



**Tomasz Wyleciał, Monika Zajemska, Rafał Wyczółkowski, Adrian Pyrek**  
*Politechnika Częstochowska*  
*al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa*  
*e-mail: wyleciał@wip.pcz.pl*

## CHARAKTERYSTYKA I DOBÓR IZOLACJI CIEPLNYCH W PRZEGRODACH ZEWNĘTRZNYCH Z PUNKTU WIDZENIA BEZPIECZEŃSTWA CIEPLNEGO

**Streszczenie.** Izolacja cieplna powinna chronić obiekt przed stratami ciepła, przed jego napływem, a także stanowić materiał spełniający bezpieczeństwo i komfort cieplny. W artykule przedstawiono szczegółową analizę wybranych materiałów pochodzenia organicznego, nieorganicznego oraz z tworzyw sztucznych. Zakres pracy obejmował przeprowadzenie obliczeń, które pozwoliły wyznaczyć hierarchie użyteczności izolacji cieplnych w obiektach budowlanych, a także określić przenikanie i przewodzenie ciepła.  
**Słowa kluczowe:** izolacja cieplna przewodzenie ciepła, materiały izolacyjne.

## CHARACTERISTICS AND SELECTION OF THERMAL ISOLATION THE EXTERNAL WALLS WITH RESPECT HEAT SAFETY

**Abstract.** Thermal insulation should protect property against both heat loss, before the influx, as well as provide material that meets the security and comfort. The article presents a detailed analysis of selected materials of organic origin, inorganic and plastic. The scope of work included carrying out calculations that helped determine the usefulness of hierarchies of thermal insulation in buildings, as well as the determination of diffusion and heat conduction.  
**Keywords:** heat insulation, heat conduction, insulation materials.

## Wprowadzenie

Zadaniem izolacji cieplnej jest ochrona obiektów nie tylko przed stratami ciepła, ale także jego napływem. Materiały termoizolacyjne stosowane w budownictwie, jak i w przemyśle, mają chronić obiekty przed zimnem, ciepłem, przed hałasem oraz wpływać na nasze bezpieczeństwo.

Ocieplanie przegród zewnętrznych ma na celu utrzymanie określonej temperatury wewnątrz obiektów przemysłowych, mieszkalnych oraz użyteczności publicznej, przy zmieniających się warunkach zewnętrznych.

W budownictwie przemysłowym stosuje się przegrody lekkie, posiadające odpowiednią izolację cieplną, gdzie składnikiem są materiały konstrukcyjne o wymaganej wytrzymałości oraz warstwy izolacji. Niewystarczająca izolacja oraz miejsca niewłaściwie ocieplone powodują narażenie obiektu na straty ciepła oraz zniszczenie spowodowane przemarzeniem pod wpływem kondensacji pary wodnej, w wyniku czego tworzą się tzw. mostki cieplne.

Sprawność izolacji cieplnej głównie zależy od jakości materiałów termoizolacyjnych, ich doboru oraz dokładności i sposobu wykonania izolacji. O poprawnym doborze materiałów decydują określone jego właściwości, takie jak: rodzaj wyrobu (płyty, maty, materiał sypki czy otuliny), wrażliwość na zawilgocenie (odporność na zagrzybienie, stopień nasiąkliwości), odporność na działanie temperatury, stopień odporności na działanie ognia (palność), wytrzymałość na zginanie oraz ściskanie, zdolność przewodzenia ciepła oraz gęstość objętościowa materiału.

Najważniejszymi własnościami pod względem energetycznym są parametry przenikania oraz przewodzenia ciepła. Współczynnik przewodności cieplnej  $\lambda$  informuje, jakie materiał posiada właściwości termoizolacyjne. Współczynnik ten powinien być nie większy niż 0,5 W/mK, a najlepsze materiały mają około 0,03 W/mK. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego ważną własnością materiałów ociepleniowych jest ich niepalność lub trudnopalność [1, 2].

## Rodzaje izolacji cieplnych

Materiały na izolację cieplną mogą występować w formie płyt, mat, otulin, luźnych granulatów i włókien, bądź pian aplikowanych na ocieplaną powierzchnię. Występują także materiały izolacyjne pochodzenia naturalnego oparte na surowcach nieorganicznych (mineralnych) oraz organicznych (pochodzenia roślinnego i zwierzęcego), a także wyroby przetwarzane z tworzyw sztucznych.

