

Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego



MLBE

**MAŁOPOLSKIE LABORATORIUM
BUDOWNICTWA ENERGOOSZCZĘDNEGO**

**Raport z badania właściwości cieplnych powłok
refleksyjnych**

NAZWA ZADANIA: **RAPORT Z BADAŃ**

BADANIA I RAPORT ZOSTAŁY OPRACOWANE W:

Małopolskim Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego

Politechnika Krakowska

ul. Warszawska 24

31-155 Kraków

ZESPÓŁ BADAWCZY POD KIERUNIKIEM

dr hab. inż. arch. Marcina Furtaka prof. PK:

Kierownik badania: dr inż. Małgorzata Fedorczak-Cisak

Prowadzący badanie: mgr inż. Henryk Łoziczonek

Op -
M. Fedorczak-Cisak
Henryk B. Łoziczonek

Kraków 01/2020

- ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA -

**RAPORT Z BADANIA WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNYCH POWŁOK
REFLEKSYJNYCH**

I. PODSTAWY PRAWNE OPRACOWANIA

1. Cel opracowania
2. Zakres opracowania
3. Podstawy prawne
4. Podstawowe pojęcia i definicje

II. OPIS METODY BADAWCZEJ

1. Metodyka badań
2. Procedura badania
3. Opis stanowiska badawczego
4. Opis obiektów badawczych
5. Czas trwania badania

III. WYNIKI BADAŃ

IV. WARTOŚCI OBLICZONE

1. Szacowana dokładność pomiarów

V. LITERATURA

I. PODSTAWY PRAWNE OPRACOWANIA

1. Cel opracowania

1. Celem badania jest wyznaczenie współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/mK] powłoki termorefleksyjnej oraz oporu cieplnego R [m²K/W] próbek pokrytych powłokami termorefleksyjnymi.

2. Celem naukowym będzie potwierdzenie właściwości izolacyjnych powłok termorefleksyjnych.

2. Zakres opracowania

Zakresem opracowania obejmuje opis procedury badawczej oraz przeprowadzenie obliczeń w celu porównania uzyskanych wyników.

3. Podstawa prawna opracowania

Eksperti Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego Politechniki Krakowskiej, zgodnie z obowiązującą procedurą, przeprowadzili badania na sprzęcie laboratoryjnym zakupionym w ramach projektu MRPO 05.01.00-12-89/12 „Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego”.

Badanie zostało przeprowadzone zgodnie z procedurą umieszczoną na stronie internetowej <http://www.mlbe.pk.edu.pl/w> trybie niekomercyjnym, z zachowaniem poszanowania zasad konkurencyjności na rynku materiałów budowlanych.

Badania oparto o normy i regulacje dedykowane tego typu projektom:

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane Dz U. 1994 Nr 89 poz. 414 wraz z późniejszymi zmianami,
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie,
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.),
- Norma europejska PN-EN ISO 6946:2008 – „Komponenty budowlane elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania”,
- PN-EN 12667 - Właściwości cieplne materiałów i wyrobów budowlanych. Określanie oporu cieplnego metodami osłoniętej płyty grzejnej i czujnika strumienia cieplnego. Wyroby o dużym i średnim oporze cieplnym,
- PN-EN 12664 - Właściwości cieplne materiałów i wyrobów budowlanych. Określanie oporu cieplnego metodami osłoniętej płyty grzejnej i czujnika strumienia cieplnego Suche i wilgotne wyroby o średnim i małym oporze cieplnym
- PN-ISO 8301 – Określanie oporu cieplnego i właściwości z nim związanych w stanie

ustalonym. Aparat płytowy z czujnikami strumienia cieplnego

- PN-ISO 8302 – Określanie oporu cieplnego i właściwości z nim związanych w stanie ustalonym. Aparat płytowy z osłoniętą płytą grzejącą,
- ASTM C518-15 - Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus,
- EN ISO 7345 Thermal insulation – Physical quantities and definitions

4. Podstawowe pojęcia i definicje

Podstawowe definicje zostały przytoczone na podstawie obowiązujących norm i rozporządzeń:

Współczynnik oporu cieplnego R [m^2K/W] – określa zdolność materiału do powstrzymywania strat ciepła. Opór cieplny warstwy wchodzącej w skład przegrody określa się jako stosunek różnicy temperatur na jej powierzchniach do gęstości ustalonego strumienia ciepła.

Współczynnik przewodzenia ciepła λ dla materiałów budowlanych [W/mK] – jest miarą zdolności materiału do przewodzenia ciepła. Badanie i określanie współczynnika przewodzenia ciepła materiału jest wykonywane zgodnie z normami: PN ISO 8301 i PN ISO 8302 *Izolacja cieplna - Określanie oporu cieplnego i właściwości z nim związanych w stanie ustalonym - Aparat płytowy z osłoniętą płytą grzejącą oraz PN ISO 10456 Określanie deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.*

Ekwiwalentny współczynnik przewodzenia ciepła λ_{eq} [W/mK] – dla elementu budowlanego składającego się z kilku materiałów budowlanych określa przewodność cieplną jednorodnego zastępczego materiału budowlanego w kształcie prostopadłościanu o tych samych wymiarach, który w miejscu całego elementu budowlanego w stanie zamontowanym pozwala uzyskać ten sam efekt cieplny.¹

Temperatura otoczenia – jako temperaturę otoczenia przyjmuje się temperaturę 25°C – temperaturę pokojową.

