

mgr inż. Andrzej Szymon Borkowski<sup>1)</sup>

# Obliczanie współczynnika przenikania ciepła w technologii BIM

## *Calculation of the heat transfer coefficient in BIM technology*

DOI: 10.15199/33.2019.02.06

**Streszczenie.** Współczynnik przenikania ciepła to bardzo ważny parametr przegród budowlanych. Na jego podstawie można określić straty ciepłe danej przegrody. Obliczane współczynniki U (przenikania ciepła) i R (opór cieplny) to istotne parametry całego modelu trójwymiarowego projektowanego budynku, który jest analizowany pod kątem efektywności energetycznej. Dzięki technologii BIM wymienione współczynniki mogą być obliczane w sposób automatyczny i być użyteczne podczas tworzenia zestawień czy oznaczania etykietami. Dostępne w aplikacjach BIM formatowanie warunkowe umożliwi identyfikację ścian niespełniających obowiązujących norm. W artykule przedstawiono obliczenia dotyczące pięciu najpopularniejszych ścian zewnętrznych.

**Słowa kluczowe:** technologia BIM; współczynnik przenikania ciepła; ściany.

**Abstract.** Heat transfer coefficient is a very important parameter of walls. On its basis, thermal losses can be determined for a given partition. The calculated coefficients U (heat transfer) and R (thermal resistance) are important parameters for the entire 3D model of the designed building, which is analyzed in terms of energy efficiency. In BIM technology, these factors can be calculated automatically and can be accessed when creating collations or marking views with labels. The conditional formatting available in BIM applications makes it possible to identify walls that do not meet the applicable standards. The article presents calculations for the five most popular external walls.

**Keywords:** BIM technology; heat transfer coefficient; walls.

Izolacyjność cieplna ściany budynku zależy od jej grubości oraz materiałów użytych do budowy. Parametrem określającym izolacyjność cieplną konstrukcji budowlanej jest tzw. współczynnik przenikania ciepła U, który obliczamy ze wzoru:

$$U = \lambda/d$$

gdzie:

$\lambda$  – współczynnik przewodzenia ciepła ściany;  $d$  – grubość ściany.

Aby wyznaczyć współczynnik przenikania ciepła przegrody, trzeba znać współczynniki przewodności cieplnej  $\lambda$  [W/m<sup>2</sup>·K] materiałów tworzących ścianę oraz warstw ocieplających, a także grubość poszczególnych warstw. Wartości współczynników  $\lambda$  można odnaleźć w normie PN-EN ISO 6946:2004. *Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania* [3].

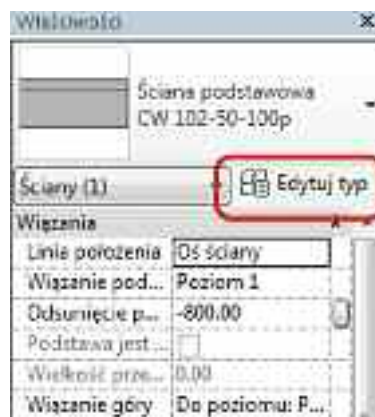
Współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych nie powinien być większy niż 0,23 W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>, niezależnie od rodzaju ściany (do 2017 r. w przypadku ścian innych niż wielowarstwowe wymagane było U mniejsze od 0,25 W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>). Wartość U dachów nie powinna być większa niż 0,18 W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup> (do 31.12.2016 mniejsza od 0,2 W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>) [4]. Przyjmowana do obliczeń wartość współczynnika U przegród zewnętrznych zależy nie tylko od rodzaju przegrody, ale też od temperatury wewnętrznej pomieszczenia.

### Sposób obliczania współczynnika U

Tworzony podczas projektowania trójwymiarowy model budynku służy przede wszystkim jako podstawa do wyboru odpowiednich rozwiązań.

W miarę postępu prac projektowych przeprowadzane aktualizacje modelu umożliwiają kontrolę dotrzymania pierwotnych założeń dotyczących np. efektywności energetycznej [1]. Modele BIM, to repozytoria informacji o obiektach budowlanych, gdzie komponenty modelu definiowane są jako dane geometryczne i niegeometryczne oraz relacje pomiędzy komponentami [2].

