

ANALIZA PRZYDATNOŚCI WYBRANYCH MATERIAŁÓW W BUDOWNICTWIE W SEKTORZE PRODUKCJI ŻYWNOSCI. CZĘŚĆ I. MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE

Łukasz Stadnik

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Celem pracy jest techniczna ocena wykorzystania termoizolacyjnych materiałów do modernizacji istniejących zabudowań przemysłowych. Dokonywanie termomodernizacji budynków przemysłowych ma na celu obniżenie kosztów ich eksploatacji. W pracy przedstawiono charakterystykę, właściwości oraz zastosowanie tradycyjnych materiałów termoizolacyjnych oraz ich ekologicznych zastępników. Modernizacja istniejących zabudowań przemysłowych nie tylko przyczynia się do znacznego obniżenia kosztów stałych w zakładzie przetwórczym, ale również poprawia komfort środowiska pracy oraz zwiększa bezpieczeństwo znajdującej się w nim żywności. Przystępując do wykonania modernizacji zabudowań przemysłowych, powinno się przede wszystkim dokonać właściwego doboru materiałów izolacyjnych, gdyż tylko prawidłowo wykonana izolacja będzie przynosić korzyści przez szereg lat, także w odniesieniu do zmian klimatycznych.

Słowa kluczowe: zabudowania przemysłowe, budynki inteligentne

WSTĘP

Wysokość kosztów związanych z funkcjonowaniem zakładu przetwórczego jest zależna od pory roku. W okresie jesień-zima koszty ponoszone na ogrzewanie pomieszczeń lub hal produkcyjnych będą znacznie wyższe niż w okresie wiosna-lato, przy czym dodatkowe obciążenie wynika z potrzeby ogrzewania hal w okresie zimowym, a nie funkcjonowania chłodni, w których instalacje chłodnicze i grzewcze pracują przez cały rok. Jednym ze sposobów obniżania kosztów związanych z wykorzystaniem energii elektrycznej w przemyśle spożywczym jest wprowadzenie budownictwa inteligentnego i energooszczędnego. Idea budynku inteligentnego sięga lat 80. XX w. Istnieje szereg definicji budownictwa inteligentnego. Wynika to z rozwoju gospodarczego oraz wielozakresowości w rozumowaniu roli poszczególnych elementów struktury inteligentnych

Adres do korespondencji – Corresponding author: Łukasz Stadnik, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Katedra Chłodnictwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: lukasz.stadnik@up.lublin.pl

budynków. Główną ideą budynku inteligentnego jest efektywne zarządzanie przestrzenią budynku w celu minimalizacji kosztów jego eksploatacji. Problemem nie jest powstawanie nowych zakładów przetwórczych bazujących na zasadach budownictwa inteligentnego, ale dostosowanie obecnie funkcjonujących pomieszczeń i hal produkcyjnych do wymogów stawianych współczesnemu budownictwu energooszczędnemu i inteligentnemu. Przekształcenia istniejących hal produkcyjnych w budynki energooszczędne można dokonać poprzez termoizolację wszystkich jego powierzchni. Termomodernizacja budynków przemysłowych zapewnia nie tylko lepszy komfort pracy i znaczne obniżenie kosztów związanych z eksploatacją budynku, ale również może przyczynić się do znacznego zredukowania nadmiaru wilgoci, która stanowi m.in. podstawę rozwoju drobnoustrojów chorobotwórczych. Szczególne znaczenie ma to w przypadku pomieszczeń, w których przebywają pracownicy oraz hal produkcyjnych, w których przechowuje się żywność.

Istotą termomodernizacji jest zwiększenie efektywności wykorzystania energii cieplnej w ramach budynku na skutek ograniczenia strat ciepła budynku oraz znajdujących się w nim urządzeń i instalacji [Belej i Gulmontowicz 2009].

Modernizację budynków przeprowadza się z wykorzystaniem materiałów termoizolacyjnych. Materiał termoizolacyjny to taki materiał, którego przewodność cieplna jest niższa niż $0,05 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Warunek ten spełniają materiały wyprodukowane ze specjalnie spienionych tworzyw sztucznych, np. polistyrenu, poliuretanu oraz materiałów porowatych pochodzenia mineralnego i organicznego, tj. włókna bazaltowe, szklane, celuloza. Wydaje się, że im większy udział powietrza uwięzionego w masie materiału termoizolacyjnego, tym większa powinna być jego ciepłochronność. Jednakże, prowadzone w ostatnim czasie badania dowodzą, że większy wpływ na wartość przewodności cieplnej materiałów termoizolacyjnych mają wielkość poszczególnych przestrzeni powietrznych, układ włókien w strukturze materiału, wilgotność uwięzionego powietrza oraz to, czy pory są otwarte czy zamknięte. Otwarte komórki są bardziej podatne na przepuszczanie pary wodnej niż zamknięte. Przy wyborze materiału termoizolacyjnego w budownictwie przemysłowym należy brać pod uwagę nie tylko jego właściwości termoizolacyjne, ale także jego ognioodporność, wytrzymałość na naciski powierzchniowe, odporność na zmienne warunki pogodowe, na substancje chemiczne oraz szkodniki [Czerska i Jankowski 2007, Dębska 2008a].

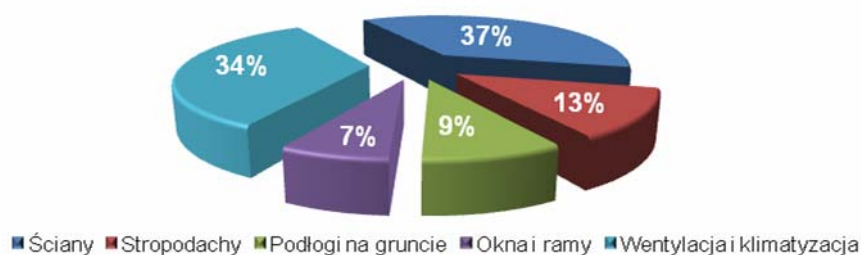
Materiały termoizolacyjne mają za zadanie ograniczyć przepływ ciepła przez przegrody budowlane takie, jak: ściany, stropy, dachy i fundamenty. Należy mieć na uwadze to, że podane w przepisach graniczne wartości przewodności cieplnej poszczególnych materiałów izolacyjnych są minimalnymi, jakimi powinny się one charakteryzować [Anonim 2008].

