

Energooszczędne ściany i dachy - materiały i technologie

Wymagania techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki w zakresie oszczędności energii i izolacyjności cieplnej powinny odpowiadać postanowieniom regulacji europejskich określonym w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającym zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG oraz w Dyrektywie 2010/31/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona Dyrektywy 2002/91/WE z 16 grudnia 2002 r.).

Podstawy prawne

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady z 2011 r. określa m.in. wymagania podstawowe dotyczące obiektów budowlanych. Szóste wymaganie odnosi się do zagadnień oszczędności energii i izolacyjności cieplnej i zostało sformułowane następująco: „Obiekty budowlane i ich instalacje grzewcze, chłodzące, oświetleniowe i wentylacyjne muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby utrzymać na niskim poziomie ilość energii wymaganej do ich użytkowania, przy uwzględnieniu potrzeb zajmujących je osób i miejscowych warunków klimatycznych. Obiekty budowlane muszą być również energooszczędne i zużywać jak najmniej energii podczas ich budowy i rozbiórki.”

W Ustawie Prawo Budowlane wymaga się, aby obiekt budowlany wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi, biorąc pod uwagę przewidywany okres jego użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając spełnienie wymagań podstawowych.

Dyrektywa 2010/31/UE wprowadziła m.in. konieczność przyjęcia w poszczególnych krajach UE wymagań na „poziomie optymalnym pod względem kosztów”, czyli umożliwiających uzyskanie najniższych łącznych kosztów inwestycyjnych związanych z wykorzystaniem energii oraz kosztów utrzymania i eksploatacji budynku.

W tym celu Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dn. 5 lipca 2013 r., zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wprowadziło stopniowe zaostrzenie przepisów w latach 2014-2021.

Zaostrzenie wymagań obejmuje zarówno stopniowe ograniczanie dopuszczalnych maksymalnych wartości wskaźnika zapotrzebowania budynków na nieodnawialną energię pierwotną w kWh/(m²rok), jak i szczegółowych wymagań dotyczących dopuszczalnych maksymalnych wartości współczynników przenikania ciepła przez poszczególne rodzaje przegród.

Podane w rozporządzeniu przepisy związane z wymaganiem podstawowym stanowią, że budynki i jego instalacje grzewcze, wentylacyjne, klimatyzacyjne, ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynków użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego, produkcyjnych, gospodarczych i magazynowych - również oświetlenia wbudowanego, powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający spełnienie wymagań minimalnych dotyczących:

- wartość wskaźnika EP rocznego zapotrzebowania budynku na nieodnawialną energię pierwotną w kWh/(m²rok) jest mniejsza od dopuszczalnych wartości maksymalnych
- przegrody oraz wyposażenie techniczne budynku odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej.

Wymagania dotyczące wartości współczynnika przenikania ciepła

Wymagane wartości współczynników przenikania ciepła ścian, stropodachów i dachów podano w tablicy 1.

W programie dofinansowania budowy budynków przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej stosuje się dwa standardy o zaostrzonych wymaganiach izolacyjności cieplnej oznaczone: NF15 i NF40. Wymagane wartości współczynników przenikania ciepła podano w tablicy 2.

Tablica 1. Wymagania w odniesieniu do izolacyjności cieplnej przegród określone w Rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dn. 5 lipca 2013r., zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

Rodzaj przegrody	Maksymalna wartość współczynnika przenikania ciepła, W/(m ² K)		
	od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r ¹⁾
Ściany zewnętrzne:			
$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$		0,45	
$t_i < 8^\circ\text{C}$		0,90	
Ściany wewnętrzne:			
Oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego		0,30	
$\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy		1,0	
Ściany przyległe do szczelin dylatacyjnych:			
O szerokości powyżej 5 cm		0,70	
O szerokości do 5 cm, trwale zamkniętych i wypełnionych izolacją cieplną na głębokości co najmniej 20 cm		1,0	
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:			
$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$		0,30	
$t_i < 8^\circ\text{C}$		0,70	

t_i – temperatura obliczeniowa ogrzewanego pomieszczenia

Tablica 2. Wymagania NF15 i NF40 w odniesieniu do izolacyjności cieplnej przegród zastosowane w programie dofinansowania budowy budynków przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