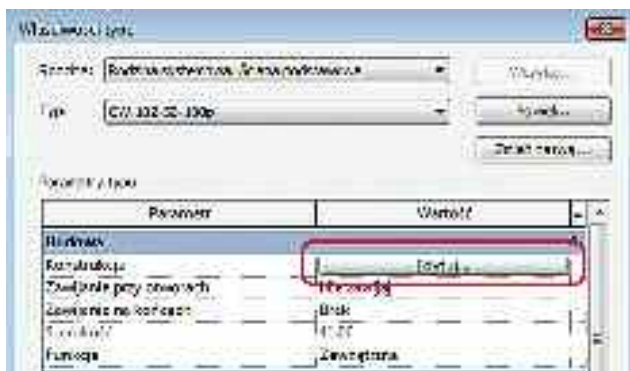
Ściany podstawowe lub ściany złożone mają właściwości geometryczne, fizyczne oraz termiczne. Dzięki tym cechom możliwe jest automatyczne obliczanie współczynnika przenikania ciepła. W artykule zaprezentowano możliwości wykorzystania dostępnych bibliotek obiektów oraz materiałów w aplikacji BIM (Revit). Zwykle szablony architektoniczne oraz konstrukcyjne zawierają popularne typy ścian. W przypadku braku wymaganego typu ściany można ją w prosty sposób stworzyć jako tzw. rodzinę systemową przez edycję istniejącego już typu ściany (rysunki 1 i 2) [5].



**Rys. 1.** Edycja typu ściany

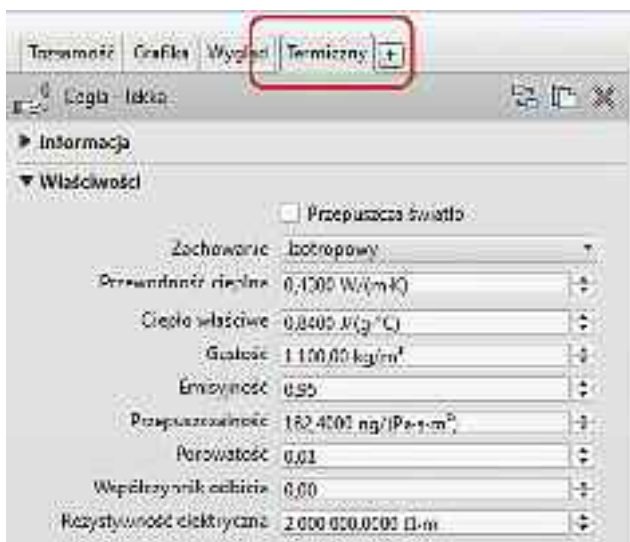
Fig. 1. Edition of wall type

<sup>1)</sup> Politechnika Warszawska; Wydział Geodezji i Kartografii; andrzej.borkowski@pw.edu.pl



Rys. 2. Edycja konstrukcji ściany  
Fig. 2. Edition of wall structure

Edycja ściany umożliwia zmianę funkcji, materiałów czy grubości poszczególnych warstw. Na tym etapie należy sprawdzić lub przypisać właściwości termiczne odpowiednich parametrów do każdego rodzaju materiału ściany z osobna (rysunek 3). Najważniejsze parametry to przewodność cieplna oraz gęstość, niezbędne do obliczenia współczynnika U. Po zastosowaniu przypisanych właściwości termicznych, w oknie właściwości ściany widnieje już obliczony współczynnik przenikania ciepła (rysunek 4).



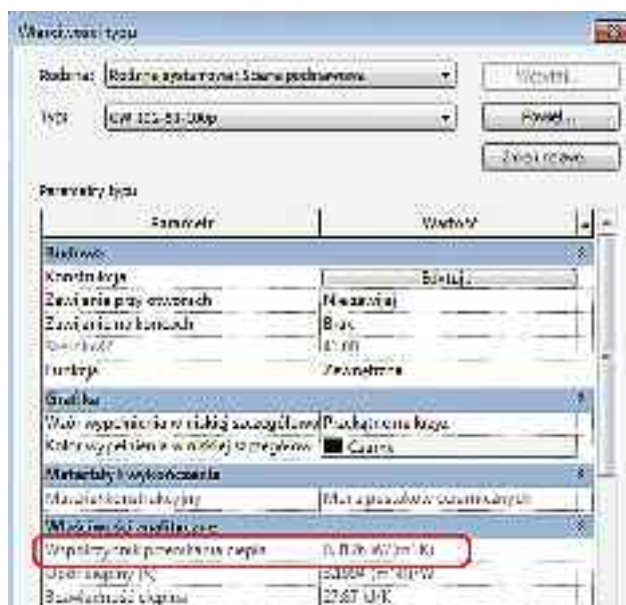
Rys. 3. Przypisanie właściwości termicznych ścianom  
Fig. 3. Assign thermal properties to walls

Na podstawie obowiązujących norm i standardów przypisano materiałom odpowiednie właściwości termiczne i stworzono pięć najpopularniejszych typów ścian zewnętrznych oraz obliczono ich współczynniki U (rysunki 5, 6, 7, 8, 9).

