

mgr inż. Ewelina Janas¹⁾dr inż. Anna Szymczak-Graczyk^{1)*}

Analiza parametrów fizycznych wielowarstwowych przegród ściennych w budynkach termomodernizowanych

Analysis of physical parameters of multilayer walls in thermo-modernized buildings

DOI: 10.15199/33.2018.12.11

Streszczenie. Celem badań jest analiza współczynnika przenikania ciepła przy dociepleniu obiektu wybranym materiałem izolacyjnym. W artykule przedstawiono, jaka grubość danego izolatora jest w stanie zapewnić wymagania izolacyjności cieplnej budynku wobec nowych norm oraz odniesiono się do wytycznych z ubiegłych lat. Dla pięciu różnych standardowych typów obiektów budowlanych przeprowadzono analizę skutków termomodernizacji pięcioma typami materiałów izolacyjnych, tradycyjnymi i sprawdzonymi oraz innowacyjnymi, rzadziej wybieranymi przez inżynierów. **Słowa kluczowe:** współczynnik przenikania ciepła; termomodernizacja; przegroda; straty ciepła; materiał izolacyjny.

Abstract. The aim of the work is to analyze the heat transfer coefficient when insulating the object, the selected insulation material. The article presents the thickness of a given insulator that is able to provide the thermal insulation requirements of a building with respect to new standards and reference to guidelines from previous years. For five different standard types of construction works, thermo-modernization was carried out with five types of insulation materials, traditional and tested, and innovative ones less frequently chosen by engineers.

Keywords: heat transfer coefficient; thermo-modernization; baffle; heat losses; insulating material.

Zaspokojenie potrzeb energetycznych społeczeństwa jest niewątpliwie jednym z najważniejszych problemów współczesnych czasów. Biorąc pod uwagę prognozy Polityki Energetycznej Polski 2030, które mówią o zwiększeniu zużycia energii aż o 50% (tylko forma energii elektrycznej), należy zastanowić się nad możliwością zmniejszenia strat ciepła [1]. Od czasu kryzysu energetycznego w 1973 r. normy ciągle ewoluują, zachowując tendencję minimalizacji strat ciepła z budynków [3]. Przepisy jasno określają obowiązki projektowania oraz wykonywania obiektów budowlanych tak, aby miały odpowiednią izolacyjność cieplną oraz wykazywały się jak największą oszczędnością energii [6].

Uwarunkowania prawne dotyczące termomodernizacji budynków

Rozporządzenie [4] oraz jego aktualizacja [5] w 2014 r. wprowadziły zmiany dotyczące wartości współczynnika przenikania ciepła, zmniejszając go stopniowo aż do uzyskania najniższej wartości w 2021 r. (tabela 1). W artykule przeprowadzono analizę pięciu różnych materiałów termoizolacyjnych. W tabeli 2 porównano współczynniki przewodzenia ciepła λ tych materiałów, które posłużyły do wyliczenia współczynnika przenikania ciepła przegrody U . Do analizy termomodernizacyjnej przyjęto pięć różnych typów budynków o następującej konstrukcji:

- tradycyjnej, tj. budynek murowany ze ścianami z elementów z betonu komórkowego grubości 24 cm, ocieplony warstwą styropianu o grubości 8 cm oraz obustronnie otynkowanymi;

Tabela 1. Wartości maksymalne współczynnika przenikania ciepła U_c przegród zewnętrznych

Table 1. Maximum values of heat transfer coefficient U_c for external partitions

Temperatura w pomieszczeniu ogrzewanym t_i	Współczynnik przenikania ciepła ściany $U_{c(max)}$ [W/(m ² ·K)]			
	do 31.12.2013 r.	od 1.01.2014 r.	od 1.01.2017 r.	od 1.01.2021 r. ^{*)}
a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,28	0,25	0,23	0,20
b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,65	0,45	0,45	0,45
c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90	0,90	0,90

^{*)} od 1.01.2019 r. – w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością; t_i – temperatura w pomieszczeniu ogrzewanym

