

dr inż. Bożena Orlik-Kozdoń*
dr inż. Tomasz Steidl*

Diagnostyka izolacyjności cieplnej przegród budowlanych

Katalog przegród budowlanych

Heat insulation diagnosis of building walls
Catalog building walls

Zadaniem przegrody budowlanej jest zapewnienie ochrony przed oddziaływaniem środowiska zewnętrznego oraz bezpieczne przenoszenie obciążeń. Trwałość ścian budynków wznoszonych w minionych latach znacznie przekracza jedno pokolenie. Stan taki powinien wymuszać gromadzenie i przechowywanie dokumentacji związanej z budynkami przez ich właścicieli bądź administratora przez cały okres życia budynku. Obowiązek prowadzenia książki obiektu budowlanego praktycznie zanikł po 1945 r., a wznowiony został z chwilą wdrożenia w 1995 r. znowelizowanego Prawa budowlanego. Tak duża przerwa w obowiązku prowadzenia i przechowywania dokumentacji budynku spowodowała w wielu przypadkach brak informacji o historii obiektu, w tym również o rodzaju i stanie przegród budowlanych. Natomiast poprawa jakości cieplnej budynków wymaga dobrej znajomości budowy docieplanych ścian. Wiedza dotycząca budowy przegród, technologii ich wznoszenia oraz właściwości stosowanych materiałów budowlanych jest obecnie bardzo rozproszona i trudno dostępna. Stan taki był przyczynkiem do opracowania katalogu przegród budowlanych.

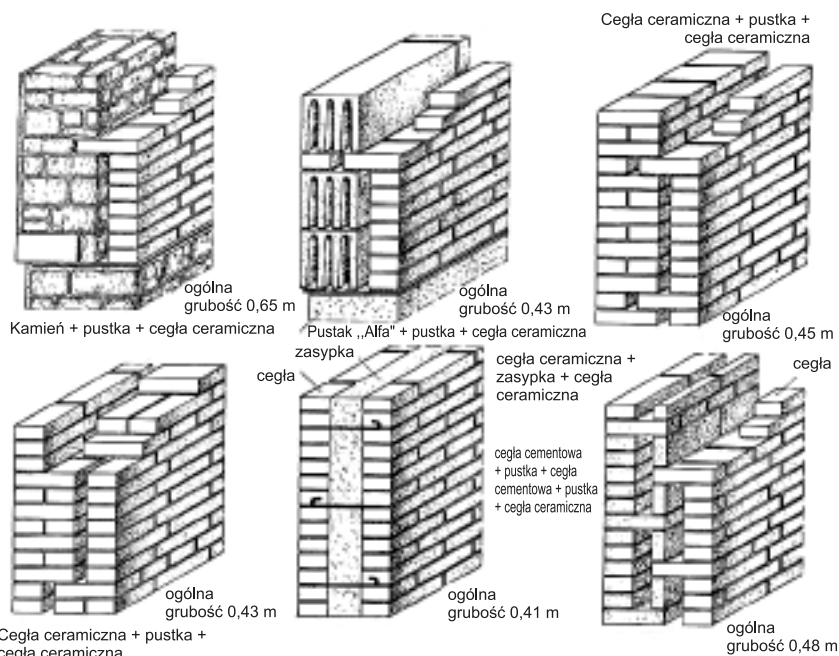
Przegrody budowlane wznoszone do końca XX w. a ich izolacyjność cieplna

Zmiana izolacyjności cieplnej przegrody istniejącej nie może prowadzić do pogorszenia warunków eksploatacji pomieszczeń. Nowo projektowane docieplenie musi być dobrze dopasowane do istniejącej przegrody, aby całość spełniała obowiązujące wymagania dotyczą-

ce bezpieczeństwa pożarowego i bezpieczeństwa użytkowania, w tym nie prowadziła do kondensacji wilgoci i zagrzybienia. Znając w przybliżeniu rok, w którym budynek był projektowany, można wstępnie określić współczynnik przenikania ciepła przegród.

Pierwsze obowiązujące przepisy, które mogą być interesujące dla współczesnych architektów, audytorów i certyfikatorów, mają charakter lokalny i oparte są na tradycjach budowlanych. W dokumencie „Bau-Polizei Ordnung für Berlin” z końca XIX w., określona jest minimalna grubość ścian zewnętrznych jako 1,5 cegły, a ścian szczytowych bez okien – 1,0 cegły. W tym czasie na terenach zaboru rosyjskiego jako minimalną grubość przyjmowano 2,0 cegły. Jednym z pierwszych dokumentów normatywnych było Rozporządzenie Ministerialne z 24 mar-