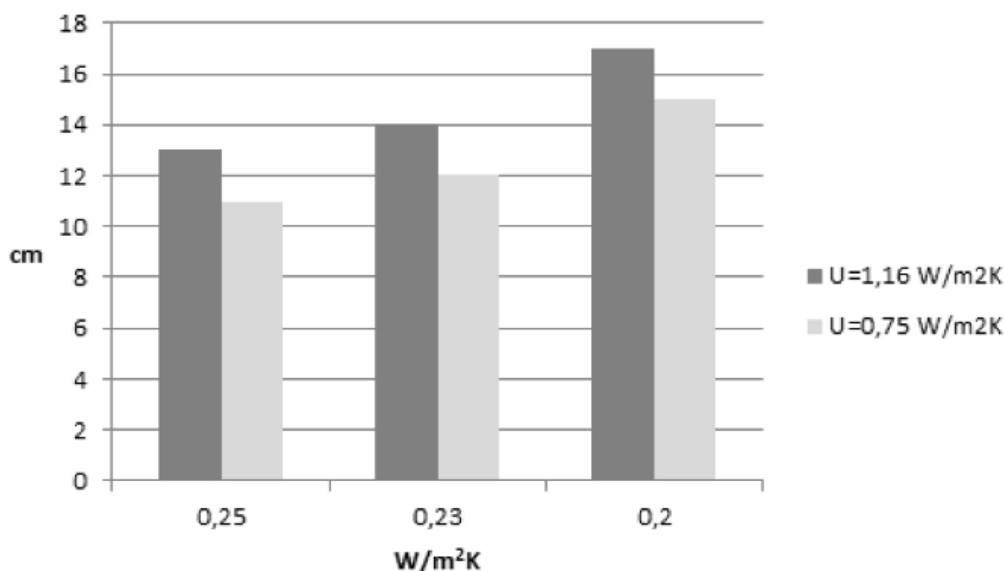
Standard budynku jednorodzinnego	NF15	NF40
Graniczne wartości współczynników przenikania ciepła przegród U_{max}, W/(m²K)		
Ściany zewnętrzne	$\leq 0,10$	$\leq 0,15$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$\leq 0,10$	$\leq 0,12$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie	$\leq 0,12$	$\leq 0,20$
Standard budynku wielorodzinnego:		
Graniczne wartości współczynników przenikania ciepła przegród U_{max}, W/(m²K)		
Ściany zewnętrzne	$\leq 0,15$	$\leq 0,20$
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami	$\leq 0,12$	$\leq 0,15$
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi, podłogi na gruncie	$\leq 0,15$	$\leq 0,20$

Zgodnie z wymogami dyrektywy przepisy dotyczą również budynków podlegających przebudowie¹⁾, przy czym wymagania minimalne ograniczone są w takim przypadku do wymagań izolacyjności cieplnej. Ograniczenie to wynika z konieczności dostosowania się do praktyki. W Polsce przebudowy na ogół nie obejmują kompleksowych prac dotyczących całego budynku, ale wykonuje się kolejno odrębnie roboty budowlane, które obejmują np. wymianę okien, docieplenie ścian, dachów, wymianę instalacji. Zgodnie z przepisami każdy taki etap prac należy prowadzić w sposób zapewniający osiągnięcie poziomu wymaganego w odniesieniu do nowych budynków.