Tabela 2. Właściwości materiałów izolacyjnych przyjętych do analizy

Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/m·K]				
plyty z polistyrenu ekspandowanego	plyty z wełny mineralnej	plyty PIR	plyty z pianki rezolowej	materiał celulozowy
0,045	0,030	0,023	20 – 44 mm $\lambda = 0,023$ 45 – 140 mm $\lambda = 0,021$	0,037

- szkieletowej stalowej, ze słupami o wysokości przekroju 8 cm w rozstawie co 80 cm, do których przymocowana jest płyta OSB grubości 1,9 cm, następnie styropian grubości 8 cm pomiędzy słupami oraz tynk zewnętrzny;

- szkieletowej drewnianej, ze słupami o wysokości przekroju 8 cm w rozstawie co 50 cm, do których przymocowany jest ruszt drewniany, a następnie wypełnienie z płyt styropianowych grubości 8 cm oraz od wewnątrz płyta gipsowo-kartonowa, a od zewnątrz poszycie z MFP;

- żelbetowej szkieletowej, ze słupami o wymiarach przekroju 24 x 24 cm oraz wypełnieniem z bloczków betonowych mię-

¹⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej

^{*)} Adres do korespondencji: anna.szymczak-graczyk@up.poznan.pl

dzy słupami grubości 24 cm, ocieplonej od strony zewnętrznej styropianem grubości 8 cm oraz obustronnie otynkowanej;

- z prefabrykatów – przyjęto technologię wielkiej płyty systemu W70 o grubości ścian 15 cm, ocieplonej od strony zewnętrznej styropianem grubości 8 cm oraz obustronnie otynkowanej.

Obliczenia i ich wyniki

Współczynniki przenikania ciepła ścian zewnętrznych, obliczone na podstawie wzoru (1) zawartego w normie [2], przedstawiono w tabeli 3.

$$U = (1/R_{si} + R + R_{se}) + \Delta U_f \quad (1)$$

gdzie: U – współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych [$W/m^2 \cdot K$]; R_{si} , R_{se} – jednostkowe opory przyjmowania ciepła od strony wewnętrznej i zewnętrznej; w przypadku poziomego przepływu ciepła jednostkowy opór R_{si} wynosi 0,13 [$m^2 \cdot K/W$], natomiast $R_{se} = 0,04$ [$m^2 \cdot K/W$]; R – jednostkowy opór przewodzenia ciepła przez przegrodę [$m^2 \cdot K/W$]; ΔU_f – poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne [$W/(m^2 \cdot K)$].

Jednostkowy opór przewodzenia ciepła przez przegrodę obliczono z wzoru (2) zawartego w normie [2].

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = d_i / \lambda_i \quad (2)$$

gdzie: R – jednostkowy opór przewodzenia ciepła przez przegrodę [$m^2 \cdot K/W$]; R_i – jednostkowy opór przewodzenia ciepła przez i -tą warstwę przegrody [$m^2 \cdot K/W$]; d_i – grubość i -tej warstwy przegrody [m]; λ_i – przewodność cieplna materiału tworzącego i -tą warstwę przegrody [$W/(m \cdot K)$].

W obliczeniach uwzględniono poprawkę z uwagi na łączniki mechaniczne, obliczoną wg wzoru (3) zawartego w normie [2].

$$\Delta U_f = \alpha (\lambda_f A_f n_f / d_0) \cdot R_l / R_{T,h} \quad (3)$$

gdzie: $\alpha = 0,08$ – jeżeli łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji; $\alpha = 0,08 \cdot (d_l / d_0)$ – w przypadku łącznika wpuszczonego w izolację, czyli przebijającego izolację na części grubości tej warstwy; d_0 – grubość warstwy izolacji cieplnej przebitej przez łącznik [m]; d_l – długość łącznika przechodzącego przez izolację cieplną [m]; λ_f – współczynnik przewodzenia ciepła materiału łącznika [$W/m \cdot K$]; n_f – liczba łączników na 1 m^2 ; A_f – pole przekroju poprzecznego jednego łącznika [m^2]; R_l – opór cieplny warstwy izolacji cieplnej przebitej przez łącznik [$m^2 \cdot K/W$]; $R_{T,h}$ – opór cieplny przegrody z pominięciem wpływu mostków cieplnych [$m^2 \cdot K/W$].