ca 1901 r., wydane w ówczesnym Cesarstwie Niemieckim. Rozporządzenie to podawało wartości liczbowe współczynnika przenikania ciepła K , jakie powinny zostać obliczone i zachowane przez architekta przy projektowaniu z błędem nieprzekraczającym 10% obliczanej wartości. Obecnie znając grubość muru ceglano-ego, możemy z dużym prawdopodobieństwem określić współczynnik przenikania ciepła U . Należy jednak pamiętać, że ujednolicenie wymiarów cegły to zaledwie ostatnie kilkadziesiąt lat. Wymiary cegieł z przełomów wieków w ścianach budynków mieszkalnych, które nadal są eksploatowane, różnią się nawet o kilka centymetrów. Mur ceglany, który zastosowano w większości ścian budynków mieszkalnych powstałych od początku XX w. do lat 50., najczęściej ma niejednorodną budowę i zmienną grubość



Rys. 1. Mury ceglano-budynków mieszkalnych z XIX i początku XX w.

* Politechnika Śląska

na wysokości budynku. Przyjrzyjmy się kilku przykładom konstrukcji ściany ceglanej lub mieszanej kamiennie-ceglanej (rysunek 1). Obliczanie izolacyjności cieplnej przegród wydaje się dość łatwe dla ścian jednorodnych wykonywanych z cegieł. Przyglądając się nieco dokładniej różnorodnej budowie ścian ceglanych, można zauważyć, iż najlepszą metodą przy wykonywaniu obliczeń jest wykonanie prostego modelu uwzględniającego dwuwymiarowy przepływ ciepła w przegrodzie.

Poddajmy analizie ścianę ceglana grubości 34 cm z I połowy XX w., której budowa od zewnątrz jest następująca:

- tynk wapienno-cementowy;
- cegła kratówka;
- izolacja z płyt wiórowo-cementowych;
- cegła ceramiczna pełna;
- tynk wewnętrzny wapienno-piaskowy.

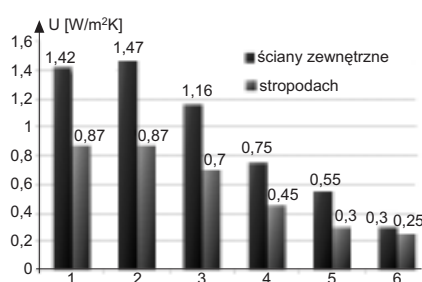
W przypadku tej ściany współczynnik przenikania ciepła U w przypadku obliczeń ręcznych U wynosi 1,04 W/(m²K), a obliczeń z uwzględnieniem dwuwymiarowego przepływu ciepła $U = 1,10$ W/(m²K). Różnica pomiędzy współczynnikami wynosi więc ok. 10%. Dla bardziej skomplikowanych przypadków murów przewiązanych, zwłaszcza z pustkami powietrznymi słabo wentylowanymi lub niewentylowanymi, różnica może nawet sięgać 25%.

Dobłą praktyką inżynierską w przypadku diagnozowania izolacyjności cieplnej murów pochodzących z XIX w. jest zapoznanie się nie tylko z ich budową i stanem technicznym, ale też z wymaganiami, jakie obowiązywały w czasach wznoszenia konstrukcji murowej. Wymagań tych bardziej przestrzegano, niż dzieje się to obecnie. Na dawnych ziemiach zaboru pruskiego oraz na terenach przylegających, praktycznie od 1900 r. aż do lat II wojny światowej, określone były wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych w zależności od ich grubości (tabela). Dla dachu, stropodachu minimalny projektowany współczynnik przenikania ciepła wynosił: $U = 2,73 - 2,85$ W/(m²K).

Wymagane współczynniki przenikania ciepła U w zależności od grubości ściany obowiązujące od 1900 r. do II wojny światowej na dawnych ziemiach zaboru pruskiego oraz terenach przylegających

Grubość ściany [m]	0,12	0,25	0,35	0,51	0,64	0,77	0,90
Współczynnik U^* [W/(m ² K)]	2,74	1,94	1,48	1,25	1,03	0,91	0,74

* W oryginalnych wymaganiach wartości współczynnika przenikania ciepła podawano w kcal/(m²h°C)



Rys. 2. Zmiany wymagań wartości granicznych współczynnika przenikania ciepła U od lat 50. do czasów obecnych (1 – PN-57/B-02405; 2 – PN-64/B-03404; 3 – PN-74/B-04304; 4 – PN-82/B-02020; 5 – PN-91/B-02020; 6 – WT 2008)

Systematyka związana z wiekiem budynku, tj. z okresem jego projektowania i realizacji, ma mocne uzasadnienie w przypadku konieczności określenia izolacyjności cieplnej. Od czasów powojennych wprowadzano, jako obowiązujące przy projektowaniu, krajowe wymagania państwowe w zakresie współczynnika przenikania ciepła dawniej k , a obecnie, U (rysunek 2). Znajomość obowiązujących wymagań z ostatnich 60 lat powinna być pierwszym elementem diagnozowania izolacyjności cieplnej większości istniejących przegród budowlanych.

