

dr hab. inż. Andrzej Dylla, prof. nadzw. UTP¹⁾
mgr inż. arch. Amabela Dylla^{1)*}
mgr inż. Paulina Rożek¹⁾

Ocena metod obliczania wymiany ciepła przez podłogi na gruncie

Evaluation of methods for calculating heat transfer through the floor on the ground

DOI: 10.15199/33.2015.05.33

(Oryginalny artykuł naukowy)

Streszczenie. W artykule przedstawiono cztery metody obliczania wymiany ciepła przez podłogi na gruncie. Pierwsza najdokładniejsza trójwymiarowa metoda numeryczna, druga metoda przybliżona z uwzględnieniem mostków cieplnych obliczonych symulacją 2D, trzecia metoda przybliżona z uwzględnieniem mostków cieplnych wg danych PN-EN ISO 14683 [7] oraz czwarta metoda orientacyjna. Przeprowadzono analizę pozwalającą na porównanie dokładności analizowanych metod obliczeniowych. Dwie ostatnie metody zaniżają dokładność wyników obliczeń i nie powinny znajdować zastosowania w projektowaniu.

Słowa kluczowe: wymiana ciepła, strumienie cieplne, podłogi na gruncie.

Abstract. In this paper four calculation methods of heat exchange through floors on the ground are presented. The first, most accurate three-dimensional numerical method, the second, approximate method including thermal bridges calculated with 2D simulation, the third, approximate method including thermal bridges according to data from the PN-EN ISO 14683 [7] and the fourth, indicative method. The research allowing for accuracy comparison of used calculation methods was conducted. Two last methods generally underestimate the accuracy of calculation results and should not be used in design process.

Keywords: heat exchange, streams.

Istniejące uwarunkowania projektowe, zarówno w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych (WT) [1], jak i metodologii sporządzania charakterystyki energetycznej budynku [2], wymagają obliczeniowego ustalenia strumieni cieplnych odpływających do gruntu. Istnieje jednak zasadnicza różnica w określeniu poziomu tych wymagań.

W obowiązujących WT dotyczą one tylko podłóg na gruncie, pomijając przyziemia ogrzewane i nieogrzewane generujące istotne straty ciepła z budynku. Dodatkowo, wymagania dotyczące podłóg na gruncie potraktowano arbitralnie, ustalając graniczny współczynnik U pozbawiony wpływu mostków cieplnych 2D i 3D w złączu podłoga – ściana, decydujących o wielkości strat ciepła w tym niewrażliwym miejscu konstrukcji.

Bardziej poprawne procedury zalecono w metodologii [2], bazującej na zapisach normy PN-EN ISO 13790 [3], wskazującej metody obliczania strumieni ciepła do gruntu przedstawione zgodnie z normą PN-EN ISO 13370 znowelizowaną w grudniu 2008 r. [4]. Metody te korzystają z empirycznych przybliżeń 3D, które zalecono jako wystarczająco dokładne. Niestety twórcy metodologii [2] dopuścili alternatywnie skrót pomijający znaczny wpływ mostków cieplnych, zalecając, powszechnie zresztą stosowane w praktyce, obliczenia zgodne z normą instalacyjną PN-EN 12831 [5].

Straty ciepła przez przenikanie, przegród stykających się z gruntem, są trudne do obliczenia. Strumienie cieplne wypływające z ogrzewanego wnętrza mają swój udział w kształtowaniu rozkładu temperatury w gruncie pod budynkiem i jego otoczeniu. Zmiany w temperaturze gruntu obserwowane są w dość znacznym obszarze, rozciągającym się pod budynkiem i w jego sąsiedztwie. Tę okoliczność dobrze charakteryzuje, przyjmowana w obliczeniach strumieni cieplnych, bryła modelująca przepływy ciepła 3D wskazana normą PN-EN ISO 10211 [6], wymagana w najdokładniejszej trójwymiaro-

wej metodzie numerycznej (A) szacowania strat ciepła z budynku przez grunt. Metoda wykorzystuje programy numeryczne 3D, oczekując od projektanta biegłości, i znacznych nakładów czasu.