Do najbardziej rozpowszechnionych materiałów nieorganicznych możemy zaliczyć produkty z wełny mineralnej oraz waty bazaltowej. Złożone są głównie z luźno ułożonych, cienkich włókien, które uzyskuje się ze stopu su-

rowców mineralnych, służą zaś do ocieplania poddaszy, ścian zewnętrznych i dachów, stropów, podłóg na gruncie, konstrukcji szkieletowych stalowych oraz drewnianych. Wyroby te są niepalne oraz nie rozprzestrzeniają ognia. Drugą popularną grupą wyrobów izolacyjnych są materiały wytworzone z tworzyw sztucznych (styropian, pianizol, pianka poliuretanowa). Styropian jest powszechnie stosowanym materiałem do izolacji cieplnej, produkowanym w sposób ekspandowany za pomocą spieniania polistyrenu. Posiada dobry współczynnik przewodzenia ciepła, odpowiednią nasiąkliwość oraz opór cieplny. Stosowany jest do konstrukcji szkieletowych, konstrukcji dachów, stropów i poddaszy oraz do ociepleń elewacji.

Nowym rozwiązaniem w budownictwie w dziedzinie izolacji stał się aerożel. Jest to substancja stała, która posiada niewielki współczynnik izolacyjności ciepła w porównaniu do innych materiałów.

Posiada również korzystniejszą gęstość objętościową niż wełna, a co za tym idzie – ciężar. Maty z aerożelu mają dobrą chłonność dźwięków i mogą być stosowane w izolacji akustycznej, a także do izolacji rur dostarczających ciepło, ale także w przemyśle wojskowym, odzieżowym, petrochemicznym oraz paliwowo-energetycznym [3, 4, 5].

## Badania własne i obliczenia

Przeprowadzono analizę i dobór materiałów izolacyjnych w przegrodach zewnętrznych oraz wykonano obliczenia, które pozwoliły wyznaczyć hierarchie ważności izolacji cieplnych w obiektach budowlanych w stosunku do różnych aspektów cieplnych. Badania umożliwiły także określić podstawowe parametry materiałów termoizolacyjnych, takie jak: przenikanie i przewodzenia ciepła, opór, ale także współczynniki strat ciepła itp.

Analiza materiałów termoizolacyjnych została przeprowadzona w innowacyjnym programie ArCADia – TERMO. Oprogramowanie to służy do obliczeń cieplnych obiektów budowlanych. Pozwala określić współczynnik przewodzenia i przenikania ciepła, zapotrzebowanie pomieszczeń na ciepło oraz wymiany ciepła przez grunt. System ten przeznaczony jest także do sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej, audytu remontowego, audytu energetycznego oraz do obliczeń zapotrzebowania na ciepło w obiekcie budowlanym [6].

W tabeli 1 przedstawiono grubość przykładowego materiału izolacyjnego ( $d$ ), współczynnik przewodności cieplnej ( $\lambda$ ), opór ( $R$ ) oraz całkowity współczynnik przenikania ciepła ( $U_c$ ) przy ociepleniu budynku styropianem. Wartości te są istotne przy obliczeniach służących projektowaniu i tworzeniu izolacji cieplnej danego obiektu budowlanego.

Tab. 1. Obliczenia wartości współczynników U elementów budowlanych

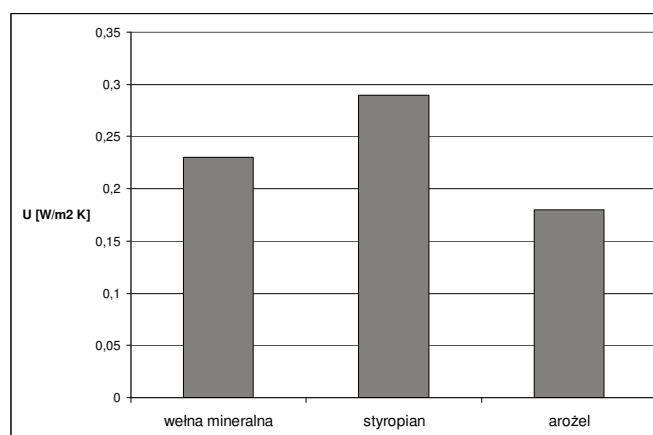
Obliczenia wartości współczynników U elementów budowlanych					
Element Materiał	Opis	$d$	$\lambda$	$R$	$U_c$
		m	W/(m•K)	m <sup>2</sup> •K/W	W/(m <sup>2</sup> •K)
1	<b>Podłoga na gruncie, przegroda jednorodna</b>				
	Opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej(strumień ciepła w dół)			0,17	-
	Piasek	0,200	2,000	0,100	-
	Beton zwykły z kruszywa kamiennego 1900	0,100	1,000	0,100	-
	Folia polietylenowa	0,001	0,200	0,003	-
	Płyta styropianowa EPS 100-038 PODŁOGA	0,100	0,038	2,632	-
	Tynk lub gładź cementowa	0,030	1,000	0,030	-
	Opór przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej(strumień ciepła w dół)			0,17	-
	<b>Grubość całkowita i <math>U_k</math></b>		<b>0,43</b>	-	<b>3,20</b>
2	<b>Ściana zewnętrzna (parter, piętro), przegroda jednorodna</b>				
	Opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej(poziomy strumień ciepła)			0,04	-
	Tynk akrylowy Ceresit CT 60 - ziarno 1,5 mm	0,020	1,000	0,020	-
	Styropian 40	0,150	0,040	3,750	-
	Pustak ceramiczny MAX	0,260	0,430	0,605	-
	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,015	0,820	0,018	-
	Tynk gipsowy 1000	0,005	0,400	0,013	-
	Opór przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej(poziomy strumień ciepła)			0,13	-
<b>Grubość całkowita i <math>U_k</math></b>		<b>0,45</b>	-	<b>4,58</b>	<b>0,27</b>
3	<b>Dach, przegroda jednorodna</b>				
	Opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej(strumień ciepła w górę)			0,04	-
	Blacha fałdowa stalowa o wysokości fałdy 43,5 mm	0,002	58,00	0,000	-
	Polistyren	0,010	0,160	0,063	-
	Płyta o wiórach orientowanych	0,022	0,130	0,169	-
	Płyta styropianowa EPS 100-038 DACH	0,200	0,038	5,263	-
	Płyta gipsowo-kartonowa	0,004	0,230	0,017	-
	Opór przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej(strumień ciepła w górę)			0,1	-
<b>Grubość całkowita i <math>U_k</math></b>		<b>0,24</b>	-	<b>5,65</b>	<b>0,22</b>

