

Paula SZCZEPANIAK, Hubert KACZYŃSKI

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

ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ ROZWIĄZAŃ PODŁÓG NA GRUNCIE W BUDYNKACH ZE ŚCIANAMI JEDNOWARSTWOWYMI

Artykuł przedstawia problematykę jakości termicznej rozwiązań węzła połączenia budynku z gruntem w przypadku ścian kondygnacji w technologii jednowarstwowej.

Słowa kluczowe: ściana jednowarstwowa, mostek termiczny, energooszczędność

WPROWADZENIE

Budynki o niskim i bardzo niskim zapotrzebowaniu na energię, w zakresie rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych, kojarzone są przede wszystkim z budynkami o warstwowym układzie przegród zewnętrznych. Ochronę cieplną budynku przejmuje wydzielona warstwa izolacji termicznej mocowanej do warstwy konstrukcyjnej. Równocześnie, od wielu lat, na rynku istnieją systemy ścian jednowarstwowych, pełniących zarazem funkcję konstrukcyjną i izolatora termicznego. W okresie od 1.05.1998 r. do 31.12.2008 r. rozwiązania te były uprzywilejowane w stosunku do ścian warstwowych. Dla budynków w zabudowie jednorodzinnej Rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych [1], z dnia 30.09.1997 r., do wymagań w zakresie izolacyjności termicznej wprowadzono podział ścian zewnętrznych ze względu na ich budowę: o budowie warstwowej i pozostałe - w praktyce jednowarstwowe, dla których wymagania były łagodniejsze (tab. 1).

Tabela 1. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła U [$W/m^2 \cdot K$] podstawowych przegród zewnętrznych wg różnych standardów ochrony cieplnej budynków ogrzewanych [1-3]

Współczynnik przenikania ciepła U [$W/(m^2 \cdot K)$]	Warunki techniczne					NF40	NF15	Pasywny
	1998	2008	2014	2017	2021			
ściana ($T_i > 16^\circ C$)	0,30 ^{*)} 0,50	0,30	0,25	0,23	0,20	0,15	0,12	0,15
podłoga na gruncie	—	0,45	0,30			0,20		

^{*)} o budowie warstwowej z izolacją z materiału o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda \leq 0,05 W/(m \cdot K)$

1. ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE ŚCIAN

Swoją popularność ściany jednowarstwowe zawdzięczają mniejszej praco- chłonności wykonania, a w konsekwencji także niższemu kosztowi wykonania przegrody. Inwestorów zachęca też to, że oferowane są nie tylko elementy mуро- we, ale także wyroby uzupełniające tworzące w zestawie kompleksowy system - kształtki nadprożowe, elementy ocieplenia wieńca, tynki ciepłochronne, zaprawy cienkowarstwowe, stropy belkowo-pustakowe, narzędzia do murowania. Wyroby do wznoszenia ścian zewnętrznych jednowarstwowych są przez producentów sys- tematycznie ulepszone, zwłaszcza w zakresie poprawy izolacyjności termicznej, tak aby spełniały aktualne wymagania Rozporządzenia [2], niezależne od rodzaju konstrukcji ściany. Obecnie proponowane na rynku elementy mуроwe charaktery- zują się przewodnością cieplną w zakresie już od $\lambda = 0,075 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (tab. 2).

Tabela 2. Charakterystyka elementów mуроwych do wznoszenia ścian jednowarstwowych

Materiał	Ceramika poryzowana z wypełnieniem z wełny mineralnej [4]		Autoklawizowany beton komórkowy [5, 6]		
Wymiary modułarne elementu [mm]	248×380×249 248×440×249		599×480×199	599×400×249	599×480×249
Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]	0,077		0,095	0,075	
Grubość muru [cm]	38	44	48	40	48

2. LINIOWY WSPÓŁCZYNNIK PRZENIKANIA CIEPŁA

O jakości termicznej całej przegrody budowlanej świadczy zarówno wartość współczynnika przenikania ciepła U , jak i liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ . Pierwszy z parametrów dotyczy podstawowego układu materiałowego przegrody. Drugi wynika z występujących w przegrodach mostków termicznych, będących skutkiem zmian geometrii (narożniki, wnęki), przerwaniem ciągłości przegrody lub jej warstwy (oparcie stropów, mocowanie stolarki otworowej). Według aktualnego standardu energetycznego określonego Rozporządzeniem [2], wymagane jest tylko spełnienie warunku U_{Cmax} . W przypadku wyższego standardu energetycznego obudowy budynku wymagane są również dopuszczalne wartości liniowego współczynnika ciepła Ψ - w standardzie budynków pasywnych oraz w standardzie Programu Priorytetowego NFOŚiGW NF40 i NF15 (tab. 3).