Celem pracy jest ogólna charakterystyka podstawowych materiałów termoizolacyjnych stosowanych w budynkach inteligentnych i energooszczędnych z jednoczesnym ukierunkowaniem na wykorzystanie ich w modernizacji istniejących, czasem starych budynków przemysłowych, głównie w sektorze produkcji żywności.

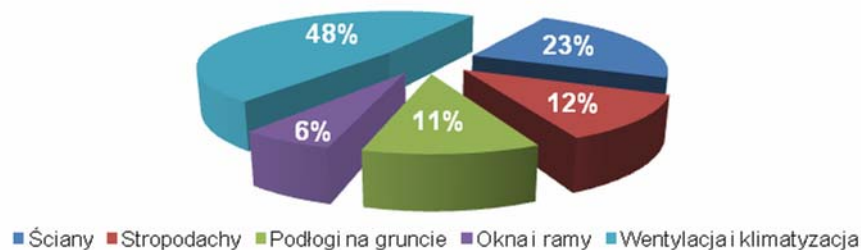
TERMOIZOLACYJNE MATERIAŁY BUDOWLANE

Aby obniżyć straty ciepła, które muszą być pokryte poprzez ogrzewanie hal przemysłowych, a także dla utrzymania na stałym poziomie temperatury w chłodniach, suszarniach, przechowalniach czy też w pomieszczeniach biurowych należy w pierwszej kolejności odpowiednio zaizolować wszystkie powierzchnie, przez które następuje będzie przenikanie ciepła [Zalewski 2001]. Termoizolację budynku należy przeprowadzić tak, aby poniesione nakłady zwróciły się w pierwszym rzędzie poprzez oszczędności w ogrzewaniu lub chłodzeniu [Anonim 2008]. Podstawową warstwę izolacji termicznej stanowią materiały o odpowiednio niskiej przewodności cieplnej. Współczesny rynek materiałów budowlanych oferuje produkty do wznoszenia gotowych ścian jednowarstwowych, spełniające surowe normy dotyczące izolacyjności cieplnej budynków bez konieczności stosowania dodatkowych materiałów izolacyjnych. Jednak szczególnie do celów przemysłowych stosuje się dodatkowe materiały podnoszące cieplny opór przewodzenia przegród (rys. 1).

Budynek o współczynniku przenikania przegród $k=0,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$



Budynek o współczynniku przenikania przegród $k=0,15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$



Rys. 1. Struktura strat ciepła z budynku na zewnątrz [Szyszka 2009]

Fig. 1. The structure of the heat loss from a building

Podstawową właściwością charakteryzującą materiał termoizolacyjny jest przewodność cieplna, którą wyznacza się z prawa Fouriera:

$$\dot{q} = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

gdzie:

\dot{q} – gęstość strumienia przewodzonego ciepła, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,

λ – przewodność cieplna, $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Wartość ta oznacza strumień ciepła przewodzony przez materiał o powierzchni jednostkowej (1 m^2) na drodze jednostkowej (1 m) w kierunku przewodzenia, jeśli różnica temperatury na tej drodze wynosi 1 K . Im niższa wartość tego współczynnika, tym lepsza izolacyjność cieplna materiału.

Drugą istotną wielkością związaną ze stratami ciepła jest opór cieplny. Jego wartość zależy od grubości materiału izolacyjnego i przewodności cieplnej tego materiału:

$$R = \frac{d}{\lambda}, \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

gdzie:

d – grubość warstwy przegrody, m ,

λ – przewodność cieplna warstwy przegrody, $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Kolejnym ważnym parametrem ujmującym dodatkowe warunki procesów wnikanía ciepła jest współczynnik przenikania ciepła k , $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ (tab. 1).

Tabela 1. Wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła w przypadku termomodernizacji budynków

Table 1. The required values of overall heat transfer coefficient in the case of thermally upgraded buildings

Rodzaj przegrody Type of barrier	Temperatura w pomieszczeniu Room temperature	Współczynnik przenikania ciepła The overall heat transfer coefficient k , $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$
Ściany zewnętrzne warstwowe, stykające się z powietrzem zewnętrznym Layered external walls, in contact with the outside air	$T_i > 16^\circ\text{C}$	0,30
Ściany zewnętrzne pozostałe, stykające się z powietrzem zewnętrznym Remain exterior walls in contact with the outside air	$T_i > 16^\circ\text{C}$	0,50
Ściany zewnętrzne, stykające się z powietrzem zewnętrznym, niezależnie od rodzaju ściany External walls, in contact with the outside air, regardless of the type of wall	$T_i \leq 16^\circ\text{C}$	0,80
Wymagania według normy PN-B-02020:1991, T_i – wewnętrzna temperatura obliczeniowa Requirements according to the standard PN-B-02020:1991, T_i – calculated internal temperature		

Strumień ciepła przenikającego przez powierzchnię okien i drzwi budynków jest zwykle znaczny. Normy określają maksymalną wartość współczynnika przenikania ciepła dla poszczególnych stref klimatycznych naszego kraju. Przykładowo okna i drzwi balkonowe w domach w I, II i III strefie klimatycznej (klimat łagodniejszy)

powinny zapewniać współczynnik przenikania ciepła poniżej $2,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, dla strefy IV i V (klimaty surowszy) maksymalna wartość tego współczynnika powinna wynosić $2,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Okna dachowe, niezależnie od strefy klimatycznej cechuje współczynnik przenikania ciepła poniżej $2,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, a okna oddzielające pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych $4,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Wartość tego współczynnika w przypadku okien uzależniona jest od rodzaju szyb, ram okiennych oraz sposobu ich łączenia (tab. 2, 3) [Siemieniuk 2005, Dębska 2008b]. Istotnym elementem z punktu widzenia cieplnego bilansu budynku jest staranne i szczelne zamocowanie okien oraz drzwi.