Tabela 2 prezentuje zestawienie elementów budowlanych oraz współczynniki przenikania ciepłego ( $U$ ). Z określonych danych obliczono także udział procentowy strat ciepła dla poszczególnej przegrody ( $H\%$ ) oraz współczynnik straty ciepła przez przenikanie ( $H_T$ ).

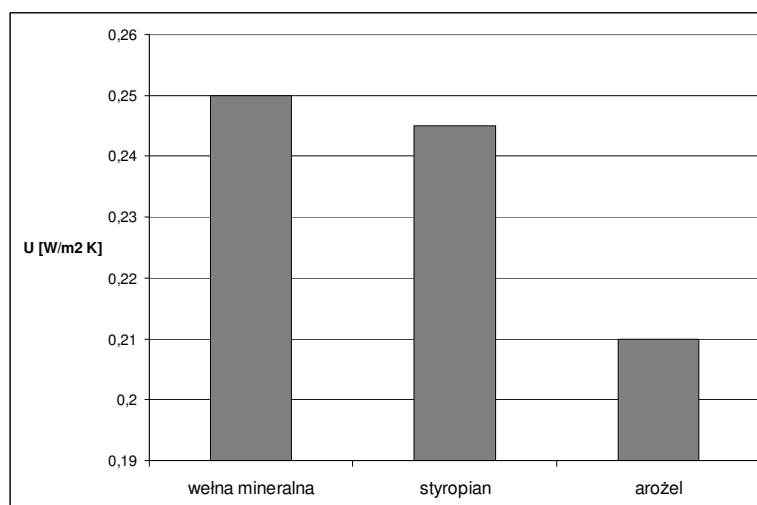
Tab. 2. Zestawienie obliczeniowych współczynników strat ciepła przez przenikanie dla strefy cieplnej

Zestawienie obliczeniowych współczynników strat ciepła przez przenikanie dla strefy cieplnej							
Lp.	Typ przegrody	Symbol	Nazwa	$A$	$U$	$H_T$	$H\%$
				m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/K	%
1	Ściana zewnętrzna	ściana zew	Ściana zewnętrzna (parter, piętro)	8,92	0,27	2,40	31,79
1	Podłoga na gruncie	podłoga na gruncie	Podłoga na gruncie	4,41	0,31	0,48	6,36
1	Okno zewnętrzne	okno zewnętrzne	Okno zewnętrzne	2,00	1,80	3,60	47,68
1	Dach	dach z pustką	Dach z pustką	5,32	0,20	1,07	14,17
Całkowity współczynnik strat ciepła przez przenikanie					$H_T$	7,55	W/K

Wełna mineralna oraz styropian są materiałami izolacyjnymi bardzo rozpowszechnionymi oraz posiadają stosunkowo dobre właściwości cieplne. Natomiast aerożel jest produktem innowacyjnym i rzadko używanym na rynku budowlanym. Wełna mineralna zastosowana przy izolacji podłogi na gruncie posiada największy współczynnik przewodności ciepła (0,042 W/m·K), natomiast aerożel najmniejszy (0,015 W/m·K). Z obliczeń wynika, że aerożel jest najlepszy wśród trzech zastosowanych wyrobów (rys. 1 i 2). Można wywnioskować to na podstawie zarówno współczynnika przewodności ciepła, oporu, jak i całkowitego współczynnika przenikania.