Przybliżone i orientacyjne metody szacowania strat ciepła do gruntu

Wspomniane metody można, naszym zdaniem, uszeregować w zależności od poziomu uzyskiwanej dokładności:

- 1) metoda przybliżona wg PN-EN ISO 13370 [4] z uwzględnieniem mostków cieplnych, obliczonych symulacją 2D opisaną w rozdziale 10.4.1 PN-EN ISO 10211 [6];
- 2) metoda przybliżona z ujęciem mostków cieplnych wg PN-EN ISO 14683 [7];
- 3) metoda orientacyjna dopuszczona w PN-EN 12831 [5], nieuwzględniająca oddziaływania mostków cieplnych w złączu.

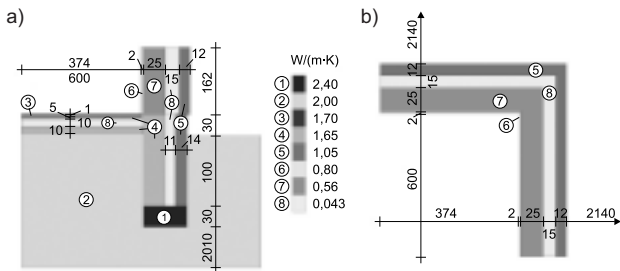
Dwie ostatnie metody zaniżają dokładność wyników obliczeń i nie powinny znajdować zastosowania w projektowaniu. Stosowne porównanie wyników obliczeń, wykonanych wymienionymi trzema metodami i metodą trójwymiarową, zostanie przeprowadzone dla często stosowanego w warunkach krajowych posadowienia budynku bez podpiwniczenia, z posadzką na gruncie, z wykorzystaniem analiz i obliczeń zamieszczonych w pracy [8].

Model do badań

Do badań sprawdzających wytypowano budynek z posadzką na gruncie, którego szczegóły rzutu i przekroju charakteryzuje rysunek. Rozpatrywany model złącza uwzględnia część ściany zewnętrznej znajdującej się w obszarze oddziaływania mostka cieplnego podłoga – ściana. Mostek powoduje dodatkowe straty ciepła w ścianie na całej jej wewnętrznej długości. Otrzymany z obliczenia 3D współczynnik sprzężenia cieplnego złącza L_{3D} zawiera straty przez ścianę w obszarze złącza, stąd straty podstawowe przez ścianę (strumienie jednowymiarowe $\Sigma A_i \cdot U_i$) powinny zostać pominięte, prowadząc do równania:

¹⁾ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji: adylla@utp.edu.pl



Przekrój złącza 3D: a) pionowy i b) poziomy 1/4 budynku, wymiary w cm [8]

Section of 3D joint: a) vertical and b) horizontal of 1/4 of the building, dimensions in cm [8]

$$H_g = L_{3D} - \sum A_i \cdot U_i$$

gdzie:

A_i – powierzchnie wewnętrzne ścian [m²];

U_i – współczynniki przenikania ciepła ścian [W/(m²·K)].

W ten sposób współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie do gruntu H_g zawiera dodatkowe straty ciepła w ścianie wywołane mostkiem w złączeniu tej ściany z podłogą na gruncie.

Badania symulacyjne metody trójwymiarowej

Zadanie polega na obliczeniu współczynnika przenoszenia ciepła przez przenikanie do gruntu H_g oraz średniego współczynnika przenikania ciepła U podłogi na gruncie w tym budynku, z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych. W celu zwiększenia dokładności obliczeń założono znacznie różniącą się temperaturę brzegową złącza: wewnętrzną $\theta_i = 20$ °C i zewnętrzną $\theta_e = -20$ °C. Wyniki symulacji numerycznej zamieszczono w tabeli na podstawie [8].

Metoda przybliżona wg PN-EN ISO 13370

Współczynnik przenoszenia ciepła przez przenikanie do gruntu określa równanie:

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_{g,e}$$

gdzie:

• iloczyn $A \cdot U$ – przybliżone straty ciepła przez podłogę, operujące uśrednionym współczynnikiem przenikania ciepła U , obliczonym zgodnie z PN-EN ISO 13370 dla różnych typów posadowienia budynku;

• iloczyn $P \cdot \Psi_{g,e}$ – straty ciepła wywołane obecnością wszystkich płaskich mostków w granicach złącza na jego krawędzi P , obliczone ($\Psi_{g,e}$):

- 1) symulacją 2D zgodnie z PN-EN ISO 10211 lub
- 2) z uwzględnieniem mostków cieplnych wg danych PN-EN ISO 14683.