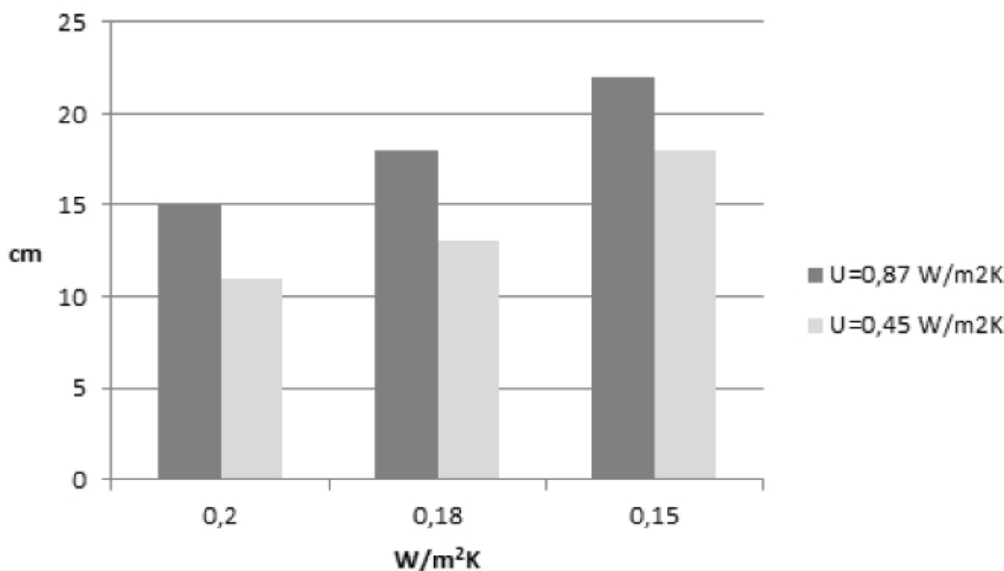
¹⁾ **Zgodnie z Ustawą Prawo Budowlane przebudowa to wykonywanie robót budowlanych, w wyniku których następuje zmiana parametrów użytkowych lub technicznych istniejącego**

obiektu budowlanego, z wyjątkiem charakterystycznych parametrów, jak kubatura, powierzchnia zabudowy, wysokość, długość, szerokość, liczba kondygnacji.

Na rys. 1 i 2 określono wartości grubości izolacji cieplnej, o współczynniku przewodzenia ciepła 0,04 W/(mK), przy przyjęciu których uzyskuje się zmniejszenie wartości współczynnika przenikania ciepła ścian i stropodachów budynków spełniających wymagania izolacyjności cieplnej sprzed 1982 r. i z tego roku, do poziomu nowych wymagań wprowadzanych w latach 2014-2021. W celu uzyskania mniejszej grubości można zastosować izolację cieplną.



Rys. 1. Minimalne grubości warstwy docieplenia o współczynniku przewodzenia ciepła 0,04 W/(mK), niezbędne do spełnienia nowych wymagań izolacyjności cieplnej w odniesieniu do ścian



Rys. 2. Minimalne grubości warstwy docieplenia o współczynniku przewodzenia ciepła 0,04 W/(mK), niezbędne do spełnienia nowych wymagań izolacyjności cieplnej w odniesieniu do stropodachu

W celu sprawdzenia spełnienia wymagań wartości współczynników przenikania ciepła przegród powinny być obliczone zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi określania obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła oraz przenoszenia ciepła przez grunt. Zgodnie z wykazem norm

przywołanych w rozporządzeniu, w odniesieniu do przegród nie kontaktujących się z gruntem, stosuje się normę PN-EN ISO 6946:2008: Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania.

Wymagania odniesiono do wartości współczynnika przenikania ciepła, które uwzględniają normowe dodatki z uwagi na:

- pustki powietrzne w warstwie izolacji cieplnej
- łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacji cieplnej
- wpływ opadów w dachu o odwróconym układzie warstw.

Zgodnie z normą współczynnik przenikania ciepła przegrody określony z uwzględnieniem takich dodatków oznacza się symbolem U_c i stąd wymaganą wartość tego współczynnika oznaczono w rozporządzeniu jako $U_{c(max)}$. Wartości współczynnika U_c oblicza się według wzoru:

$$U_c = U + \Delta U$$

w którym:

U - współczynnik przenikania ciepła przegrody [$W/(m^2K)$]

ΔU - suma wartości dodatków do współczynnika U , jakie mają zastosowanie do tej przegrody [$W/(m^2K)$].