Tabela 3. Graniczne wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ dla budynków o różnych standardach energetycznych [2, 3]

Mostek cieplny	$\Psi_{\max}$ [W/(m·K)]						
	Warunki Techniczne				NF40	NF15	Pasywny
	2008	2014	2017	2021			
– w obszarze posadowienia budynków na gruncie	brak wymagań				0,15		0,01
– płyty balkonowe					0,30	0,05	
– pozostałe mostki cieplne					0,10	0,05	
– mostki w obszarze posadowienia na gruncie					0,15		

W ścianach szczelinowych rozdzielenie funkcji konstrukcyjnej i izolacyjnej powoduje, że umieszczona od zewnętrznej strony wydzielona warstwa izolatora termicznego w miejscach połączeń elementów konstrukcyjnych jest ciągła i zachowuje swoją grubość. Spełnienie tego warunku, w przypadku gdy stosowane jest wymiarowanie zewnętrzne, pozwala zgodnie z PN-EN ISO 13789 [7] na pominięcie liniowego i punktowego współczynnika przenikania ciepła w obliczeniach współczynnika przenoszenia ciepła H_T . Ściany jednowarstwowe, które pełnią jednocześnie rolę izolacyjną i konstrukcyjną, z równomiernie rozłożonymi izotermami temperatur w grubości przegrody, tego wymagania nie spełniają. Węzły konstrukcyjne tych przegród zewnętrznych wymagają szczegółowej analizy na etapie projektowania. Takie ostrożne postępowanie sugerują również wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła innych węzłów tego typu ścian - są one wyższe niż w przypadku ścian warstwowych.

3. JAKOŚĆ TERMICZNA WĘZŁA GRUNT-PODŁOGA

Istotnym elementem w przypadku węzła połączenia budynku z gruntem dla ścian jednowarstwowych jest proponowane rozwiązanie połączenia ściany fundamentowej ze ścianą nadziemną i podłogą. Jako ścianę fundamentową w rozwiązaniach systemowych proponuje się ścianę szczelinową [4], dwuwarstwową [6] lub jednowarstwową [5] bez docieplenia. Grubość izolacji cokołu nie jest podawana w ogóle lub przyjmowana równa 5,0 cm. Zgodnie z Rozporządzeniem [2], wymagane jest stosowanie izolacji cieplnej obwodowej (pionowej lub poziomej) o oporze cieplnym większym niż 2,0 (m²·K)/W. Do analizy liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ przyjęto model z izolacją krawędziową pionową spełniającą powyższe wymagania, tj. 8,0 cm.

Tabela 4. Ukształtowanie i parametry obliczeniowe złącza ściana-podłoga [8]

Material	Grubość [m]	λ [W/(m·K)]
ściana fundamentowa		
styropian	0,08	0,04
beton zwykły	0,25/0,38	1,5
ściana nadziemia - U_w		
tynek cem.-wap.	0,02	0,82
mur	d_w	λ_w
tynek cem.-wap.	0,015	0,82
podłoga na gruncie - U_g		
terakota	0,02	1,05
podkład	0,06	1,0
styropian	d_g	0,04
warstwa wyrównawcza	0,10	1,15
grunt	0,5B'/2,5B'	2,0

The diagram illustrates a cross-section of a wall and foundation assembly. The wall is on the left, and the foundation is on the right. The wall height is 2,5B' above the ground level (±0,00). The foundation width is 60. The wall thickness is 0,5B'. The foundation is made of concrete (beton zwykły) with a thickness of 0,25/0,38. The wall is constructed with a brickwork (mur) and a plaster (tynek cem.-wap.) layer. The foundation is also constructed with a brickwork (mur) and a plaster (tynek cem.-wap.) layer. The ground level is indicated by a dashed line at ±0,00. The ground below the foundation is labeled as 'grunt' (soil) with a thermal conductivity of 2,0. The thermal resistance of the wall is labeled as U_w and the thermal resistance of the foundation is labeled as U_g . The thermal resistance of the joint between the wall and the foundation is labeled as R_{min} . The dimensions of the insulation layers are given as d_w and d_g . The thermal conductivity of the insulation is given as 0,04. The thermal conductivity of the concrete is given as 1,5. The thermal conductivity of the brickwork is given as 0,82. The thermal conductivity of the plaster is given as 0,02. The thermal conductivity of the ground is given as 2,0. The dimensions of the wall and foundation are given in terms of B'.