Tabela 2. Wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła zapewniane przez szyby zespolone jednokomorowe

Table 2. Required values of overall heat transfer coefficient provided by the one-chamber glazing

Typ/Type	Oszklenie Glazing	Współczynnik przenikania ciepła Overall heat transfer coefficient $k, \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$					
		Szkło/Glass	powietrze/air	argon	krypton	SF ₆	ksenon/xenon
Oszklenie podwójne Double glazing	szkło niepowlekane (zwykle szkło) uncoated glass (ordinary glass)		2,7÷3,3	2,6÷3,0	2,6÷2,8	2,9÷3,1	2,6
	jedna szyba powlekana one glass-coated	1,8÷2,7	1,6÷2,3	1,6÷1,9	2,2÷2,5	1,5÷1,7	

Wymagania według normy PN-EN ISO 10077-1:2007
Requirements according to the standard PN-EN ISO 10077-1:2007

Tabela 3. Wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła zapewniane przez szyby zespolone dwukomorowe

Table 3. Required values of overall heat transfer coefficient provided by the double-glazing-chamber

Typ/Type	Oszklenie Glazing	Współczynnik przenikania ciepła Overall heat transfer coefficient $k, \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$					
		Szkło/Glass	powietrze/air	argon	krypton	SF ₆	ksenon/xenon
Oszklenie potrójne	szkło niepowlekane (zwykle szkło) uncoated glass (ordinary glass)		1,9÷2,3	1,8÷2,1	1,6÷1,8	1,9÷2,0	1,6÷1,7
	dwie szyby powlekane two glass-coated	1,0÷1,8	0,8÷1,5	0,5÷1,1	1,1÷1,3	0,5÷0,9	

Wymagania według normy PN-EN ISO 10077-1:2007
Requirements according to the standard PN-EN ISO 10077-1:2007

Straty ciepła będą niższe jeśli szyby zostaną dodatkowo pokryte powłoką niskoemisyjną umożliwiającą swobodne przenikanie promieniowania słonecznego do wewnątrz pomieszczenia, ale jednocześnie zabezpieczającą przed jego wydostawaniem się na zewnątrz budynku. W wyniku zastosowania takiej powłoki wartość współczynnika przenikania ciepła może wynieść poniżej $1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

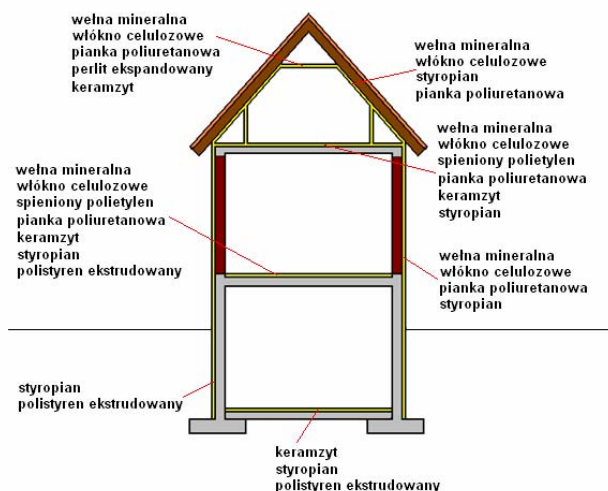
Wartość współczynnika przenikania ciepła w przypadku ram okiennych jest określana zgodnie z normą PN-EN ISO 10077-1:2007 (tab. 4).

Tabela 4. Wymagane wartości współczynnika przenikania ciepła dla ram okiennych
Table 4. Required values of the overall heat transfer coefficient for window frames

Material Material	Współczynnik przenikania ciepła Overall heat transfer coefficient $k, W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Aluminium (stal) Aluminum (steel)	5,9
Aluminium z przekładką termiczną Aluminum with thermal lining	2,0–2,8
50 mm	2,3/2,0
75 mm	2,0/1,7
Drewno miękkie/twarde Wood, soft/hard	
100 mm	1,7/1,5
125 mm	1,5/1,3
150 mm	1,3/1,1
PCW puste PVC blank	
dwukomorowe two-chamber	2,2
trójkomorowe three-chamber	2,0
PCW pięciokomorowe z wkładką termiczną PVC five-chamber with thermal lining	1,2

Średnie straty przenikania ciepła przez jednowarstwowo ocieplony dach drewniany wynoszą 20%.

Rozmieszczenie materiałów termoizolacyjnych w poszczególnych elementach budynku zależy od jego konstrukcji i przeznaczenia (rys. 2).



Rys. 2. Przykład rozmieszczenia materiałów termoizolacyjnych w poszczególnych segmentach budynku [Czerska i Jankowski 2007]

Fig. 2. An example of thermal insulation materials deployment in the various segments of the building

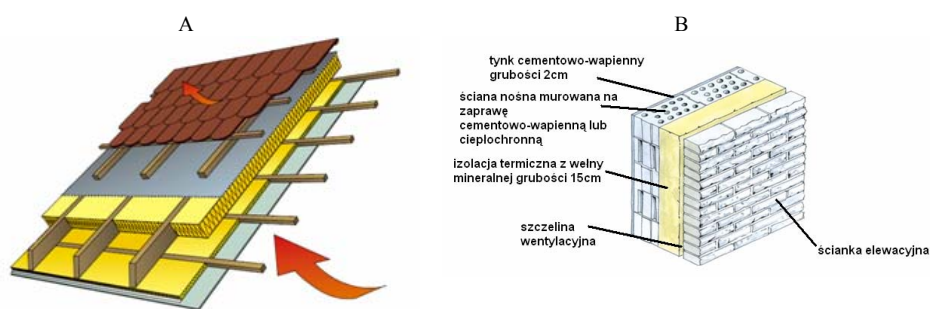
Do wykonywania termoizolacji budynków wykorzystuje się głównie dwie grupy materiałów: spieniony polistyren (styropian, polistyren ekstrudowany) oraz wełnę mineralną.