Obliczenia wartości współczynników przenikania ciepła U przegród wykonuje się różnymi metodami, których wybór zależy od budowy przegrody. Jeżeli składa się ona z warstw jednomateriałowych współczynnik U oblicza się jako odwrotność całkowitego oporu cieplnego przegrody. Jeżeli w przegrodzie znajdują się warstwy zawierające więcej niż jeden materiał, np. izolację cieplną między krokiewmi dachu skośnego, stosuje się podaną w normie metodykę przybliżonego określania jej całkowitego oporu cieplnego. W celu przeprowadzenia dokładniejszych obliczeń lub jeżeli w warstwie izolacji cieplnej przegrody znajdują się metalowe elementy konstrukcyjne, np. stalowa lub aluminiowa konstrukcja mocująca warstwę elewacyjną tzw. fasad wentylowanych, obliczenia współczynnika U zgodnie z normą wykonuje się metodą komputerowego modelowania przenikania ciepła przez przegrodę.

Po określeniu wartości współczynnika U oblicza się wartości dodatków jakie mają zastosowanie do tej przegrody. Zgodnie z normą wartość dodatku uwzględniającego wpływ pustek i szczelin powietrznych w warstwie izolacji cieplnej nie przekracza $0,04 W/(m^2K)$. Największą wartość dodatku w przypadku gdy będzie występować przenikanie powietrza przez warstwę izolacji cieplnej, spowodowane pustkami i szczelinami w tej warstwie oraz szczelinami pomiędzy warstwami przegrody a warstwą izolacji cieplnej. Szczeliny takie powstają przede wszystkim z powodu nierówności powierzchni, do której mocuje się izolację cieplną. Dokładne ułożenie płyt na styk lub wypełnienie szczelin między nimi materiałem termoizolacyjnym lub zastosowanie wyrobów do izolacji z krawędziami bocznymi frezowanymi, umożliwiającymi układanie z zakładem, eliminuje możliwość występowania niekorzystnego przepływu powietrza przez warstwę izolacji cieplnej. Klejenie płyt na całej powierzchni lub częściowo w sposób obwodowo-punktowy lub obwodowo-pasmowy zabezpiecza przed możliwością powstawania niekorzystnego przepływu powietrza wzdłuż wewnętrznej strony warstwy izolacji cieplnej, jeżeli występują tam szczeliny z powodu nierówności izolowanej powierzchni.

Takie wykonanie izolacji cieplnej przegród pozwala przyjąć zgodnie z normą, że wartość dodatku nie przekracza $0,01 W/(m^2K)$ czyli, że jest ona mniejsza od dokładności, z jaką zgodnie z normą określa się wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody. Dodatek z uwagi na łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacji cieplnej zależy głównie od współczynnika przewodzenia ciepła materiału, z którego są one wykonane oraz ich łącznej powierzchni przekroju porzecznego na $1 m^2$.

Pojedynczy łącznik stalowy całkowicie przechodzący przez warstwę izolacji cieplnej przegrody może spowodować mostek cieplny o wartości punktowego współczynnika przenikania ciepła nawet do około $0,01 W/K$.

W celu ograniczenia wpływu łączników mechanicznych do mocowania izolacji cieplnej, w zależności od