Formatowanie warunkowe dostępne w aplikacjach typu BIM umożliwia filtrowanie/zidentyfikowanie przegród budowlanych, które będą zgodne lub niezgodne z obowiązującymi normami lub standardami (rysunek 10).

Przykład formatowania warunkowego przedstawiono na rysunku 11:

- pole → współczynnik przenikania ciepła;
- próba → większy niż;
- wartość → 0,18 lub inna zgodna z obowiązującymi normami;
- kolor tła → np. zielony.



Rys. 4. Przykład obliczenia współczynnika przenikania ciepła przegrody  
Fig. 4. Example of calculated heat transfer coefficient of wall

Fig. 4. Example of calculated heat transfer coefficient of wall

Funkcja	Materiał	Grubość
Wykończenie 1 [0]	tynk wapienny	0,50
Granica warstwy nośnej	Warstwy powyżej zawinięcia	0,00
Isolacja termiczna/pustka [3]	sympan	10,00
Reżna [1]	Mur z pustaków ceramicznych	20,00
Granica warstwy nośnej	Warstwy poniżej zawinięcia	0,00
Wykończenie 2 [0]	tynk wapienny	1,50
<b>Właściwości analityczne</b>		
Współczynnik przenikania ciepła	0,3120 W/(m²K)	
Opór cieplny [R]	3,1894 (m²K)/W	

Rys. 5. Obliczony współczynnik przenikania ciepła ściany dwuwarstwowej z pustaków ceramicznych  
Fig. 5. Calculated heat transfer coefficient of a double-layer wall (ceramic blocks)

Fig. 5. Calculated heat transfer coefficient of a double-layer wall (ceramic blocks)

Funkcja	Materiał	Grubość
Wykończenie 1 [4]	tynk cementowo-wapienny	1,50
Reżna [1]	warstwa pełnowymiarowa cegła ceramiczna	12,50
Granica warstwy nośnej	Warstwy powyżej zawinięcia	0,00
Isolacja termiczna/pustka	pustka powietrzna	1,50
Isolacja termiczna/pustka	Włna mineralna	10,50
Reżna [1]	mur z pustaków MAX	20,00
Granica warstwy nośnej	Warstwy poniżej zawinięcia	0,00
Wykończenie 2 [5]	tynk wapienny woszczony	1,50
<b>Właściwości analityczne</b>		
Współczynnik przenikania ciepła	0,2152 W/(m²K)	
Opór cieplny [R]	4,6459 (m²K)/W	

Rys. 6. Obliczony współczynnik przenikania ciepła ściany trójwarstwowej z pustaków ceramicznych  
Fig. 6. Calculated heat transfer coefficient of a triple-layer wall (ceramic blocks)

Fig. 6. Calculated heat transfer coefficient of a triple-layer wall (ceramic blocks)

## Podsumowanie

Właściwości termiczne materiałów dostępnych w bibliotekach BIM umożliwiają szybkie i efektywne projektowanie architektury budynku o poprawnej efektywności energetycznej (zgodnej z obowiązującymi normami i standardami). Przy wykonywaniu symulacji energetycznych uwzględniane

Funkcja	Materiał	Grubość
Wykończenie 1 [4]	tynek cienkowarstwowy	0.50
Granica warstwy nośnej	Warstwy powyżej zawinięcia	0.00
Isolacja termiczna/pustka [3]	Styropian	10.00
Nośna [1]	mur z bloczków termalica	24.00
Granica warstwy nośnej	Warstwy poniżej zawinięcia	0.00
Wykończenie 2 [5]	tynek cienkowarstwowy wewn.	0.50
<b>Właściwości analityczne</b>		
Współczynnik przenikania ciepła	0.2366 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
Opór cieplny (R)	4.2265 (m <sup>2</sup> ·K)/W	

Rys. 7. Obliczony współczynnik przenikania ciepła ściany dwuwarstwowej z betonu komórkowego

Fig. 7. Calculated heat transfer coefficient of a double-layer wall (cellular concrete)

Funkcja	Materiał	Grubość
Wykończenie 1 [4]	tynek cienkowarstwowy	0.50
Granica warstwy nośnej	Warstwy powyżej zawinięcia	0.00
Isolacja termiczna/pustka [3]	Styropian	12.00
Nośna [1]	mur z bloczków silikat25	25.00
Granica warstwy nośnej	Warstwy poniżej zawinięcia	0.00
Wykończenie 2 [5]	tynek cementowo-wapienny	1.50
<b>Właściwości analityczne</b>		
Współczynnik przenikania ciepła	0.2803 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
Opór cieplny (R)	3.5670 (m <sup>2</sup> ·K)/W	

Rys. 8. Obliczony współczynnik przenikania ciepła ściany dwuwarstwowej z silikatów