W rozważanym przykładzie [8]:

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} = \frac{2}{0,457 \cdot 5,174 + 5,632} = 0,250 [W/(m^2 \cdot K)]$$

Obliczenia wpływu mostków związanych ze złączeniem ściana – podłoga na gruncie za pomocą symulacji komputerowej 2D przeprowadza się wg opcji A, podanej w podrozdziale 10.4.2 normy PN-EN ISO 10211. Jest to sposób ogólny, używany przy modyfikacji zależnej od rozpatrywanego typu konstrukcji podziemia.

Średni współczynnik przenikania ciepła podłogi na gruncie z uwzględnieniem wszystkich mostków występujących w złączeniu ściana – podłoga na gruncie:

przypadek 1) $U_g = H_g/A = 27,341/111,96 = 0,244 [W/(m^2 \cdot K)]$;

przypadek 2) $U_g = H_g/A = 53,958/111,96 = 0,482 [W/(m^2 \cdot K)]$.

Metoda orientacyjna wg PN-EN 12831 [5]

Metoda ta może być stosowana, jako pomocnicza, przy obliczaniu instalacji centralnego ogrzewania w budynkach. Pomija się w niej wpływ mostków cieplnych.

Średni współczynnik przenikania ciepła przez grunto ogrzewanego podziemia U :

$$U = \frac{H_g}{A} = \frac{34,09}{111,96} = 0,30 [W/(m^2 \cdot K)]$$

Współczynnik przenikania ciepła przez podłogę:

$$H_g = f_{g1} \cdot A \cdot U_{eq,bf} = 1,45 \cdot 111,96 \cdot 0,21 = 34,09 W/K$$

Współczynnik $U_{eq,bf}$ przyjęto, ekstrapolując dane z tablic normy [5] dla wartości zagłębienia budynku w terenie $z = 0,3$ m.

Analiza dokładności metod

Wartości dwóch parametrów decydujących o jakości cieplnej rozwiązania podano w tabeli.

Parametry cieplne budynków z podłogą na gruncie, obliczone różnymi metodami

Thermal parameters of buildings with the floor on the ground calculated by different methods

Lp.	Metoda obliczeń	H_g [W/K]	U [W/(m ² ·K)]	Zalecane stosowanie
A)	Trójwymiarowa numeryczna, symulacja 3D wg PN-EN ISO 10211	30,452*	0,272*	+
1)	Przybliżona wg PN-EN ISO 13370 mostki symulacja 2D z PN-EN ISO 10211	27,341*	0,244*	+/-
2)	Przybliżona wg PN-EN ISO 13370 mostki z PN-EN ISO 14683	53,958	0,482	-
3)	Orientacyjna wg PN-EN 12831, bez wpływu mostków	34,09	0,30	-

*wyniki podane w pracy [8]

Metoda przybliżona jest uznana za poprawną, mimo jej stosunkowo niedużej dokładności w przypadku niektórych posadowień budynków. Naszym zdaniem metody: przybliżona – 2) i orientacyjna – 3), nie powinny być dopuszczone do stosowania do czasu wprowadzenia koniecznych uzupełnień i poprawek zwiększających ich dokładność. Szczególnie metoda przybliżona daje nierealne wartości strat ciepła przez podłogi na gruncie, sztucznie zaniżając rzeczywiste zdolności termoizolacyjne budynku.

Literatura

- [1] 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. poz. 926).
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. z 18 marca 2015 r., poz. 376).
- [3] PN-EN ISO 13790:2009 Energetyczne właściwości użytkowe budynków. Obliczanie zużycia energii na potrzeby ogrzewania i chłodzenia.
- [4] PN-EN ISO 13370:2008 Ciepłe właściwości użytkowe budynków. Przenoszenie ciepła przez grunt. Metody obliczania.
- [5] PN-EN 12831:2006 Instalacje grzewcze w budynkach. Metoda obliczania projektowego obciążenia cieplnego.
- [6] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [7] PN-EN ISO 14683:2008 Mostki cieplne w budynkach. Liniowy współczynnik przenikania ciepła. Metody uproszczone i wartości orientacyjne.
- [8] Dylla A., 2015. Fizyka cieplna budowl i w praktyce. Obliczenia ciepło-wilgotnościowe. Wydawnictwa PWN SA Warszawa (w przygotowaniu).

Otrzymano 09.01.2015 r.