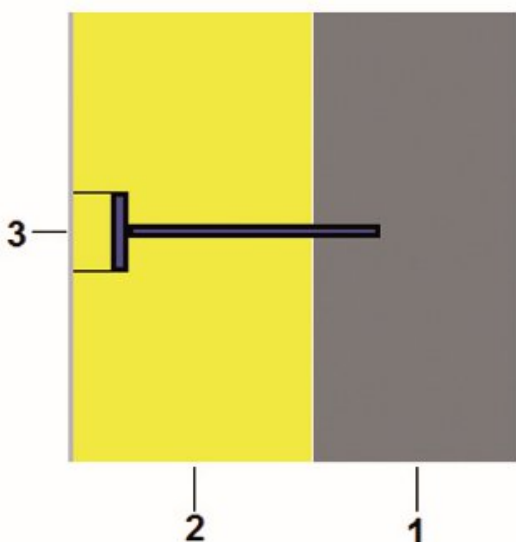
zastosowanego materiału termoizolacyjnego i rodzaju przegrody, stosuje się łączniki tworzywowe, metalowo-tworzywowe oraz łączniki pozwalające na zagłębione mocowanie, w którym łącznik od zewnątrz zakryty jest izolacją cieplną. Wykorzystanie takich łączników umożliwia uzyskanie punktowego współczynnika przenikania ciepła poniżej $0,002 \text{ W/K}$, i w ten sposób ograniczenie dodatku do współczynnika przenikania ciepła przegrody do wartości około $0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Dodatek uwzględniający wpływ opadów stosuje się w odniesieniu do dachów o odwróconym układzie warstw, w których warstwa izolacji cieplnej z materiału odpornego na działanie wody, znajduje się powyżej izolacji wodochronnej. W takim układzie warstw woda opadowa może przepływać pod izolacją termiczną, co powoduje okresowe zwiększenie przenikania ciepła. Wartość dodatku zależy od współczynnika przepuszczalności wody warstw znajdujących się powyżej izolacji cieplnej dachu oraz wielkości przeciętnych lokalnych opadów, wyrażonych w mm/dobę. Wartość przeciętnych opadów w miesiącach sezonu grzewczego należy przyjmować na podstawie danych ze stacji klimatycznej, najbliższej lokalizacji budynku, np. w Warszawie wynoszą one około $1,2 \text{ mm/dobę}$. W normie przyjęto, że maksymalna wartość iloczynu współczynnika x i przepuszczalności f , jaką przyjmuje się do obliczeń równa jest $0,04$. Przyjmując, że opór cieplny warstwy izolacji stanowi np. 90% całkowitego oporu cieplnego przegrody uzyskuje się wartość dodatku około $0,04 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Ściany

Wyżej opisane wymagania w zakresie współczynnika przenikania ciepła muszą spełniać ściany niezależnie od ich rodzaju i technologii wykonania. We współczesnym budownictwie energooszczędnym stosuje się przede wszystkim ściany o budowie warstwowej lub o konstrukcji szkieletowej z wypełnieniem izolacją cieplną.

Ściany jednowarstwowe zbudowane są z elementów murowych, które tworzą warstwę pełniącą jednocześnie funkcję nośną i izolacyjną cieplnie. Wraz ze zwiększaniem gęstości i wytrzymałości na ściskanie materiału, z którego są wykonane elementy murowe zwiększa się niestety jego współczynnik przewodzenia ciepła. Opór cieplny elementów murowych może być jednak zwiększony przez zastosowanie pustek lub wypełnień materiałem izolującym cieplnie. Współcześnie stosuje się technologię wznoszenia murów z elementów łączonych na pióro-wpust i cienkie spoiny poziome. Szczelność powietrzna tak wykonanego muru powinna zapewnić warstwa tynku.

W ścianach warstwowych każda warstwa pełni inną funkcję. Najczęściej stosowana jest obecnie ściana z zewnętrzną warstwą izolacji cieplnej wykonana w złożonym systemie izolacji cieplnej, określanym angielskim skrótem ETICS (External Thermal Insulation Composite System). Składa się on z warstwy izolacji cieplnej ze styropianu, polistyrenu ekstrudowanego lub wełny mineralnej, na której wykonuje się cienkowarstwową wyprawę tynkarską. Połączenie izolacji cieplnej z podłożem zapewnia się przez przyklejenie i odpowiednie łączniki mechaniczne - rys. 3.



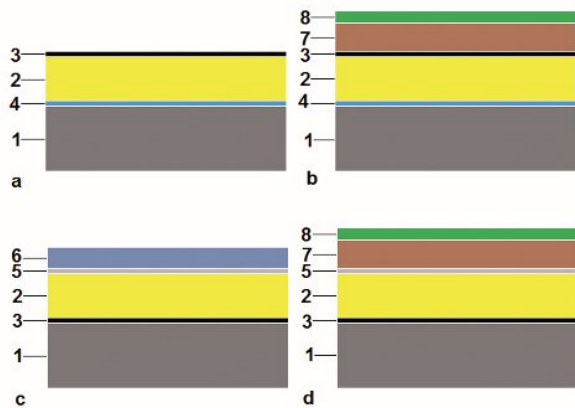
Rys. 3. Schemat przegrody z izolacją cieplną ETICS: 1 - warstwa konstrukcyjna, 2 - izolacja cieplna z wyprawą tynkarską, 3 - łącznik mechaniczny z zaślepką izolującą cieplnie

W ścianach trójwarstwowych stosuje się dodatkowo zewnętrzną warstwę z materiału o dużej trwałości np. elewacyjnej cegły klinkierowej, która chroni warstwę izolacji cieplnej i warstwę konstrukcyjną.