Wyniki obliczeń współczynnika przenikania ciepła ścian zewnętrznych budynków wykazały, że przed termomodernizacją nie spełniały one wymagań dotyczących dopuszczalnej wartości współczynnika przenikania ciepła, które określa Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [4, 5]. Przed przeprowadzeniem termomodernizacji współczynniki przenikania ciepła U ścian zewnętrznych różnych typów wynosiły odpowiednio w przypadku budynków o konstrukcji:

- tradycyjnej, tj. murowanej – $U_1 = 0,52$ $W/m^2 \cdot K$;
- stalowej bez wypełnienia, tylko ocieplenie między słupami – $U_1 = 0,54$ $W/m^2 \cdot K$ oraz w miejscu słupa $U_2 = 1,75$ $W/m^2 \cdot K$;

Tabela 3. Współczynnik przenikania ciepła ściany (U_1) oraz współczynnik przenikania ciepła przez słup (U_2) wszystkich typów badanych przegród
 Table 3. List of results for all types of partitions where U_1 – heat transfer coefficient for the wall, U_2 – heat transfer coefficient through the pole

Typ konstrukcji	Wymagania izolacyjności cieplnej w latach 2014 – 2016 $U_{cmax} = 0,25$ [$W/m^2 \cdot K$]				Wymagania izolacyjności cieplnej w latach 2017 – 2020 $U_{cmax} = 0,23$ [$W/m^2 \cdot K$]				Wymagania izolacyjności cieplnej od 01.01.2021 r. $U_{cmax} = 0,20$ [$W/m^2 \cdot K$]			
	typ izolacji/ parametr	d [m]	U_1 [$W/m^2 \cdot K$]	U_2 [$W/m^2 \cdot K$]	typ izolacji/ parametr	d [m]	U_1 [$W/m^2 \cdot K$]	U_2 [$W/m^2 \cdot K$]	typ izolacji/ parametr	d [m]	U_1 [$W/m^2 \cdot K$]	U_2 [$W/m^2 \cdot K$]
Typ 1 budownictwo tradycyjne – ściana murowana	styropian	0,03	0,25	–	styropian	0,05	0,23	–	styropian	0,09	0,20	–
	wełna	0,025			wełna	0,035			wełna	0,06		
	pianka PIR	0,02			pianka PIR	0,03			pianka PIR	0,05		
	pianka rezolowa	0,02			pianka rezolowa	0,03			pianka rezolowa	0,05		
	celulozowy materiał izolacyjny	0,03			celulozowy materiał izolacyjny	0,05			celulozowy materiał izolacyjny	0,08		
Typ 2 konstrukcja szkieletowa – stalowa	styropian	0,12	0,25	0,37	styropian	0,13	0,23	0,32	styropian	0,17	0,20	0,27
	wełna	0,085			wełna	0,10			wełna	0,12		
	pianka PIR	0,07			pianka PIR	0,08			pianka PIR	0,10		
	pianka rezolowa	0,07			pianka rezolowa	0,08			pianka rezolowa	0,09		
	celulozowy materiał izolacyjny	0,10			celulozowy materiał izolacyjny	0,12			celulozowy materiał izolacyjny	0,15		
Typ 3 konstrukcja szkieletowa – drewniana	styropian	0,11	0,25	0,34	styropian	0,13	0,23	0,30	styropian	0,16	0,20	0,26
	wełna	0,08			wełna	0,09			wełna	0,12		
	pianka PIR	0,065			pianka PIR	0,08			pianka PIR	0,10		
	pianka rezolowa	0,06			pianka rezolowa	0,07			pianka rezolowa	0,09		
	celulozowy materiał izolacyjny	0,09			celulozowy materiał izolacyjny	0,11			celulozowy materiał izolacyjny	0,14		
Typ 4 konstrukcja szkieletowa – żelbetowa	styropian	0,12	0,25	0,24	styropian	0,14	0,23	0,22	styropian	0,18	0,20	0,19
	wełna	0,085			wełna	0,10			wełna	0,13		
	pianka PIR	0,075			pianka PIR	0,09			pianka PIR	0,11		
	pianka rezolowa	0,065			pianka rezolowa	0,075			pianka rezolowa	0,095		
	celulozowy materiał izolacyjny	0,102			celulozowy materiał izolacyjny	0,12			celulozowy materiał izolacyjny	0,15		
Typ 5 budownictwo z prefabrykatów	styropian	0,11	0,25	–	styropian	0,13	0,23	–	styropian	0,17	0,20	–
	wełna	0,08			wełna	0,095			wełna	0,12		
	pianka PIR	0,065			pianka PIR	0,075			pianka PIR	0,10		
	pianka rezolowa	0,06			pianka rezolowa	0,07			pianka rezolowa	0,09		
	celulozowy materiał izolacyjny	0,095			celulozowy materiał izolacyjny	0,11			celulozowy materiał izolacyjny	0,14		