Obliczenia wykonano dla wszystkich rodzajów materiałów ścian jednowarstwowych przedstawionych w tabeli 2, przy grubości przegrody zapewniającej spełnienie wymagań dla budynku „o niskim zapotrzebowaniu energii” wg „Krajowego Planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii” [10]. Grubość warstwy izolacji termicznej w podłożu przyjęto odpowiadającą izolacyjności termicznej na poziomie $U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ dla wymiaru charakterystycznego podłogi B' i grubości izolacji d_g (tab. 4):

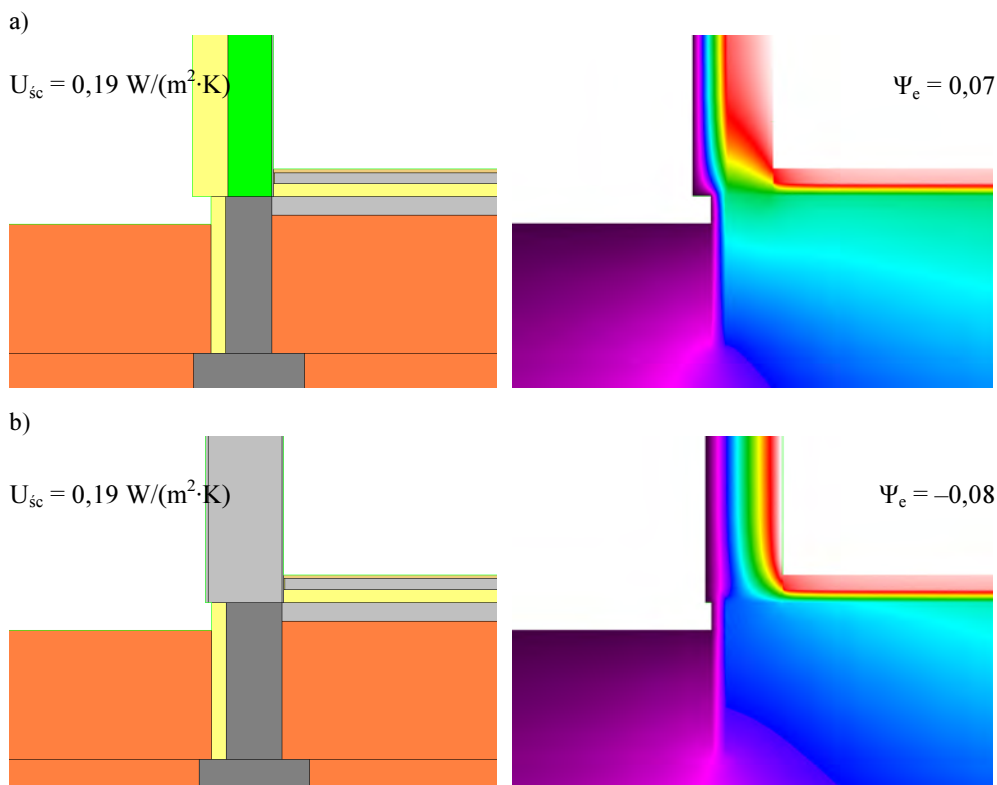
- $B' = 4,0 \text{ m}$, $d_g = 0,08 \text{ m}$,
- $B' = 8,0 \text{ m}$, $d_g = 0,05 \text{ m}$.

Tabela 5. Wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ_e

Element murowy	Ceramika poryzowana z wypełnieniem z wełny mineralnej		Autoklawizowany beton komórkowy		
	$\lambda = 0,077$		$\lambda = 0,095$	$\lambda = 0,075$	
Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(m·K)]					
Grubość muru [cm]	38	44	48	40	48
Współczynnik przenikania ciepła ściany U_w [W/(m ² ·K)]	0,20	0,17	0,19	0,18	0,15
Współczynnik przenikania ciepła podłogi U_g [W/(m ² ·K)]	0,30				
$B' = 4,0 \text{ m}$	−0,05	−0,09	−0,09	−0,04	−0,08
$B' = 8,0 \text{ m}$	−0,09	−0,17	−0,17	−0,09	−0,16

Wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ wyznaczono dla wymiarowania zewnętrznego, korzystając z opcji A wg PN-EN ISO 10211 [9].