Wełny mineralne. Pod pojęciem „wełny mineralnej” określa się materiał przeznaczony do izolacji cieplnej, przeciwogniowej oraz dźwiękowej otrzymywany ze stapienia minerałów skalnych (np. bazaltu) lub żużla wielkopieczowego, czasami z dodatkiem żywic syntetycznych. Często wełną mineralną nazywa się też wełną szklaną produkowaną ze stopionego piasku kwarcowego oraz stłuczki szklanej. Wełna szklana o strukturze składającej się z krótkich włókien charakteryzuje się niewielką elastycznością, ale jest odporna na działanie wysokiej temperatury (do 600°C). Wełna szklana o strukturze złożonej z długich włókien posiada dobre właściwości sprężyste, a tym samym idealnie nadaje się do ocieplania przestrzennego. Przewodność cieplna obu rodzajów wełny jest zbliżona, a jej wartość zależy głównie od stopnia sprasowania i mieści się w przedziale 0,032–0,05 W·m⁻¹·K⁻¹. Wełna mineralna ma dużą trwałość i wytrzymałość na odkształcenia, nie ulega też degradacji w kontakcie z substancjami zawierającymi rozpuszczalniki. Wełna mineralna kamienna ma klasę A1, a wełna szklana klasę A2 w europejskiej klasyfikacji wyrobów ze względu na ogniotrwałość. Wyroby z wełny nie są palne, stanowią zaporę dla ognia oraz nie wydzielają szkodliwych substancji. Idealnie nadają się do izolacji ścian i dachów ponieważ nie hamują przepływu pary wodnej [Czapliński 2009, Czerska i Jankowski 2007, Dębska 2007, 2008a, Szot 2009]. Wełna mineralna jest także doskonałym materiałem izolującym hałas. Ogólnie przyjmuje się, że wełnę mineralną powinno się używać wszędzie tam, gdzie występują konstrukcje drewniane, ze względu na jej elastyczność. Wełna mineralna i wełna szklana dostępne są w postaci płyt, mat lub granulatu. Standardowe płyty mają następujące wymiary: szerokość od 500 do 1200 mm, długość od 1000 do 1800 mm oraz grubość od 40 do 240 mm. Zależnie od gęstości oraz wytrzymałości wyróżnia się:

- płyty miękkie o gęstości 60 kg·m⁻³, którymi izoluje się poddasza drewniane, stropy zewnętrzne i sufity podwieszane oraz stosuje się je jako wypełniacze ścian działowych i trójwarstwowych, czyli miejsc niepodlegających dużym obciążeniom (rys. 3);
- płyty półtwarde o gęstości od 80 do 120 kg·m⁻³, które charakteryzują się większą wytrzymałością niż płyty miękkie oraz uniwersalnością w stosowaniu. Wykorzystuje się je do ocieplania ścian zewnętrznych, trójwarstwowych i w konstrukcji szkieletowej, ścian ocieplanych metodą lekką moką i lekką suchą, a także podłóg pływających;
- płyty twarde o gęstości od 150 do 180 kg·m⁻³ służą do izolacji stropów betonowych, ścian fundamentowych, dachów płaskich, podłóg na gruncie oraz jako materiał ociepleniowy w ścianach dwuwarstwowych i w systemach docieplania budynków metodą lekką moką [Dębska 2007, 2008a, PN-EN 13162:2002/AC:2006].

Osobną grupę stanowią płyty laminowane, powlekane jednostronnie folią aluminiową, która odbija promieniowanie i spełnia rolę paroizolacji, które stosowane są głównie do ocieplania poddaszy. Płyty mogą być też pokryte jednostronnie welonem szklanym, wówczas pełnią funkcję izolacji przeciwwiatrowej i stosowane są do ocieplania ścian trójwarstwowych i osłonowych metodą lekką suchą [Czapliński 2009, Dębska 2007, 2008a, PN-EN 13162:2002/AC:2006].

Innym rodzajem materiałów produkowanym z wełny mineralnej są płyty lamelowe o gęstości $80\text{--}120\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Do ich wytwarzania wykorzystuje się pasy wełny o włóknach skierowanych poprzecznie do długości płyty. Charakterystyczne ułożenie włókien zapewnia wysoką wytrzymałość przy mniejszym stopniu sprasowania. Zaleca się stosowanie tych płyt przy ocieplaniu ścian metodą lekką mokrą i lekką suchą [Anonim 2008, Czaplński 2009, Czarska i Jankowski 2007].



Rys. 3. Przykład prawidłowego umieszczenia izolacji z wełny mineralnej: A – na pokrycia dachowe, B – w warstwie ściany [Anonim 2008, Czarska i Jankowski 2007]

Fig. 3. An example of correct placement of mineral wool insulation: A – for roofing, B – in layer wall

W przypadku docieplania płaskich dachów zaleca się stosowanie płyt dwuwarstwowych, w których warstwa zewnętrzna jest twarda i może przenosić duże obciążenia, a warstwa wewnętrzna jest miękka i charakteryzuje się dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi.

Kolejnym materiałem termoizolacyjnym wytwarzanym z wełny mineralnej są maty (szerokości od 500 do 1200 mm, grubości od 50 do 220 mm). Wykorzystuje się je do ocieplania poddaszy oraz ścian o konstrukcji szkieletowej. Do izolowania poddaszy użytkowych zaleca się maty laminowane jednostronnie paraizolacyjną folią aluminiową. Natomiast maty laminowane papierem lub welonem szklanym zaleca się w dociepleniach ścian zewnętrznych metodą lekką suchą w budynkach o konstrukcjach szkieletowych. Dostępne na rynku budowlanym są także maty wykonane w osnowie z siatki drucianej, stosowane do izolowania kanałów dymowych [Czaplński 2009, Dyląg 2009b, PN-EN 13162:2002/AC:2006].

Wełna mineralna dostępna jest także w postaci granulatu lub strzępków wełnianych impregnowanych olejem mineralnym. Granulat zalecany jest do wykonywania termoizolacji miejsc trudno dostępnych, do których granulatu jest wdmuchiwany pod ciśnieniem [Dębska 2007].

Z wełny mineralnej wytwarza się też otuliny o grubości od 20 do 140 mm przeznaczone do izolowania rur z ciepłą wodą oraz do tłumienia drgań przewodów i wyciszania instalacji wentylacyjnych, chłodniczych i klimatyzacyjnych.

Wśród wyrobów z wełny mineralnej wyróżnia się filce, maty oraz płyty:

– typu W – wypełniające, nieprzenoszące poza ciężarem własnym innych obciążeń, wykorzystywane np. do izolacji stropów poddaszy nieużytkowych, stropów i dachów

(między belkami i krokiewiami), sufitów podwieszanych, podłóg na legarach, murów szczelinowych, ścianek działowych itp.,

– typu O – obciążone, przenoszące ograniczone obciążenie prostopadle do powierzchni, równomiernie rozłożone, wykorzystywane np. przy podłogach pływających, fasadach wentylowanych, płytach podkładowych w dwuwarstwowej izolacji cieplnej dachów płaskich itp.,

– typu S – specjalne, przenoszące obciążenia równomiernie rozłożone i skupione, o małej ściśliwości i znacznej odporności na rozciąganie, do stosowania w izolacjach dachów płaskich jako płyty leżące bezpośrednio pod pokryciem dachowym (papa, folie z tworzyw sztucznych) oraz jako płyty fasadowe do ociepleń budynków metodą moką.