■ szkieletowej drewnianej bez wypełnienia, tylko ocieplenie między słupami – $U_1 = 0,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ oraz w miejscu słupa – $U_2 = 1,09 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;

■ żelbetowej z wypełnieniem z bloczków betonowych – $U_1 = 0,58 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ oraz w miejscu słupa – $U_2 = 0,51 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;

■ budynek z wielkiej płyty – $U_1 = 0,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Porównując otrzymane wyniki, stwierdzono, że dodatkowa warstwa izolacji w każdym przypadku wpływa pozytywnie na obniżenie strat ciepła w budynku. Ponadto przeprowadzona termomodernizacja spowodowała dostosowanie charakterystyki cieplnej przegród do obowiązujących w tamtym okresie przepisów. Grubość warstw docieplenia ścian zewnętrznych na przestrzeni lat znacznie się zmieniła. Ponadto w przeszłości wykorzystywano tradycyjne materiały, m.in. styropian i wełnę mineralną, natomiast obecnie są dostępne inne alternatywne. Duży potencjał w przypadku termomodernizacji ma celulozowy materiał izolacyjny.

Podsumowanie

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że zastosowanie izolacji termicznej już o grubości 5 cm pozwala na wyeliminowanie występowania zjawiska kondensacji pary wodnej w warstwie nośnej. Osiągnięcie wartości współczynnika przenikania ciepła ścian zewnętrznych, w badanych budynkach po termomoderni-

zacji zgodnie z aktualnymi wymaganiami, zależy przede wszystkim od jakości, rodzaju oraz grubości materiału izolacyjnego. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wykazano, jaka grubość izolacji termicznej będzie niezbędna, aby dostosować obiekty do przepisów od 2021 r.

Literatura

[1] Garbalińska Halina, Magdalena Bochenek. 2011. „Izolacyjność termiczna a akumulacyjność cieplna wybranych materiałów ściennych”. *Czasopismo Techniczne*, r. 108, z. 2-A/2, 89 – 96.

[2] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.

[3] Radoń Jan, Hartwig Künzel. 2006. Problemy cieplno-wilgotnościowe przy renowacji ścian budynków z muru pruskiego. *Acta Scientiarum Polonorum: Architectura* 5 (1): 45 – 53.

[4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U. nr 75 poz. 690).

[5] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2013 r., poz. 926).

[6] Ustawa z 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów (Dz.U. nr 223 poz. 1459).

Artykuł przygotowany na podstawie pracy magisterskiej nagrodzonej w konkursie zorganizowanym przez Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa oddział w Poznaniu oraz Polski Związek Producentów i Przetwórców Izolacji Poliuretanowych PUR i PIR „SIPUR”.

Przyjęto do druku: 06.11.2018 r.



FLIR T660



FLIR E95

TERMOWIZJA W BUDOWNICTWIE

lepiej widzieć więcej

Zaoszczędź pieniądze,
znajdź wycieki ciepła

www.ects.pl

ECTS TEST SYSTEMS
drgania • akustyka • termowizja • szybkie kamery

FLIR