

Beata ORDON-BESKA
Politechnika Częstochowska

IZOLACJA CIEPLNA PRZEGRÓD STROPOWYCH W ŚWIETLE AKTUALNYCH PRZEPISÓW I ICH ZMIAN

W artykule przedstawiono wyniki obliczeń grubości warstwy izolacji termicznej stropów nad ostatnią kondygnacją i stropów nad piwnicą dla kilku wybranych konstrukcji tych przegród. Obliczenia wykonano dla wymagań izolacyjności cieplnej wyrażonej współczynnikiem U z roku 2009 i 2014 oraz dla wymagań, które będą obowiązywać w roku 2017 i 2021.

Słowa kluczowe: efektywność energetyczna, grubość izolacji termicznej, strop nad ostatnią kondygnacją, strop nad piwnicą, strop żelbetowy

WPROWADZENIE

Polityka energetyczna Unii Europejskiej nakłada na kraje członkowskie obowiązek prowadzenia działań zmierzających do zwiększenia efektywności energetycznej gospodarki. Ma to spowodować zmniejszenie tempa wyczerpywania się złóż paliw, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, pobudzić rozwój gospodarczy przez opracowanie i wykorzystywanie nowych technologii oraz zmniejszyć uzależnienie krajów członkowskich od importu paliw.

Zgodnie z ustaleniami Rady Europy z marca 2007 r., planowana skala wzrostu efektywności energetycznej ma skutkować zmniejszeniem aż o 20% zużycia energii pierwotnej w stosunku do prognoz [1]. Z analiz wynika, że jednym z sektorów, w których istnieją znaczące możliwości wzrostu efektywności energetycznej jest sektor budownictwa, ponieważ budynki zużywają aż 40% energii końcowej. Działania prowadzone w tym sektorze powinny dotyczyć zarówno obiektów nowo wznoszonych, jak i poddawanych renowacji czy modernizacji.

Wzrost efektywności energetycznej w budownictwie został rozłożony na kilka etapów. Pierwszy poziom izolacyjności obowiązuje od 1 stycznia 2014 roku, następne będą obowiązywać od 1 stycznia 2017 i 2021 roku. W odniesieniu do konstrukcji budynku powinien być on realizowany przez stosowanie nowoczesnych, niskoenergochłonnych materiałów oraz obniżenie wskaźników opisujących zapotrzebowanie obiektu budowlanego na energię w okresie eksploatacji, czyli między innymi przez wysoką izolacyjność cieplną przegród. Jednym ze współczynników decydujących o zapotrzebowaniu obiektu na energię jest współczynnik przenikania ciepła U .

1. CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH STROPÓW

Do porównania wybrano kilka powszechnie stosowanych stropów żelbetowych gęstożebrowych oraz dwa stropy żelbetowe. Wysokość stropów została dobrana w ten sposób, by spełniały one wymagania nośności dla obiektów mieszkalnych i użyteczności publicznej przy rozpiętości stropu od 4 do 6 m. Są to następujące stropy:

- strop Ackermana o wysokości 22 cm,
- strop Fert o grubości 20 cm,
- strop Teriva o grubości 24 cm,
- strop DZ-3 o grubości 20 cm,
- strop z płyty żerańskiej o grubości 24 cm,
- strop żelbetowy krzyżowo zbrojony o grubości 13 cm.

Strop Ackermana jest stropem gęstożebrowym, całkowicie betonowanym na miejscu budowy, składa się z żeber żelbetowych, wypełnienia i płyty nadbetonu. Do wypełnienia stropów stosuje się pustaki ceramiczne o wysokości 18 lub 20 cm w zależności od żądanej wytrzymałości stropu. Rozstaw osiowy żeber stropu wynosi 31 cm, obliczeniowa szerokość żebra 7 cm, grubość górnej płyty betonowej 3 lub 4 cm, zależnie od wartości i rodzaju obciążenia zmiennego. Kształt żelbetowych żeber stropu tworzą pustaki, które stanowią dobre podłoże pod tynk sufitowy. Wylewkę stosuje się z betonu klasy C12/15 lub C16/20. W przypadku gdy obciążenie użytkowe nie przekracza $1,5 \text{ kN/m}^2$ stropy Ackermana mogą być też wykonywane bez górnej płyty betonowej.