Temperatura środowiska – średnia ważona temperatury powietrza i promieniowania od powierzchni próbki, z uwzględnieniem wpływu radiacji i konwekcji.

Średnio niejednorodna próbka – próbka, która podczas badania spełnia ujednolicone kryteria temperatury zgodne z normą.

II. OPIS METODY BADAWCZEJ

1. Metodyka badań

W elementach obudowy budynków występują złożone procesy transportu ciepła. Są to: przewodzenie, promieniowanie, konwekcja oraz wymiana masy, występujące wszystkie razem, lub też niektóre z nich. Metodologia, według której przeprowadzono badanie, określa całkowitą ilość ciepła przenikającego z jednej strony obiektu do drugiej, dla danej różnicy temperatur, w zdefiniowanych ustalonych warunkach badania.

¹ Schöck

Wartością mierzoną w aparacie płytowym jest opór cieplny R [$\text{m}^2\text{K/W}$] warstwy materiału oraz współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/mK].

2. Procedura badania

Obiekty badawcze zostały dostarczone do Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego.

W celu przygotowania obiektów zgodnie z normą, zostały one poddane procesowi kondycjonowania aż do osiągnięcia w obiektach wyrównanego rozkładu wilgoci.

Badanie zostało przeprowadzone dla temperatur, które zostały ustalone na powierzchniach płyt aparatu:

Tabela 1. Zestawienie deklarowanych temperatur badania

Płyta dolna	Płyta górna	Różnica temperatur	Wartość średnia
20°C	0°C	20K	10°C

Orientacja obiektu: pozioma.

Kierunek przewodzenia ciepła: pionowy w górę.

Celem badania było wyznaczenie współczynnika przewodzenia ciepła oraz oporu cieplnego dostarczonych obiektów.

Podczas badania zostały wykonane trzy pomiary. Wynikiem badania jest średnia z trzech pomiarów.

3. Opis stanowiska badawczego

Stanowisko badawcze to aparat płytowy do wyznaczenia współczynnika przewodzenia ciepła materiałów budowlanych.

Aparat płytowy służy do wyznaczania oporu cieplnego przegrody R [$\text{m}^2\text{K/W}$] oraz współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/mK] materiałów budowlanych w warunkach stanu ustalonego. Posiada on komorę izolowaną cieplnie od warunków otoczenia. Wewnątrz komory znajdują się dwie płyty, nieruchoma dolna oraz ruchoma górna, z możliwością docięnięcia jej do górnej powierzchni obiektu badawczego. Na płytach ustalane są temperatury dla zadeklarowanych warunków badania. Różnica temperatur powoduje przepływ ciepła przez obiekt badawczy. W płytach znajdują się termoparowe czujniki temperatury oraz przetworniki strumienia ciepła. Aparat posiada system pomiaru grubości obiektu badawczego. Znajomość tych parametrów pozwala na wyznaczenie wartości współczynnika λ .

Aparat jest wyposażony w system rotacyjny umożliwiający pomiar obiektu badawczego umieszczonego pod kątem z zakresu od 0,0° do 90,0°.

3.1 Metody badawcze

Metoda z użyciem aparatu płytowego jest przeznaczona do wyznaczania współczynnika przewodzenia ciepła obiektów badawczych - izolacyjnych materiałów budowlanych. Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/mK] otrzymujemy przez wyznaczenie gęstości strumienia ciepła q [W/m²] dla znanej grubości obiektu badawczego oraz zadanej różnicy temperatur na jego powierzchniach, w warunkach termicznego stanu ustalonego oraz jednorodnego strumienia ciepła. Jako wartość wynikową przyjmuje się wartość średnią współczynnika λ [W/mK] z wartości uzyskanych na płytach górnej i dolnej. Podczas badania wyznaczany jest opór cieplny R [m²K/W] przegrody.

Badanie zostało przeprowadzone zgodnie z normą: PN-ISO 8301, PN-ISO 8302 oraz ASTM C518-15.

3.2 Czujniki wykorzystane w badaniu

3.2.1 Mierniki gęstości strumienia ciepła

Do pomiaru gęstości strumienia cieplnego został wykorzystany elektryczny przetwornik strumienia ciepła. Daje on sygnał elektryczny, który jest bezpośrednią funkcją gęstości strumienia cieplnego przechodzącego przez niego. Mierniki gęstości strumienia ciepła umieszczone są w płycie górnej i dolnej.

Rozdzielczość pomiaru temperatury: 0,01°C

3.2.2 Czujniki temperatury

Czujniki temperatury umieszczone są na powierzchni płyty górnej oraz dolnej i służą do pomiaru temperatury na powierzchniach obiektu badawczego.

Do pomiaru temperatury panującej na powierzchniach obiektu badawczego mogą być stosowane dodatkowe termopary.