Dodatkowo watę mineralną używa się także jako otulinę do wypełniania kabin dźwiękoszczelnych, ekranów dźwiękochłonnych oraz obudowy maszyn spożywczych [Dyląg 2009b, PN-B-23118:1997/Ap1:1999, PN-EN 12354-5:2009].

Polistyren ekspandowany – styropian. Powszechnie stosowanym materiałem termoizolacyjnym jest styropian. Jest to materiał lekki, odporny na wilgoć, o przewodności cieplnej od 0,035 do 0,040 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Wykazuje on niewielką nasiąkliwość i dlatego nadaje się do ocieplania części budynku narażonych także na działanie wody, tj. fundamentów, ścian piwnicznych i podłóg na gruncie.

Styropian charakteryzuje się dobrymi właściwościami dźwiękochłonnymi. Gęstość styropianu może być zróżnicowana, o czym informuje oznaczenie składające się z liter „FS” oraz liczby, odpowiadającej gęstości materiału. Gęstość styropianu decyduje o jego przeznaczeniu:

– styropian typu FS-12, występuje w postaci miękkich i lekkich płyt o gęstości 12 $kg \cdot m^{-3}$. Stosowany jest do ocieplania ścian trójwarstwowych i ścian w budynkach o konstrukcji szkieletowej. Ma również zastosowanie do ocieplania dachów i stropów drewnianych, a także w systemach docieplania ścian metodą lekką suchą;

– styropian typu FS-15, gęstość płyt 15 $kg \cdot m^{-3}$. Stosowany jest do termoizolacji ścian powyżej powierzchni gruntu metodą lekką moką oraz stropów w piwnicy;

– styropian typu FS-20, występuje w postaci twardych płyt o gęstości 20 $kg \cdot m^{-3}$ wykorzystywanych do izolacji stropów, podłóg na gruncie i ogrzewanych oraz tarasów, ścian piwnicznych i fundamentowych. Można również stosować go na stropodachach oraz pod papę wierzchniego okrycia;

– płyty typu FS-30 oraz FS-40 są najtwardszymi płytami o gęstości 30 $kg \cdot m^{-3}$ i 40 $kg \cdot m^{-3}$. Stosowane są do ocieplania ścian fundamentowych, tarasów oraz podłóg w chłodniach i w garażach [Dragończyk 1976, Dyląg 2009a, PN-EN 13163:2004/AC:2006].

Styropian nie wykazuje zapachu, jest odporny na działanie mikroorganizmów i gryzoni. Płyty styropianowe mają grubość od 10 do 250 mm. Brzegi płyty mogą być gładkie lub profilowane do łączenia na zakładkę lub na pióro i wpust. Powierzchnie płyt mogą być gładkie lub ryflowane, czyli nacięte w równoległe rowki służące do odprowadzania wody.

Do izolacji termicznej dachów płaskich, ścian fundamentowych i piwnicznych oraz pod wlewki betonowe zaleca się stosowanie płyt styropianowych pokrytych papą. Dostępne są również płyty styropianowe połączone z płytą gipsowo-kartonową jedno lub dwustronnie stosowane jako materiał wykończeniowy na wewnętrzne ściany działowe

i sufity podwieszane. Płyty styropianowe zalaminowane folią aluminiową lub matą refleksyjną stosowane są pod instalacje elektrycznego ogrzewania podłogowego. Folia doskonale odbija promieniowanie ciepłe i dzięki temu ciepło w większości jest wykorzystywane do nagrzewania posadzki. Poza czystym styropianem można spotkać styropian z dodatkiem grafitu, który wykazuje się większą ciepłochronnością niż biały. Produkowane z niego płyty mogą być o 1/3 cieńsze od standardowych, charakteryzując się jednocześnie porównywalną wartością przewodności cieplnej. Wśród płyt styropianowych wyróżnia się też płyty hydrofobowe, które są mniej nasiąkliwe niż standardowe. Zaleca się je do termoizolacji powierzchni szczególnie narażonych na działanie wody, np. fundamenty, ściany i podłogi w piwnicach oraz w chłodniach. Innym rodzajem płyt styropianowych są płyty ryflowane, które mają wyprofilowane rowki umożliwiające wentylowanie przestrzeni pomiędzy izolacją termiczną ścian, a także służą do odprowadzania wody. Wykorzystywane są głównie do izolowania ciepłego odwróconych dachów oraz tarasów. Stosując metodę lekką moką przy termomodernizacji ścian piwnicznych i fundamentowych, można używać płyt ryflowanych, ale należy układać je rowkami skierowanymi w kierunku gruntu [Czerska i Jankowski 2007, Dyląg 2009a, PN-EN 13163:2004/AC:2006].

Styropian ekstrudowany (polistyren ekstrudowany) o przewodności cieplnej od 0,021 do 0,038 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$, charakteryzuje się większą twardością i mniejszą nasiąkliwością w stosunku do styropianu ekspandowanego. Na rynku budowlanym oferowany jest w kolorze niebieskim, zielonym lub różowym. Zalecany jest do izolacji dachów odwróconych, podłóg na gruncie, np. w halach przemysłowych, chłodniach, garażach, czyli wszędzie tam, gdzie występują duże obciążenia. Polistyren ekstrudowany powstaje, podobnie jak styropian, z polistyrenu, jednak technologia jego produkcji i struktura materiału jest inna niż ekspandowanego. Styropian ekspandowany tworzony jest z granulki, pomiędzy którymi występuje powietrze (struktura otwarta), a w ekstrudowanym powietrze jest uwięzione w porach (struktura zamknięta). Dzięki takiej strukturze materiały termoizolacyjne wykonane ze styropianu ekstrudowanego nie pochłaniają wody i stąd można je stosować na podłożach znajdujących się poniżej izolacji przeciwwodnej. W branży budowlanej występują pod symbolem XPS. Podobnie jak materiały wykonane ze styropianu ekspandowanego, płyty mogą być różnie profilowane. Stosuje się je głównie do izolacji powierzchni narażonych na obciążenia, np. ściany piwnic, podłóg, dachów płaskich i tarasów [PN-EN 13164:2003/AC:2006].