Stropy Fert to betonowane na miejscu budowy gęstożebrowe stropy ceramiczno-żelbetowe. Stropy tworzą prefabrykowane belki ceramiczno-żelbetowe, pustaki ceramiczne, żebra żelbetowe i płyta betonowa.

Rodzaje stropów Fert:

- strop Fert-40 o rozstawie żeber co 40 cm i wysokości 23 cm,
- strop Fert-45 o rozstawie żeber co 45 cm i wysokości 23 cm,
- strop Fert-60 o rozstawie żeber co 60 cm i wysokości 24 cm.

Belki prefabrykowane typu Fert są żebrami konstrukcyjnymi stropu i składają się z dolnego pasa wykonanego z kształtek ceramicznych o szerokości 12 cm, wysokości 4 cm i długości 25 cm, zbrojenia z trzech prętów stalowych w pasie dolnym i górnym, oraz strzemion ułożonych w formie kratownicy, a także wypełnienia dolnej stopki żebra betonem klasy C16/20. Górną część żebra i płytę betonuje się po ułożeniu belek i pustaków.

Stropy Teriva są monolityczno-prefabrykowanymi stropami gęstożebrowymi, belkowo-pustakowymi. Stropy te składają się z żeber, pustaków betonowych oraz betonu układanego na budowie. Prefabrykowane żebra mają postać belek kratownicowych o rozpiętości $1,2 \div 8 \text{ m}$, ze zbrojeniem zabetonowanym w stopkach betonowych, wypełnieniem stropu są pustaki z betonu zwykłego, lekkiego lub betonowo-keramzytowe.

Rodzaje stropów Teriva:

- strop Teriva I - rozpiętość do 6,0 m, wysokość konstrukcyjna 24 cm,
- strop Teriva I Bis - rozpiętość do 7,2 m, wysokość konstrukcyjna 26,5 cm, rozstaw belek 45 cm,
- strop Teriva II - rozpiętość do 7,8 m, wysokość konstrukcyjna 37 cm, rozstaw belek 45 cm,
- strop Teriva III - rozpiętość do 7,2 m, wysokość konstrukcyjna 34 cm, rozstaw belek 45 cm,
- strop Teriva IV - rozpiętość do 7,2 m, wysokość konstrukcyjna 24 cm, rozstaw belek 60 cm.

Wykorzystuje się go zarówno w budownictwie mieszkaniowym, w niskich i wielokondygnacyjnych domach jednorodzinnych, jak i w budynkach użyteczności publicznej.

Stropy DZ-3 wykonywane są w technologii monolitycznej. Na strop składają się prefabrykowane belki żelbetowe o rozstawie osiowym 60 cm, pustaki betonowe oraz górna płyta betonowa, połączona z belkami przez wystające strzemiona w górnej powierzchni belek. Rozpiętość modułarna stropu DZ wynosi $2,4 \div 6,0$ m ze zmianą co 30 cm, wysokość konstrukcyjna 0,23 m, grubość płyty nadbetonu 0,03 m, wysokość belki prefabrykowanej 0,20 m, a wysokość pustaka 0,20 m. Belki stropowe wykonuje się z wibrowanego betonu, dolne zbrojenie główne ze stali gatunku 34GS, zbrojenie górne montażowe ze stali gładkiej i średnicy $4,5 \div 10$ mm. Głębokość oparcia belek na podporze nie może być mniejsza niż 8 cm, belki powinny być zakotwione w wieńcu.