Nieznacznie zmieniły się też sposoby obliczania izolacyjności przegród. Obecnie metody obliczeń służące do projektowania nowych obiektów nie zawsze w pełni pozwalają odzwierciedlić faktyczny stan izolacyjności przegród w istniejących starych obiektach, które wznoszone były z materiałów o innych parametrach niż stosowane obecnie. Niektórych z tych materiałów nie stosuje się już od dawna.

W przypadku korzystania z istniejącej dokumentacji należy z rezerwą podchodzić do danych w takim projekcie, bowiem na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat zmianom uległy nie tylko wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej przegród, ale również sposób jej obliczania. Wartości współczynnika przenikania ciepła U (k), które można znaleźć w projektach archiwalnych, obecnie nie odzwierciedlają wartości, jaka powinna być przyjęta do obliczeń na potrzeby

wykonania certyfikatu czy audytu energetycznego. Wartości współczynnika przenikania ciepła U podane w opracowanych kartach katalogowych przegród zewnętrznych wynikają z obecnie przyjętej metodyki obliczeń oraz danych materiałowych zawartych w normach zharmonizowanych. Wartości końcowe będą się różniły liczbowo od wartości wyliczonych w projektach archiwalnych. W przypadku wielu materiałów budowlanych stosowanych do wznoszenia ścian na przestrzeni lat zmianie uległy ich właściwości cieplne.

Założenia katalogu przegród budowlanych

Celem ułatwienia pracy projektantów, architektów, a w szczególności audytorów i certyfikatorów w Katedrze Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli Politechniki Śląskiej opracowano katalog przegród budowlanych zawierający przykładowe rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian zewnętrznych i stropów.

Metodologie tworzenia katalogu oparto na następujących założeniach:

■ przegrody zaszeregowano do odpowiedniej grupy metod budowania i systemu ich realizacji (wznoszenia);

■ współczynnik przenikania ciepła U obliczony został indywidualnie dla każdego rozwiązania (często brak zgodności z obecnymi wymaganiami WT),

■ zastosowane materiały i konstrukcje odpowiadają obowiązującym normom, wymaganiom i świadectwom, aprobatom dopuszczenia do stosowania w budownictwie;

■ rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe są przyjęte wg dokumentacji zawartej w katalogach, informatorach, świadectwach dopuszczenia do stosowania, dostępnych autorom opracowania;

■ skupiono się na przegrodach wznoszonych od połowy XIX w. do końca XX w. na terenach ziem polskich.

W katalogu każdej przegrody przedstawiono:

• krótką charakterystykę przegrody, określenie zakresu stosowania itp.;

• fragment ściany pełnej z opisem poszczególnych warstw;

• wartości współczynnika przenikania ciepła U dla części pełnej;

• wartości poprawki na kotwy χ (dla przegród wielowarstwowych);

• wartości poprawki na typowe mostki liniowe występujące w przegrodzie, podając zazwyczaj jedną wartość ψ .

Analizę i kompletowanie typów materiałowych przegród wykonano, posilując się równocześnie podziałem czasowym.

Informacje zawarte w katalogu mają charakter przykładowy, natomiast pewne szczególne przypadki, np. rozwiązań mostków termicznych, muszą być rozwiązane indywidualnie, gdyż użycie elementów drobnowymiarowych daje dużą swobodę kształtowania architektonicznego i materiałowo-konstrukcyjnego budynku oraz wysoki stopień indywidualizacji rozwiązań, zwłaszcza budownictwa jednorodzinne.

Katalog przegród powinien służyć jedynie do wstępnego – szacunkowego wykonywania charakterystyki cieplnej przegrody. Wiele z prezentowanych przegród charakteryzuje się złym stanem technicznym (np. budynki uprzemysłowione), dlatego dla nich należałoby dokonać kon-

wersji właściwości termicznych (współczynnik przewodności cieplnej) na warunki użytkowania (PN ISO 10456:2008) lub zastosować odpowiednią technikę pomiarową in situ. Przykładową kartę katalogową pokazano na rysunku 3.