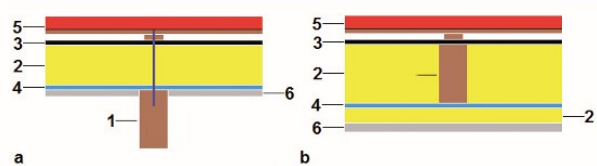
Dachy

We współczesnym budownictwie energooszczędnym stosuje się najczęściej następujące rodzaje przegród dachowych:

- stropodachy z tradycyjnym i odwróconym układem warstw izolacji cieplnej i izolacji wodochronnej (rys. 4)
- konstrukcje drewniane z izolacją cieplną między i pod krokiewmi lub z warstwą izolacji cieplnej nad krokiewmi (rys. 5).



Rys. 4. Schematy stropodachów: 1 - płyta stropodachu, 2 - izolacja cieplna, 3 - izolacja wodochronna, 4 - paroizolacja, 5 - włóknina, 6 - warstwa dociskowa, 7 - ziemia uprawna, 8 - roślinność



Rys. 5. Schematy dachów o konstrukcji drewnianej: 1 - krokiew, 2 - izolacja cieplna, 3 - izolacja wodochronna, 4 - paroizolacja, 5 - pokrycie dachowe, 6 - płyty np. g-k

Wyroby do izolacji cieplnej

Właściwością techniczną wyrobów do izolacji cieplnej, istotną z uwagi na charakterystykę energetyczną, jest opór cieplny lub współczynnik przewodzenia ciepła. Deklarowana przez producenta wartość oporu cieplnego (lub współczynnika przewodzenia ciepła) powinna być wartością zapewnioną w czasie przewidywanego okresu eksploatacji wyrobu w budynku (na ogół nie mniej niż 25 lat).

Większość wyrobów do izolacji cieplnej, zarówno produkowanych fabrycznie w formie płyt, mat itp., jak i materiałów sypkich do formowania na budowie, jest objęta następującymi normami europejskimi:

■ wyroby produkowane fabrycznie:

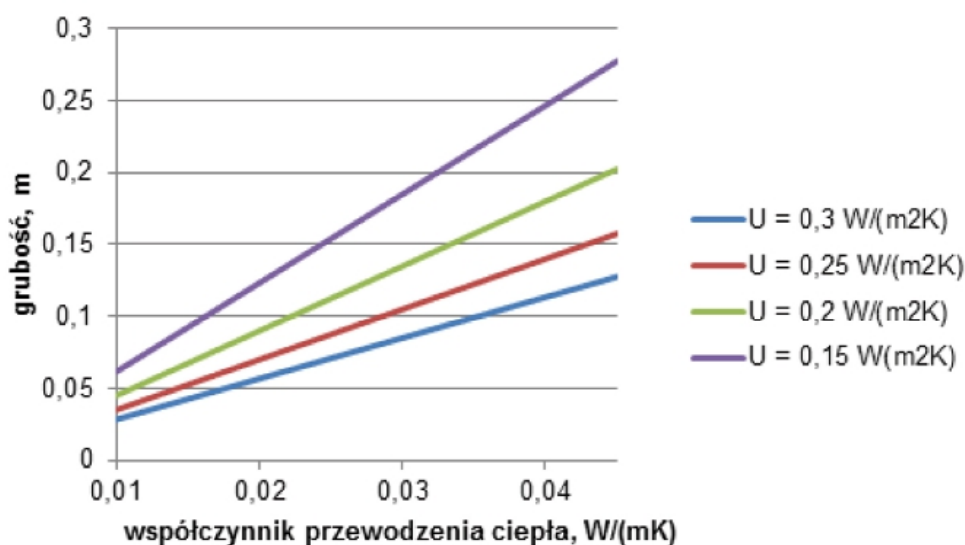
- wyroby z wełny mineralnej (wg PN-EN 13162)
- wyroby ze styropianu (wg PN-EN 13163)
- wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (wg PN-EN 13164)
- wyroby z pianki poliuretanowej i poliizocyanurowej (wg PN-EN 13165)
 - wyroby z pianki fenolowej (wg PN-EN 13166)
 - wyroby ze szkła piankowego (wg PN-EN 13167)
 - wyroby z wełny drzewnej (wg PN-EN 13168)
- wyroby z ekspandowanego perlitu (wg PN-EN 13169)
- wyroby z ekspandowanego korka (wg PN-EN 13170)
- wyroby z włókien drzewnych (wg PN-EN 13171)