Strop kanałowy jest skonstruowany z prefabrykowanych płyt żelbetowych o zminimalizowanej masie własnej poprzez zastosowanie w nich otworów po kierunku podłużnym. Praca tego rodzaju elementu ze względu na przenoszenie obciążeń odbywa się po jednym kierunku, co oznacza, że zbrojenie główne jest równoległe do dłuższego boku. Typowym przykładem płyty kanałowej jest płyta żerańska. Szerokość płyt tego rodzaju wynosi modułarnie od 90 do 150 cm z gradacją co 30 cm. Długości płyt wynoszą od 2,7 do 7,2 m. Nośność płyt jest zależna od ich szerokości, jak też długości. Wraz ze wzrostem długości maleje nośność, gdy natomiast szerokość rośnie, to maksymalna wartość obciążeń wzrasta.

Stropy żelbetowe płytowe krzyżowo zbrojone stosowane są do przekrywania pomieszczeń przy odległości ścian nośnych od 2,0 do 5,0 m. Grubość stropów płytowych zależy od ich rozpiętości, obciążeń, przeznaczenia i sposobu zbrojenia. Głębokość oparcia płyt zależy od materiału podpory. Pręty zbrojeniowe stosowane w płytach stropowych powinny mieć średnicę nie mniejszą niż 4,5 mm. W wypadku stosowania zbrojenia w postaci siatek zgrzewanych dopuszcza się pręty o średnicy 3 mm. W płytach krzyżowo zbrojonych, czyli opartych wzdłuż całego obwodu, zbrojenie główne układa się prostopadle do podpór, a więc w dwóch kierunkach. Płyty krzyżowo zbrojone mogą mieć kształt kwadratu lub prostokąta. W płytach krzyżowo zbrojonych prostokątnych pręty zbrojenia głównego równoległe do krótszego boku płyty umieszcza się z otuliną mniejszą niż otulina zbrojenia równoległego do dłuższego boku płyty, gdyż przenosi ono większy moment zginający. Płyty

stropowe krzyżowo zbrojone stosuje się głównie nad pomieszczeniami o czterech ścianach nośnych oraz w wypadku płyt wieloprzęsłowych opartych na czterech podciągach lub ryglach w budynku o konstrukcji szkieletowej.

2. IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNA PRZEGRÓD POZIOMYCH

Od 1 stycznia 2014 roku zmieniły się wymagania cieplne stawiane przegrodom zewnętrznym. W nowych Warunkach Technicznych [2] są zarówno wartości współczynnika przenikania ciepła, które zaczynają obowiązywać w 2014 r., jak i te, które wejdą w życie w przyszłości. Ustalony harmonogram podaje kolejne zmiany w 2017 i 2021 roku. Do tej pory spełnienie wymagań energooszczędności budynków można było wykazać na dwa sposoby: nieprzekroczenia maksymalnych wartości współczynnika przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych budynku albo nieprzekroczenia dopuszczalnej wartości wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną. Ta druga możliwość w praktyce była wykorzystywana głównie w przypadku budynków przebudowywanych, gdy nie było możliwości doprowadzenia przegród zewnętrznych do standardów wymaganej izolacyjności cieplnej. Od roku 2014 trzeba spełnić jednocześnie oba te wymagania. Nowe Warunki Techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, są związane z wprowadzeniem w życie unijnej Dyrektywy 2010/31/UE, dotyczącej charakterystyki energetycznej budynków. Kładą przede wszystkim nacisk na poprawę termoizolacyjności budynków, a także zmniejszenie zapotrzebowania na energię nieodnawialną. Wprowadzenie nowych wymagań przełoży się na zmniejszenie kosztów ogrzewania oraz poprawę jakości środowiska naturalnego.

Przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku muszą spełniać wymogi izolacyjności cieplnej określone w załączniku nr 2 do rozporządzenia. W tabeli 1 przedstawiono wartości współczynników przenikania ciepła U_{Cmax} dla wybranych przegród poziomych.