Dla wszystkich wariantów ścian liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ_e osiąga wartości ujemne (tab. 5). W obszarze tego samego wymiaru charakterystycznego B' są one zbliżone. Zwiększenie B' (dla dowolnego rozmiaru podłogi powyżej $B' = 8,0$ m), pomimo zmniejszenia grubości izolacji termicznej, powoduje, że wartość Ψ_e maleje. Korzystniejsze (niższe) wartości uzyskuje się w obrębie tej samej wartości B' wraz ze wzrostem grubości ściany.



Rys. 1. Układ materiałowy węzła i rozkład temperatur: a) w ścianie dwuwarstwowej, b) w ścianie jednowarstwowej

W ścianach jednowarstwowch, w miejscu połączenia ściany nadziemnej z podłogą, wyraźnie inaczej kształtuje się rozkład temperatur niż w ścianie warstwowej. Izolacyjność termiczna materiału ścian jest już bardzo zbliżona do wartości λ materiałów izolacyjnych. Powoduje to wystąpienie efektu uciąglenia warstwy izolacyjnej, podobnie jak ma to miejsce w mostkach w ścianach warstwowych. Efekt ten przedstawiono na rysunku 1, gdzie do porównania przyjęto ścianę o takiej samej izolacyjności termicznej z warstwą konstrukcyjną wykonaną z elementów silikatowych.

Wartości współczynnika temperaturowego f_{Rsi} dla rozważanych przegród wynoszą powyżej 0,86, co spełnia wymagania Rozporządzenia [2], gdzie $f_{Rsi,min} = 0,72$.

PODSUMOWANIE

Wartości współczynnika przenikania ciepła ścian jednowarstwowych z prezentowanych materiałów osiągają wartości spełniające wymagania, które obowiązywać będą po 01.01.2021 r., a obecnie, zgodnie z „Krajowym Planem mającym na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii” [10], spełniają wymagania dla budynków o niskim zużyciu energii. W przypadku gazobetonu o najniższej wartości przewodności cieplnej, przy grubości muru 48 cm, przegroda spełnia wymagania dla budynku pasywnego. Uzyskane wartości Ψ_e są znacznie niższe niż wymagane w standardzie NF15 i NF40 Programu Priorytetowego, jak też budynku pasywnego. Wynika to ze sposobu ukształtowania węzła, w którym materiał konstrukcyjny o bardzo małej przewodności cieplnej λ i materiał izolacyjny, ze względu na otrzymany rozkład izoterm, tworzą rozwiązanie zbliżone do mostka termicznego narożnika ściany.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 30 września 1997 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU Nr 132, poz. 878 z późn. zm.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU Nr 75, poz. 690 z późn. zm.
- [3] Program Priorytetowy NFOŚiGW „Poprawa efektywności energetycznej”.
- [4] Chruściel W., Sulik P., Wytyczne do projektowania konstrukcji murowych w systemie Porotherm Dryfix, 2012.
- [5] Zeszyt techniczny. Projektowanie architektoniczne i konstrukcyjne budynków w systemie Ytong, Wyd. IV, Warszawa 2015.
- [6] www.termalica.pl
- [7] PN-EN ISO 13789:2008 Ciepłne właściwości użytkowe budynków. Współczynniki przenoszenia ciepła przez przenikanie i wentylację. Metoda obliczania.
- [8] PN-EN 12524:2003 Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabelaryczne wartości obliczeniowe.
- [9] PN-EN ISO 10211:2008 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [10] Uchwała Nr 91 Rady Ministrów z dn. 22 czerwca 2016 r. w sprawie przyjęcia „Krajowego Planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii”, MP z dn. 16 lipca 2015 r., poz. 614.

THE ENERGY EFFICIENCY OF THE SLAB ON THE GROUND SOLUTIONS FOR BUILDINGS WITH SINGLE-LEAF WALLS

In the paper the issue of thermal quality solutions for slab on the ground joint's in case of single-leaf above-ground walls has been presented.

Keywords: single-leaf wall, thermal bridge, energy efficiency