Zakres pomiarowy: od -15°C do 85°C

Dokładność: $\pm 0,02$ K

3.2.3 Pomiar przesunięcia płyty górnej

Pomiar grubości obiektu badawczego dokonywany jest przez pomiar przesunięcia płyty górnej. Do tego pomiaru używane są sensory umieszczone na śrubach pociągowych układu napędowego.

Zakres: od 0 do 300 [mm].

Dokładność odczytu: $\pm 0,025$ [mm].

4 Opis obiektów badawczych

W aparacie płytowym były badane płyty z materiału termorefleksyjnego o wymiarach 500 z 500 mm oraz obiekty o wymiarach 750 x 750 mm i grubości 125 mm z naniesioną powłoką termorefleksyjną.

Tabela nr 2 zawiera wykaz obiektów badawczych.

Tabela 2. Wykaz obiektów badawczych

Poz.	Obiekt badawczy
1.	Płyta z materiału termorefleksyjnego o grubości 4 mm
2.	Płyta z materiału termorefleksyjnego o grubości 6 mm
3.	Zestaw: powłoka 1 mm + karton-gips 12,5 mm + 100 mm styropian + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka
4.	Zestaw: karton-gips 12,5 mm + 100 mm styropian + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka
5.	Zestaw referencyjny: karton-gips 12,5 mm + 100 mm styropian + karton-gips 12,5 mm
6.	Zestaw: powłoka 1 mm + karton-gips 12,5 mm + 100 mm wełna mineralna + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka
7.	Zestaw: karton-gips 12,5 mm + 100 mm wełna mineralna + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka
8.	Zestaw referencyjny: karton-gips 12,5 mm + 100 mm wełna mineralna + karton-gips 12,5 mm



Rys. 1. Płyta z materiału termorefleksyjnego w aparacie płytowym



Rys. 2. Zestaw płyta gipsowo-kartonowa – styropian - płyta gipsowo-kartonowa pokryta obustronnie powłoką termorefleksyjną



Rys. 3. Zestaw płyta gipsowo-kartonowa – wełna mineralna - płyta gipsowo-kartonowa pokryta obustronnie powłoką termorefleksyjną

5 Czas trwania badania

Badanie zostało przeprowadzone w okresie: lipiec – wrzesień 2018

III. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badania płyt z materiału termorefleksyjnego.

Poz.	Grubość płyty [mm]	Współczynnik λ [W/mK]	Opór cieplny R [m ² K/W]
1.	4,2	0,04435	0,09392
2.	5,9	0,04748	0,1245

Wyniki badania próbek z warstwą styropianu

Poz.	Obiekt badawczy	Ekwiwalentny współczynnik przewodzenia ciepła λ_{eq} [W/mK]	Opór cieplny R [m ² K/W]
3.	Zestaw: powłoka 1 mm + karton-gips 12,5 mm + 100 mm styropian + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka	0,04943	2,597
4.	Zestaw: karton-gips 12,5 mm + 100 mm styropian + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka	0,04810	2,640
5.	Zestaw referencyjny: karton-gips 12,5 mm + 100 mm styropian + karton-gips 12,5 mm	0,04943	2,532

Wyniki badania próbek z warstwą wełny mineralnej

Poz.	Obiekt badawczy	Ekwiwalentny współczynnik przewodzenia ciepła λ_{eq} [W/mK]	Opór cieplny R [m ² K/W]
6.	Zestaw: powłoka 1 mm + karton-gips 12,5 mm + 100 mm wełna mineralna + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka	0,0502	2,593
7.	Zestaw: karton-gips 12,5 mm + 100 mm wełna mineralna + karton-gips 12,5 mm + 2 mm powłoka	0,04999	2,629
8.	Zestaw referencyjny: karton-gips 12,5 mm + 100 mm wełna mineralna + karton-gips 12,5 mm	0,04978	2,580

IV. WARTOŚCI OBLICZONE:

1. Szacowana dokładność pomiarów

Dokładność pomiaru dla aparatu płytowego wynosi $\sim 1\%$

V. LITERATURA

- [1] PN-EN ISO 7345:1998 Izolacja cieplna. Wielkości fizyczne i definicje.
- [2] PN-ISO 31-4:2002 Wielkości fizyczne i jednostki miar – Część 4: Ciepło.
- [3] PN-EN ISO 10456:2009 Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabelaryczne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.
- [4] PN-EN 13238:2011 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych. Procedury sezonowania i ogólne zasady wyboru podkładów.
- [5] Muratorplus
- [6] M. Sobolewski, K. Prekiel, Możliwości badawcze materiałów izolacyjnych w aparacie płytowym na przykładzie polistyrenu ekstrudowanego. Czasopismo Techniczne Technical Transactions. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Zeszyt 3. Rok 109.
- [7] K. Firkowicz-Pogorzelska. Metodyka określania wartości obliczeniowej współczynnika przewodzenia ciepła materiałów budowlanych. Prace instytutu Techniki Budowlanej – kwartalnik nr 3 (119) 2001.

Opracował:

Henryk B. Łoziczonek

mgr inż. Henryk B. Łoziczonek