Źródła błędów przy obliczaniu oporu cieplnego przegród katalogowych

Analizując budowę przegród zewnętrznych, ich stan rzeczywisty, warunki pracy i technologię wznoszenia, korzystając z katalogu, należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość popełnienia błędów w ocenie przegrody rzeczywistej w porównaniu z przegrodą katalogową. Błędy te mogą być spowodowane:

- niewłaściwą oceną materiału konstrukcyjnego przegrody, np. beton agloprytowy jest w wyglądzie zewnętrznym

identyczny z betonem na kruszywie zwykłym, różni się jednak znacznie pod względem współczynnika przewodzenia ciepła;

- niewłaściwą oceną materiału izolacyjnego, np. pustaki typu PGS mają wygląd identyczny, ale w zależności od gęstości (odmiany) różnią się znacznie współczynnikiem przewodzenia ciepła, wełna mineralna produkowana w latach 1960 – 1980 niewiele różni się wyglądem od wełny żużlowej itp.

- niewłaściwą oceną stanu technicznego materiałów zabudowanych w przegrodzie;

- brakiem prawidłowego rozpoznania wad technologicznych, zwłaszcza budynków wielkopłytowych.

Wymienione błędy mogą powodować różnice w ocenie przegrody katalogowej i rzeczywistej nawet do 20% końcowej wartości współczynnika przenikania ciepła.

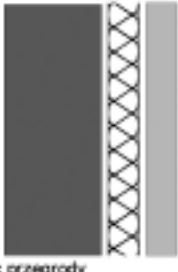
Podsumowanie

Celem opracowania katalogu jest zgromadzenie i uporządkowanie informacji dotyczących jakości cieplnej przegród zewnętrznych wraz z występującymi w nich typowymi mostkami cieplnymi. Przedmiotowy katalog przegród zewnętrznych jest przeznaczony dla audytorów energetycznych jako pomoc przy sporządzaniu certyfikatów, dla projektantów przy zagadnieniach remontowych, inwestorów, wykonawców remontów jako informator przy ocenie i doborze rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych. Jego zasadniczym elementem jest karta charakterystyki materiałowej przegrody, która ułatwi identyfikację warstw przegrody i jej charakterystyki energetycznej wyrażonej oporem cieplnym R [m^2K/W].

Artykuł zrealizowano w ramach projektu strategicznego: Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków – PBS-2/RB9/2010

Abstract

The paper presents the formed catalog building partitions. Catalog selection includes walls and floors of residential buildings constructed in the mid-nineteenth to the end of the twentieth century the Polish lands. The article discusses the key technologies of erecting exterior walls including regulations relating to thermal insulation in force during design and construction. Summary Catalog is created for the needs of architects and engineers involved in the modernization of the walls and ceilings of such objects.

TYP BUDYNKU		M - 1- 00	
	Rok budowy	od 1970	do 1985
	SZO		1
	OPIS BUDYNKU TYPOWEGO		Uwagi
	Budownictwo mieszkaniowe, możliwość zastosowania w budownictwie użyteczności publicznej o zbliżonych do budownictwa wymaganiach użytkowych: hotele, domy studenckie		Ściana zewnętrzna nadziemna, nośna
	Technologia wznoszenia		
W-70 Wieka płyta, prefabrykowane elementy konstrukcyjne			
Odmiana lokalna systemu / nazwa			
Wk-70, CWT-75			
Użytkowanie przegrody w budynku			
RODZAJ PRZEGRODY		Ściana zewnętrzna kondygnacji nadziemnych	
		Konstrukcja przegrody:	
		Warstwy od strony wewnętrznej	$R_0 = 0,13$
			$R_{te} = 0,040$
		1. Warstwa z betonu	
		2. Izolacja z wełny mineralnej	
		3. Warstwa fakturowa z betonu	
		4.	
		5.	
Szkic przegrody		Wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej przegrody /data/	
		Współczynnik przenikania ciepła [W/m^2K]	
		< 1957	1964
		1976	1982
		1991	1995
		2009	> 2011
		1,42	1,16
		1,16	0,76
		0,66	0,3
		0,3	< 0,3
		Wsp. przewodzenia	Grubość warstwy
		λ [W/mK]	d [cm]
		R	Współczynnik U
		$[m^2K/W]$	$[W/(m^2K)]$
1. Warstwa z betonu		2,2	15,00
2. Izolacja z wełny mineralnej		0,04	6,00
3. Warstwa fakturowa z betonu		1,15	6,00
4.			
5.			
Uwagi: w obliczeniach nie uwzględniono: liniowych mostków cieplnych, zmian grubości materiału izolacji cieplnej – wełny mineralnej			
Źródło danych materiałów:			
1. Systemy budownictwa mieszkaniowego i ogólnego: W-70, Szczeciński, SBO, SBM-75			
2. Biniński T., Gaczek W.: Systemy uprzemysłowionego budownictwa ogólnego			
3. Lugez J.: Budownictwo mieszkaniowe z elementów wielkopłytowych			
4. Starosolski W. Elementy budownictwa uprzemysłowionego			

Rys. 3. Przykładowa karta katalogowa przegrody zewnętrznej