Rys. 1. Współczynnik przenikania ciepła dla poszczególnych materiałów izolacyjnych przy zastosowaniu w ścianie zewnętrznej



Rys. 2. Współczynnik przenikania ciepła dla poszczególnych materiałów izolacyjnych przy zastosowaniu w dachu

Biorąc pod uwagę tylko rozpowszechnione materiały izolacyjne, można stwierdzić, iż wełna mineralna posiada najlepsze właściwości cieplne przy zastosowaniu w ścianach zewnętrznych, natomiast styropian przy ocieplaniu podłogi. Przy izolacji dachu nie ma większego znaczenia, jaki będzie wykorzystany materiał, ponieważ wyroby te posiadają zbliżone właściwości przy tym elemencie budowlanym.

Z zestawienia obliczeniowego współczynników strat ciepła przez przenikanie można stwierdzić, że największe straty występują przy przegrodzie okiennej oraz ścianach zewnętrznych.

Podczas projektowania izolacji cieplnej budynku należy zwrócić szczególną uwagę na zjawisko kondensacji pary wodnej (para w stanie gazowym zamienia się w stan ciekły). Proces ten występuje przy źle działającej wentylacji, przy wysokich różnicach temperatur powietrza (zewnętrznego i wewnętrznego) oraz przy nieprawidłowej izolacji termicznej. Kondensacja powoduje powstawanie wilgoci w przegrodach, powstawanie pleśni, grzybów, niszczenie materiałów izolacyjnych, powodujące utratę ciepła budynku.

## Wnioski

Izolacja cieplna odgrywa istotną rolę przy prawidłowym projektowaniu ocieplenia budynku. Głównym celem jest utrzymanie określonej temperatury wewnątrz obiektów, przy zmieniających się warunkach zewnętrznych.

Skuteczność izolacji cieplnej zależy głównie od jakości materiałów termoizolacyjnych, odpowiedniego ich doboru oraz staranności i sposobu wykonania izolacji. O właściwym doborze materiałów decydują określone jego właściwości, takie jak: rodzaj wyrobu, wrażliwość na zawilgocenie, odporność na działanie temperatury, stopień odporności na działanie ognia, wytrzymałość na zginanie oraz ściskanie, zdolność przewodzenia ciepła, gęstość objętościowa materiału oraz łatwość obróbki i wbudowania w przegrodzie termicznej.

Wyroby z wełny mineralnej są niepalne oraz nie rozprzestrzeniają ognia, a także są w wysokim stopniu paroprzepuszczalne. Dzięki temu wilgoć, która wystąpi wewnątrz przegrody, zostanie odparowana na zewnątrz. Posiada stosunkowo dobry współczynnik przewodzenia ciepła, około 0,038 W/mK.

Styropian jest produktem sztywnym, lekkim, łatwym w obróbce, wytrzymałym na ściskanie oraz jest odporny na występujące zawilgocenia. Posiada dobry współczynnik przewodzenia ciepła ok. 0,036 W/mK, odpowiednią nasiąkliwość oraz opór cieplny R.

Aerożel jest to substancja stała (najlżejsza), która posiada niewielki współczynnik izolacyjności ciepła. Materiał ten jest odporny na ściskanie i rozciąganie oraz może być stosowany w izolacji akustycznej. Posiada dwa razy mniejszy współczynnik przewodności cieplnej w porównaniu z pozostałymi materiałami, około 0,015 W/(mK).

Podsumowując, aerożel i wełna mineralna to bardzo istotne materiały wśród izolacji cieplnej. Aerożel posiada dobre parametry izolacyjne. Głównie jest to przenikanie oraz przewodzenie ciepła i pod tym względem produkt ten jest liderem wśród produktów izolacyjnych.

## Literatura

- [1] P. Furmański, T.S. Wiśniewski, J. Banaszek, Izolacje cieplne. Mechanizmy wymiany ciepła, właściwości cieplne i ich pomiary, OWPW, Warszawa 2008
- [2] D. Lochner, W. Ploss, Izolacje cieplne i przeciwdźwiękowe w domkach jednorodzinnych, Wyd. Arkady, Warszawa 1982.
- [3] T. Kisielewicz, E. Królak, Z. Pieniążek, Termorenowacja ścian zewnętrznych budynków, Pomoc dydaktyczna, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 1999.
- [4] E. Kukliński, Wykonywanie izolacji termicznych w budownictwie, Wyd. Arkady, Warszawa 1982.
- [5] Magazyn „Izolacje”, Budownictwo, przemysł, ekologia, 1/2011
- [6] [www.intersoft.pl/](http://www.intersoft.pl/)