■ wyroby formowane in situ z:

- ekspandowanego perlitu (wg PN-EN 14316-1)
- lekkiego kruszywa z pęczniejących su-rowców ilastych (wg PN-EN 14063)
 - wermikulitu eksfoliowanego (wg PN-EN 14317)
- wełny mineralnej w postaci niezwiązanej (wg PN-EN 14064)
 - pianek poliuretanowych (wg PN-EN 14315)
- wyroby z celulozy w postaci luźnej (wg PN-EN 15101).



Rys. 6. Orientacyjne wartości współczynnika przewodzenia ciepła różnych rodzajów izolacji cieplnych



Rys. 7. Grubości izolacji cieplnej, w zależności od jej współczynnika przewodzenia ciepła, przy przyjęciu których uzyskuje się wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody od 0,3 do 0,15 W/(m²K). W obliczeniach przyjęto łączny opór cieplny pozostałej części przegrody równy 0,5 m²K/W oraz pominięto wpływ mocowania warstwy izolacji cieplnej

Na inne wyroby, w tym innowacyjne, np. maty z izolacją cieplną na bazie aerożeli oraz tzw. izolacje refleksyjne wydaje się krajowe lub europejskie aprobaty techniczne. Najlepsze dostępne obecnie na rynku tradycyjne wyroby do izolacji cieplnej, takie jak wełna mineralna, styropian EPS oraz polistyren ekstrudowany XPS charakteryzują się współczynnikami przewodzenia ciepła od około 0,03 W/(mK). Płyty z pianek, uzyskują wartości tego współczynnika od 0,02 W/(mK). Najniższe wartości współczynnika λ uzyskuje się obecnie w wyrobach zawierających aerożele krzemionkowe - od około 0,015 W/(mK) w matach oraz od około 0,007 W/(mK) w panelach próżniowych. Zastosowanie izolacji cieplnej z paneli próżniowych umożliwia uzyskanie współczynnika przenikania ciepła przegrody o wartości 0,15 W/(m²K), przy warstwie zaledwie kilkucentymetrowej. Na rys. 6 podano orientacyjne wartości współczynnika przewodzenia ciepła ww. rodzajów izolacji cieplnej stosowanej w budownictwie. Grubości warstwy izolacji cieplnej, w zależności od jej współczynnika przewodzenia ciepła, przy przyjęciu których uzyskuje wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody od 0,3 do 0,15 W/(m²K) pokazano na rys. 7. W obliczeniach przyjęto łączny opór cieplny pozostałej części przegrody równy 0,5 m²K/W oraz pominięto wpływ mocowania warstwy izolacji cieplnej.

dr inż. Robert Geryło
Instytut Techniki Budowlanej
Zakład Fizyki Ciepłej, Instalacji Sanitarnych i Środowiska

Literatura

1. Geryło R., *Obliczenia charakterystyki energetycznej budynków uwzględniającej wpływ cieplnych*

właściwości wyrobów budowlanych, Poradnik, Instytut Techniki Budowlanej, 2014.

2. Geryło R., *Efektywność energetyczna w budownictwie : Dodatek specjalistyczny do książki Nowe warunki techniczne dla budynków i ich usytuowania 2014* wg stanu prawnego na dzień 1 stycznia 2014 r., POLCEN, 2014.

3. Geryło R. *Nowe technologie w termoizolacji budynków*, Inżynier Budownictwa, 2013.

4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona).

5. Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami).

6. Wytyczne Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej,

<http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/doplata-do-kredytow-na-domy-energooszczedne>