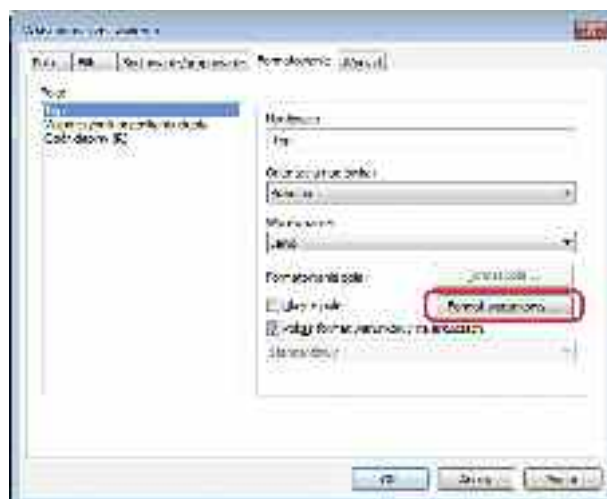
Fig. 8. Calculated heat transfer coefficient of a double-layer wall (silicate)

Funkcja	Materiał	Grubość
Wykończenie 1 [4]	tynek cienkowarstwowy	0.50
Granica warstwy nośnej	Warstwy powyżej zawinięcia	0.00
Isolacja termiczna/pustka [3]	Styropian	10.00
Nośna [1]	mur z pustaków termoizolacyjnych	24.00
Granica warstwy nośnej	Warstwy poniżej zawinięcia	0.00
Wykończenie 2 [5]	tynek cementowo-wapienny	1.50
<b>Właściwości analityczne</b>		
Współczynnik przenikania ciepła	0.2706 W/(m <sup>2</sup> ·K)	
Opór cieplny (R)	3.6951 (m <sup>2</sup> ·K)/W	

Rys. 9. Obliczony współczynnik przenikania ciepła ściany dwuwarstwowej z keramzytobetonu

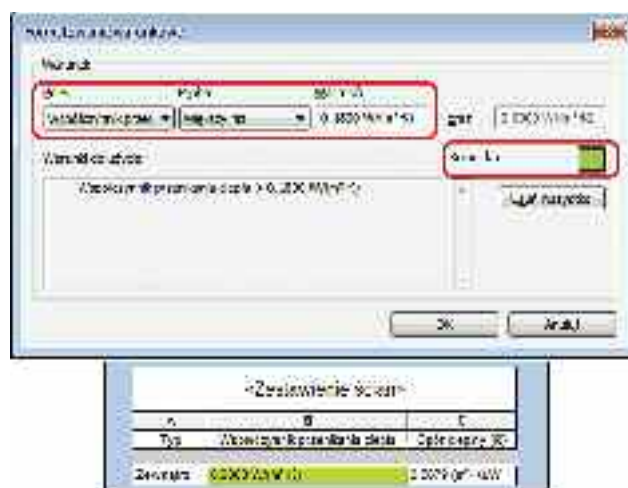
Fig. 9. Calculated heat transfer coefficient of a double-layer wall (lightweight aggregate concrete)

są również inne parametry fizyczne wyrobów tworzących przegrodę, m.in. dyfuzyjność czy ciepło właściwe, a także usytuowanie i ukształtowanie budynku, okna itp. Zaprojektowany model trójwymiarowy budynku może posłużyć do przeprowadzania zarówno uproszczonych, jak i bardziej wyrafinowanych analiz energetycznych. Możliwości i korzyści wynikających z zastosowania technologii BIM jest zdecydowanie więcej niż barier i przeszkód, stojących przed projektantami branży AEC.



Rys. 10. Formatowanie warunkowe w zestawieniu ścian

Fig. 10. Conditional formatting in the wall quantity



Rys. 11. Ustawienia formatowania warunkowego

Fig. 11. Conditional formatting settings

## Literatura

- [1] Janota-Bzowski Jacek. 2015. „BIM ekonomicznie”. *Materiały Budowlane* 517 (9): 122 – 124. DOI: 10.15199/33.2015.09.48.
- [2] Juszczyk M. 2017. „O klasyfikacji BIM w kontekście analiz kosztowych i robót budowlanych”. *Materiały Budowlane* 533 (1): 85 – 86. DOI: 10.15199/33.2017.01.17.
- [3] PN-EN ISO 6946:2004. Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690).
- [5] Węgierek P., Andrzej Szymon Borkowski. 2015. „Revit Architecture. Podstawy projektowania”. Ośrodek Kształcenia Zawodowego ELPRO Sp. z o.o. Lublin. s. 58.

Przyjęto do druku: 13.12.2018 r.

**Zapraszamy na stronę internetową**  
**www.materiałybudowlane.info.pl**