Tabela 1. Wartości współczynników przenikania ciepła U_{Cmax} dla przegród poziomych

Przegrody poziome	2014	2017	2021
dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami dla $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,2	0,18	0,15
stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi dla $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25		
stropy nad ogrzewanymi pomieszczeniami podziemnymi dla $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$	1,00		

3. PORÓWNANIE GRUBOŚCI WARSTW IZOLACJI TERMICZNEJ DLA WYBRANYCH KONSTRUKCJI STROPÓW

Porównano grubości warstw izolacji termicznej dla kilku wybranych konstrukcji stropów wykonanej z różnych materiałów, w kontekście zmieniających się wymagań

dotyczących wartości współczynnika przenikania ciepła U_C . W tabeli 2 przedstawiono analizę zmiany grubości izolacji termicznej dla stropodachu.

Tabela 2. Różnice grubości ocieplenia dla stropodachu

Stropy	Izolacja	Stropodach, ocieplenie w cm									
		U =					U =				
		$\lambda =$	0,25	0,2	0,18	0,15	$\lambda =$	0,25	0,2	0,18	0,15
Ackerman 22 cm $\lambda = 0,85$	pianka	0,035	3,5	5	5,5	5,5	0,024	4,5	6	7	8,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	2	3	3,5	4
	w. mineralna	0,042	1	1,5	1,5	1,5	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1,5	2	3,5	3
Fert 20 cm $\lambda = 0,95$	pianka	0,035	3,5	5	5,5	6,5	0,024	4,5	6	7	8,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	2	2,5	3,5	4
	w. mineralna	0,042	1	0,5	2	2	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1	1,5	2	2,5
Teriva 24 cm $\lambda = 0,65$	pianka	0,035	3,5	5	5	6,5	0,024	4,5	6	7	8,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	2	2,5	3,5	4
	w. mineralna	0,042	1	1,5	1,5	2	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1,5	2	2,5	3
DZ-3 20 cm $\lambda = 0,87$	pianka	0,035	3,5	5,5	5,5	7	0,024	4,5	6	7	8,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	2	2,5	3,5	4
	w. mineralna	0,042	1	2	2	2	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1,5	1,5	2	2,5
Płyta żerańska 24 cm $\lambda = 1,33$	pianka	0,035	4	5	5,5	6,5	0,024	5	6,5	7	8,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	2,5	3	3	4
	w. mineralna	0,042	1,5	1,5	1,5	2	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1,5	2	2	2,5
Płyta krzyżowo zbrojona 13 cm $\lambda = 1,7$	pianka	0,035	3,5	4	5,5	6,5	0,024	4,5	6,5	7,5	9
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	2	3	3,5	4
	w. mineralna	0,042	1	1,5	1,5	2	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1,5	2	2	2,5

Każdy z materiałów został wybrany w dwóch odmianach o różnej wartości współczynnika λ . Materiały zostały podzielone na dwie grupy: o parametrach izolacyjności gorszych i lepszych (nowsza generacja materiałów), a porównanie zostało wykonane dla każdej z grup oddzielnie. Różnice grubości warstwy izolacyjnej zostały obliczone w odniesieniu do grubości warstwy wykonanej z materiału o najlepszej izolacyjności. W tabeli 3 przedstawiono analizę zmiany grubości izolacji termicznej dla stropu nad piwnicą.