Płyty pilśniowe. Płyty pilśniowe powstają ze sprasowanych włókien drzew iglastych. Najlepsze właściwości izolacyjne wykazują płyty o strukturze porowatej i małej gęstości oraz grubości od 15 do 100 mm. W niektórych płytach włókna mogą być związane magnezem. Najlepszymi właściwościami izolacyjnymi charakteryzują się płyty o strukturze porowatej i gęstości 170 $kg \cdot m^{-3}$, których przewodność cieplna wynosi w granicach 0,045 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Brzegi płyty mogą być gładkie lub profilowane. Zalecane są do izolowania ścian, stropów i dachów. W miejscach narażonych szczególnie na działanie wilgoci stosuje się płyty pilśniowe nasączone substancjami hydrofobowymi oraz środkami grzybobójczymi. W ofercie handlowej można spotkać również płyty wielowarstwowe o różnych właściwościach. Płyty pilśniowe wykazują też dobre właściwości tłumienia dźwięków [Czerska i Jankowski 2007, Dragończyk 1976].

Pianki i płyty poliuretanowe. Pianka poliuretanowa wytwarzana jest w procesie spieniania żywicy poliuretanowej. Z pianki poliuretanowej wykonywane są izolacje natryskowe dachów i stropów. Warstwa termoizolacyjna wykonana z takiej pianki jest bardzo lekka i odporna na wodę. Pianki poliuretanowe wtryskiwane są najczęściej specjalnym pistoletem, zapewniającym prawidłowe i dokładne wypełnienie szczelin. Ponieważ strukturę pianki tworzą pory komórkowe zamknięte poprzez to jest nienasiąkliwa. Ścięcie nadmiaru pianki powoduje otwarcie porów i zwiększenie nasiąkliwości. Dlatego należy umiejętnie i oszczędnie stosować pianki poliuretanowe w pracach budowlanych, aby ograniczyć do minimum konieczność jej obcinania [PN-EN 13165:2003/AC:2006, Zapke 2009].

Z poliuretanu wytwarza się również lekkie płyty o dużej sztywności i wytrzymałości na ściskanie. Przewodność cieplna tych płyt wynosi od 0,024 do 0,028 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$, który w dużej mierze zależy od gęstości pianki (30–150 $kg \cdot m^{-3}$). Istotną zaletą płyt poliuretanowych jest odporność na działanie pleśni i grzybów. Pianka poliuretanowa charakteryzuje się dobrą izolacyjnością cieplną, akustyczną, odpornością na działanie substancji chemicznych (rozcieńczone kwasy, oleje, smary i rozpuszczalniki) oraz wysokich temperatur (do 150°C) i ognia. Wykazuje się ona małą nasiąkliwością i paroprzepuszczalnością, ale jest podatna na działanie promieniowania UV. W budownictwie najczęściej znajduje zastosowanie przy wypełnianiu przejść instalacyjnych, bruzd i szczelin wokół okien, a także jako podkład pod panele i wykładziny podłogowe w postaci maty o grubości 3–5 cm, gdzie pełni funkcję wyrównująco-izolującą. W handlu oferowana jest najczęściej w postaci rolek o długości do 2 m i szerokości 1 m. Jest także dobrym materiałem dźwiękochłonnym, zwłaszcza w tłumieniu przenoszonych dźwięków uderzeniowych. Brzegi płyt są wyprofilowane tak, że można je łączyć na zakładkę, na pióro lub wpust. Grubość płyt waha się od 20 do 120 mm. Płyty poliuretanowe nadają się do izolowania płaskich i pochyłych dachów, a także poddaszy, tarasów, ścian fundamentowych oraz podłóg. Mogą być dwustronnie laminowane folią aluminiową lub włókniną szklaną. Płyty łączone z płytą gipsowo-kartonową stosuje się do ocieplania budynków od wewnątrz [Czerska i Jankowski 2007, Zapke 2009].

Korki. Dobrym, choć mniej popularnym ze względu na wysoką cenę, materiałem termoizolacyjnym jest korek. Wykonuje się z niego panele podłogowe lub boazerijne stosowane do wykańczania wnętrz, a także płyty termoizolacyjne o grubości od 20 do 320 mm. Występuje także w postaci granulatu. Korek ma dobre właściwości termoizolacyjne-przewodność cieplna wynosi od 0,037 do 0,045 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. Charakteryzuje się niską nasiąkliwością, odpornością mechaniczną i łatwością formowania. Różnica między materiałami używanymi do izolacji ciepłochronnych a stosowanymi w izolacjach zimnochronnych polega na zastosowaniu odmiennego lepiszcza stosowanego do sklejenia ziarn korkowych. Izolując ciepłochronnie, wykorzystuje się płyty i otuliny klejone lepiszczem białkowym (np. alkaliczny roztwór kazeiny z dodatkiem formaliny lub klej kostny zamiast kazeiny). Natomiast w izolacjach zimnochronnych używa się lepiszczy asfaltowych, które wykazuje większą odporność na wilgoć. Płyty korkowe łatwe do samodzielnej obróbki i montażu, oferowane są jako samoistny materiał ociepleniowy lub jako składnik systemu ociepleń, wraz z odpowiednim tynkiem, zaprawami klejowymi, siatką zbrojeniową i kołkami montażowymi [Czerska i Jankowski 2007, PN-EN 13170:2003/AC:2006].

Inne materiały termoizolacyjne. Dobrymi termoizolatorami są ekofiber i thermocel. Są to materiały wytwarzane z włókien celulozowych, pozyskiwanych w procesie przetwarzania makulatury. Są odporne na działanie wilgoci i ognia dzięki zastosowaniu odpowiednich impregnatów. W kontakcie z ogniem nie palą się, lecz zwęglają, nie wydzielając przy tym substancji toksycznych. Stosowane są jako izolacje termiczne lub akustyczne ścian działowych o konstrukcji szkieletowej oraz przestrzeni trudnodostępnych metodą wdmuchiwania. Włókna celulozowe sprzedawane są także w formie elastycznych płyt. Ich przewodność cieplna wynosi ok. $0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [Anonim 2008, Anonim 2009].

