrznych budynków”, Instrukcja ITB nr 334/02.
5. Analizy bilansu ciepła i optymalizacji grubości ocieplenia wykonane za pomocą programu Agnes: program dostępny na stronie: [www.cieplej.pl](http://www.cieplej.pl).
6. Projekt ustawy o systemie oceny energetycznej budynków oraz kontroli niektórych urzędzeń w zakresie efektywności energetycznej.
7. J. Żurawski, „Certyfikacja energetyczna przegród budowlanych”, „Doradca Energetyczny” nr 4/2007, s. 35.
8. PN-B-02025:2004 „Obliczanie sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego”.