Tabela 3. Różnice grubości ocieplenia dla stropu nad piwnicą

Stropy	Izolacja	Strop nad piwnicą, ocieplenie w cm									
		U =					U =				
		$\lambda =$	0,45	0,25	0,25	0,25	$\lambda =$	0,45	0,25	0,25	0,25
Ackerman 22 cm $\lambda = 0,85$	pianka	0,035	1,5	3,5	3,5	3,5	0,024	2	4,5	4,5	4,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	0,5	2	2	2
	w. mineralna	0,042	0,5	1	1	1	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	0,5	1	1	1
Fert 20 cm $\lambda = 0,95$	pianka	0,035	2	4	4	4	0,024	2	5	5	5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	1	2	2	2
	w. mineralna	0,042	0,5	1,5	1,5	1,5	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	0,5	1,5	1,5	1,5
Teriva 24 cm $\lambda = 0,65$	pianka	0,035	1,5	3,5	3,5	3,5	0,024	2	4,5	4,5	4,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	1	2	2	2
	w. mineralna	0,042	0,5	1	1	1	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1	1,5	1,5	1,5
DZ-3 20 cm $\lambda = 0,87$	pianka	0,035	1,5	3,5	3,5	3,5	0,024	2,5	4,5	4,5	4,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	1	2,5	2,5	2,5
	w. mineralna	0,042	1	1	1	1	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1	1,5	1,5	1,5
Płyta żerańska 24 cm $\lambda = 1,33$	pianka	0,035	2	3,5	3,5	3,5	0,024	2	4,5	4,5	4,5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	1	2	2	2
	w. mineralna	0,042	0,5	1	1	1	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	0,5	1,5	1,5	1,5
Płyta krzyżowo zbrojona 13 cm $\lambda = 1,7$	pianka	0,035	2	4	4	4	0,024	2,5	5	5	5
	styropian	0,045	–	–	–	–	0,031	1	2,5	2,5	2,5
	w. mineralna	0,042	1	1	1	1	0,037	–	–	–	–
	w. szklana	0,045	–	–	–	–	0,033	1	1,5	1,5	1,5

Różnice grubości warstwy izolacyjnej zostały obliczone w odniesieniu do grubości warstwy wykonanej materiału o najlepszej izolacyjności.

PODSUMOWANIE

Zmiana wymagań w zakresie izolacyjności cieplnej przegród to niezbędny krok na drodze ku nowoczesnemu energooszczędnemu i ekologicznemu budownictwu. Jest jednocześnie niezbędnym elementem polityki dążącej do zmniejszenia kosztów użytkowania budynków i redukcji emisji szkodliwych substancji do atmosfery.

Analizując zmianę grubości warstwy izolacji termicznej dla wybranych stropów w kontekście zmieniających się wymagań ochrony cieplnej w odniesieniu do wartości współczynnika przenikania ciepła U_C , stwierdzono konieczność zwiększenia grubości izolacji w przedziale do około 10 cm dla stropodachów i przedziale do około 5 cm w przypadku stropów nad piwnicą.

Ocena cieplna powinna dotyczyć jednak nie tylko samych przegród, ale także ich połączeń tworzących mostki cieplne. Wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ w znacznym stopniu potęgują straty ciepła przez obudowę.

LITERATURA

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2012/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/WE i 2006/WE, DzU L 315/1 z 14.11.2012.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU 2002, Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami, DzU 2008, Nr 201, poz. 1238, DzU 2013, poz. 926.
- [3] Kasperkiewicz K., Obliczenia cieplne budynków. Instrukcje, wytyczne, poradniki nr 474/2012, ITB, Warszawa 2012.
- [4] Pawłowski K., Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle nowych warunków technicznych dotyczących budynków, Medium, Warszawa 2013.

THERMAL INSULATION OF HORIZONTAL PARTITIONS IN THE LIGHT OF THE CURRENT RULES AND THEIR CHANGES

The article presents the results of calculations of the thickness of the thermal insulation layer above the last storey ceiling and floor above the cellar for a few selected constructions of these partitions. The calculations were made for the requirements of thermal insulation expressed by U factor with values predicted in the four stages of growth of the thermal efficiency of buildings, it is from 2008, then 2014, 2017 and 2021.

Keywords: energy efficiency, thickness of the thermal insulation, ceiling above the last storey, over basement slab, reinforced concrete ceiling