Kolejnym ekologicznym materiałem termoizolacyjnym jest granulaty wulkaniczny wytwarzany z lawy wulkanicznej. Jest odporny na działanie wszelkich substancji chemicznych, całkowicie niepalny oraz nie ulega degradacji biologicznej. Przewodność cieplna granulatu wulkanicznego mieści się w przedziale od $0,042$ do $0,059 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Granulaty stosowane są głównie w systemie docieplania budynków. Wypełnia się nim przestrzenie pomiędzy ścianą a otynkowaną siatką stalowo-ceramiczną przymocowaną do muru kołkami dystansowymi. Granulaty stosowane są także do ocieplania podłóg, stropodachów i dachów płaskich [Buchelt 2006].

Innym (ekologicznym) materiałem termoizolacyjnym i wyciszającym są płyty wytwarzane z włókien lnianych sprasowanych ze skrobią ziemniaczaną. Płyty te z uwagi na ich łatwopalność muszą być zabezpieczone impregnatami ogniochronnymi. Do produkcji płyt ekologicznych można także wykorzystywać włókna konopi, które wykazują właściwości podobne do włókien lnianych. Jednakże, płyty te są podatne na działanie wilgoci. Zastępnikiem włókien lnianych mogą być włókna kokosowe, które charakteryzują się dużą wytrzymałością, sprężystością, odpornością na działanie ognia i są czyste chemicznie. Dobre właściwości termoizolacyjne i dźwiękochronne wykazują maty wykonane z wełny naturalnej. Są trwałe i dobrze regulują poziom wilgotności pomieszczeń. Produkowane są maty laminowane jednostronnie włókniną lub folią aluminiową oraz strzępki wełniane stosowane do izolacji wykonywanych metodą wdmuchiwania. Maty wełniane zaleca się do ocieplania poddaszy użytkowych. Przewodność cieplna płyt wykonanych z surowców pochodzenia roślinnego mieści się w granicach $0,043$ – $0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [Kalicki 2005].

Tradycyjnym i ekologicznym materiałem termoizolacyjnym są płyty (o grubości od 20 do 50 mm) wytwarzane ze słomy. Przewodność cieplna płyt wykonanych ze słomy wynosi $0,042$ do $0,056 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Słoma w płytach powiązana jest sznurkami oraz nasączona impregnatem, który podnosi jej odporność ogniową. Płyty słomiane stosowane są do ocieplania dachów, ścian szkieletowych, stropów i poddaszy [Kalicki 2005].

Wełna celulozowa impregnowana związkami boru jest materiałem izolacyjnym o przewodności cieplnej $0,040$ – $0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Cechuje ją paroprzepuszczalność oraz odporność na działanie ognia. Stosowana jest głównie do izolacji cieplnej i akustycznej stropodachów wentylowanych, połączeń dachowych, ścian warstwowych oraz podłóg na legarach. Znakomicie nadaje się do termoizolacji budynków mieszkalnych, inwentarskich oraz hali przemysłowych. W sprzedaży dostępna jest w postaci proszku pakowanego w worki. Sposób jej użycia wymaga doświadczenia i odpowiedniego sprzętu, gdyż wdmuchiwana jest pod ciśnieniem w ocieplane przestrzenie [Anonim 1998, PN-93/B-04631].

Keramzyt jest doskonałym termoizolatorem odpornym na działanie drobnoustrojów, czynników atmosferycznych i chemicznych. Cechuje się wysoką odpornością na niskie temperatury oraz małą nasiąkliwością. Przewodność cieplna warstwy keramzytu luźno usypanej wynosi ok. $0,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, czyli jest ponad dwukrotnie większa niż wełny mineralnej i styropianu, dlatego istotną sprawą jest usypanie odpowiedniej grubości keramzytu. Najczęściej stosowany jest do izolacji cieplnej podłóg na gruncie, rzadziej stropów i stropodachów. Idealnie nadaje się do produkcji lekkich bloczków ściennych i pustaków stropowych ze względu na wysoką ich ciepłochronność [PN-EN 771-3:2005].

Perlit ekspandowany otrzymywany jest z perlitu wulkanicznego. Wykazuje bardzo dobre właściwości ciepłochronne i dźwiękochłonne. W zależności od składu chemicznego przewodność cieplna perlitobetonu wynosi od $0,07$ do $0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Jest prosty w użyciu i bardzo odporny na działanie wilgoci i mikroorganizmów, jednocześnie jest bezpieczny dla zdrowia ludzi. W branży budowlanej stosowany jest najczęściej jak składnik tynków ciepłochronnych i wylewek podłogowych [Sawicki 2009, PN-EN 13169:2003/AC:2006].

Pianka polietylenowa wytwarzana jest poprzez spienianie polietylenu o małej gęstości (LPDE). Najczęściej występuje w handlu w postaci różnorodnego rodzaju mat i profili. W wyniku zgrzewania kilku warstw mat otrzymuje się płyty o różnej grubości. Często spotykanym zabiegiem jest pokrywanie płyt różnymi foliami (np. aluminiową) lub samoprzylepnym klejem. Zaleca się ją do izolacji termicznej podłóg pod panele, a także w tapetach ciepłochronnych. Przewodność cieplna pianki polietylenowej wynosi $0,034\text{--}0,039 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [Anonim 2008, Czernska i Jankowski 2007, Dragończyk 1976].

PODSUMOWANIE

W pracy scharakteryzowano podstawowe materiały termoizolacyjne stosowane do ocieplania budynków. Właściwie przeprowadzona termoizolacja zabezpieczy budynek przed nadmierną utratą ciepła na zewnątrz lub jak w przypadku chłodni przed nadmiernym dopływem ciepła do wnętrza pomieszczenia. Główną korzyścią z dokonanej modernizacji budynku będzie obniżenie kosztów jego eksploatacji i odciążenie środowiska naturalnego. Dobór odpowiednich materiałów termoizolacyjnych zależeć będzie od przeznaczenia budynku. W chłodniach prawidłowo wykonana termoizolacja może prowadzić do obniżenia kosztów ich funkcjonowania. Wynikać to będzie z faktu, że ograniczony dopływ strumienia ciepła do wnętrza chłodni będzie powodował obniżenie kosztów na pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną służącą do zasilania instalacji chłodniczych. Im mniejszy wpływ środowiska zewnętrznego na funkcjonowanie chłodni, tym większa stabilność warunków panujących wewnątrz i większa efektywność pracy urządzeń chłodniczych. Podobne zalecenia należy mieć na uwadze, dokonując termoizolacji hal produkcyjnych. W każdym przypadku ważna jest właściwie dokonana ocena aktualnego stanu budynku, jego przeznaczenia oraz wieloletniego użytkowania. Celem dokonywanych termoizolacji budynków przemysłowych jest dążenie do istotnego obniżenia kosztów ich eksploatacji. Należy pamiętać, że korzyści wynikające z zastosowania termoizolacji odczuwalne będą już w krótkookresowej perspektywie. Reasumując, należy stwierdzić, że odpowiednio przeprowadzona termoizolacja budyn-

ków przemysłowych pomimo z reguły wysokiego jednorazowego kosztu, prowadzi nie tylko do korzyści, ale także do oszczędności energii, a w związku z tym do ochrony środowiska naturalnego, również poprzez obniżenie negatywnych oddziaływań na klimat.

PIŚMIENNICTWO

- Anonim, 1998. Włókno celulozowe – Aprobata techniczne nr 2145/96-AT-15, 2521/97-AT-15, 2575/97-AT-15, 2662/97-AT-15, 2670/97-AT-15 Instytutu Techniki Budowlanej. Katalog, Warszawa.
- Anonim, 2008. Izolacja termiczna wełną mineralną ISOVER, Vademecum Izolacji Isover – Poradnik dla Praktyków.
- Anonim, 2009. Nordiska Ekofiber Polska sp. z o.o., Ekofiber, http://ekofiber.com.pl/strona.php?subaction=showfull&id=1195758073&archive=&start_from=&ucat=3&psz=tresc&lang.
- Belej M., Gulmontowicz P., 2009. Analiza wpływu prac termomodernizacyjnych na wartość rynkową lokali mieszkalnych w zasobach wielorodzinnych, *Acta Sci. Pol. Administratio Locorum*, 8(3), 49–63.
- Buchelt A., 2006. Perlit – naturalna izolacja, http://www.e-izolacje.pl/sypkie_materialy,Perlit_naturalna_izolacja,2088.htm.
- Czapliński J., 2009. Materiały i technologie termoizolacyjne. Przegroda bez strat. *Magazyn instalatora*, 12, 34–36.
- Czerska H., Jankowski C., 2007. Izolacje termiczne i akustyczne, *Cicho i ciemno...*, *Budujemy dom*, 1–2, 124–128.
- Dębska A., 2007. Izolacje z wełny mineralnej, www.izolacje.com.pl
- Dębska A., 2008a. Hałas w domu, www.izolacje.com.pl
- Dębska A., 2008b. Przegrody budowlane: współczynnik przenikania ciepła, www.izolacje.com.pl
- Dragończyk A., 1976. *Materiałoznawstwo i technologia dla monterów izolacji cieplnych*. Warszawa Arkady.
- Dyląg Z., 2009a. Budowa i remont – izolacje i ochrona. Styropian, Wyd. WEKA, http://solidnydom.pl/cv_352_8992,styropian.htm.
- Dyląg Z., 2009b. Budowa i remont – izolacje i ochrona. Wełna mineralna, Wyd. WEKA, http://solidnydom.pl/cv_354_8994,welna_mineralna.htm.
- Kalicki P., 2005. Nietypowe materiały ociepleniowe, http://www.e-izolacje.pl/termiczne_akustyczne,Nietypowe_materialy_ociepleniowe,72.htm.
- PN-93/B-04631. Materiały do izolacji cieplnej z włókien nieorganicznych. Metody badań.
- PN-B-23118:1997/Ap1:1999. Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Otuliny z wełny mineralnej.
- PN-B-02020:1991 Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
- PN-EN 13162:2002/AC:2006. Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z wełny mineralnej (MW) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
- PN-EN 771-3:2005. Wymagania dotyczące elementów murowych część III: Elementy murowe z betonu kruszywowego.
- PN-EN 13163:2004/AC:2006. Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
- PN-EN 13164:2003/AC:2006. Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
- PN-EN 13165:2003/AC:2006 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze sztywnej pianki poliuretanowej (PUR) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.

- PN-EN 13169:2003/AC:2006. Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z ekspandowanego perlitu (EPB) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
- PN-EN 13170:2003/AC:2006. Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby z ekspandowanego korka (ICB) produkowane fabrycznie – Specyfikacja.
- PN-EN ISO 10077-1:2007. Ciepłne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła. Część 1: Postanowienia ogólne.
- PN-EN 12354-5:2009. Akustyka budowlana. Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Część 5: Poziomy hałas pochodzące od wyposażenia technicznego.
- Sawicki J., 2009. Perlit ekspandowany – arcymistrz termoizolacji, <http://www.perlit-polska.pl/content/izolacje.html>.
- Siemieniuk J., 2005. Okno a współczynnik przenikania ciepła, http://www.e-izolacje.pl/okna_drzwi,738.htm.
- Szot J., 2009. Izolacja przeciwoogniowa. http://www.e-izolacje.pl/izolacje_techiczne,5614.htm.
- Szyszka J., 2009. Kierunki rozwoju technologii energooszczędnych ścian zewnętrznych budynków, izolacja.com.pl.
- Zalewski W., 2001. Projektowanie i eksploatacja systemów chłodniczych. Obliczanie projektowe izolacji zimno i par ochronnej, Kraków.
- Zapke W., 2009. Budowa i remont – izolacje i ochrona. Płyty twarde z pianki poliuretanowej, Wyd. WEKA, tłum. B. Bartkiewicz, http://solidnydom.pl/cv_351_8991,plyty_z_pianki_poliuretanowej.htm.

USEFULNESS ANALYSIS OF SELECTED MATERIALS FOR BUILDING CONSTRUCTION IN THE SECTOR OF FOOD PRODUCTION. PART I. THERMAL INSULATION MATERIALS

Abstract. The aim of the work is technical evaluating of heat insulating materials used for the thermo-modernization of existing industrial buildings. Modernization of industrial buildings can contribute to reducing the costs of operation. The characteristics, properties and application of conventional thermal insulation materials and their ecological substitutes are discussed. Modernization of existing industrial buildings not only contribute to a significant fixed costs reduction at the processing plant but also improve the comfort of working environment and increase the food safety. Before the modernization of industrial buildings should first make the proper selection of insulation materials, since only properly constructed insulation will result in benefits for many years, including impact to climate change.

Key words: thermal insulation materials, modernization, industrial buildings, intelligent buildings

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 17.12.2009