

Małopolskie Laboratorium Budownictwa Energooszczędnego



MLBE

**MAŁOPOLSKIE LABORATORIUM
BUDOWNICTWA ENERGOOSZCZĘDNEGO**

**Raport z badania właściwości cieplnych laminatu z
polimerem o zmiennej przepuszczalności światła**

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

Kierownik badania: dr inż. Małgorzata Fedorczak-Cisak

Prowadzący badanie: mgr inż. Henryk Łoziczonek

DYREKTOR
Małopolskiego Laboratorium
Budownictwa Energooszczędnego

M. Furtak
dr hab. inż. arch. Marcin Furtak

M. Fedorczak-Cisak

Henryk Łoziczonek

Kraków 10/2018

- ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA -

**RAPORT Z BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNYCH
LAMINATU Z POLIMEREM O ZMIENNEJ PRZEPUSZCZALNOŚCI
ŚWIATŁA**

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. Porównanie uzyskanych wyników
2. Szacowana dokładność pomiarów

I. PODSTAWY PRAWNE OPRACOWANIA

1. Cel opracowania

Celem opracowania jest określenie oporu cieplnego R [$\text{m}^2\text{K/W}$] zespołów szybowych zawierających laminat o zmiennej przepuszczalności światła oraz określenie wartości współczynnika przenikania ciepła U [$\text{W/m}^2\text{K}$] przez przegrodę i porównanie z wartością tego współczynnika deklarowaną przez producenta szkła okiennego.

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 grzejną,
- 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 przenikania ciepła U [W/m^2K] – należy rozumieć oznaczenie właściwości termoizolacyjnej dla danej przegrody domu (ściany, okna, dachu, etc.). Wartość U określa ile energii przenika przez metr kwadratowy przegrody w czasie jednej sekundy gdy różnica między temperaturą na zewnątrz i wewnątrz wynosi 1 stopień Celsjusza.

Współczynnik przewodzenia ciepła λ dla materiałów budowlanych [W/mK] – należy rozumieć Zdolność 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 grzejną oraz PN ISO 10456 Określanie deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.*

Temperatura otoczenia – odpowiednio ważone temperatury powietrza i promieniowania w celu osiągnięcia strumienia cieplnego od powierzchni próbki.

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 poprzez przewodzenie, promieniowanie, konwekcję oraz wymianę masy. Metodologia, według której przeprowadzono badanie, określa całkowitą ilość ciepła przenikającego z jednej strony obiektu do drugiej, dla danej różnicy temperatur, w zdefiniowanych warunkach badania.

Podczas interpretacji wyników badań należy mieć na uwadze, że właściwości wymiany ciepła zależą od właściwości cieplnych samego obiektu badawczego, od warunków brzegowych, wymiarów obiektu oraz wielu innych parametrów, zatem wyniki otrzymane z pojedynczego obiektu badawczego nie są konieczne reprezentatywne lub możliwe do odniesienia do wszystkich próbek z danej technologii.

Wartością mierzoną w aparacie płytowym jest opór cieplny warstwy materiału. Na tej podstawie wyliczany jest współczynnik przewodzenia ciepła λ oraz współczynnik przenikania ciepła przez przegrodę U .

2. Procedura badania

Obiekty badawcze zostały dostarczone do Małopolskiego Laboratorium Budownictwa Energooszczędnościowego.

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

Podczas badania w aparacie płytowym, badany obiekt został umieszczony w komorze aparatu między gumowymi przekładkami. Badanie zostało wykonane z użyciem zewnętrznych termopar.

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

Tabela 1. Zadeklarowane temperatury badania

Strona ciepła	Strona zimna	Różnica temperatur	Wartość średnia
20°C	0°C	20°C	10°C

Celem badania było wyznaczenie oporu cieplnego zespołu szybowego zawierającego laminat z polimerem o zmiennej przepuszczalności światła. Matowy polimer pod wpływem przyłożonego napięcia stawał się przeźroczysty.

Obiekt został zbadany dla polimeru w stanie aktywnym i nieaktywnym.

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

Dla porównania uzyskanych wyników, zbadany został zestaw szybowy o zbliżonych wymiarach, zawierający warstwę laminatu bez polimeru.

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 dociśnięcia 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 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° do 90° .

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 otrzymujemy przez wyznaczenie gęstości strumienia ciepła q 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 z wartości uzyskanych na płytach górnej i dolnej. Podczas badania wyznaczany jest opór cieplny R przegrody.

3.2 Czujniki wykorzystane w badaniu

3.2.1 Mierniki gęstości strumienia ciepła

Do pomiaru gęstości strumienia cieplnego został wykorzystany elektryczny przetwornik 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.

3.2.2 Czujniki temperatury

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

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

3.2.3 Pomiar przesunięcia płyty górnej

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

4 Opis obiektów badawczych

W aparacie płytowym były badane zespoły szybowe o wymiarach maksymalnych: 752 x 752 mm.

Zespół szybowy z laminatem miał grubość 9,7 mm.

Referencyjny zespół szybowy bez laminatu miał grubość 8,5 mm.

Tabela nr 2 zawiera wykaz obiektów badawczych

Tabela 2. Wykaz obiektów badawczych

Numer obiektu badawczego	Opis	Grubość
Obiekt nr 39	Zespół szybowy z laminatem bez polimeru – obiekt referencyjny	8,5 mm
Obiekt nr 40	Zespół szybowy z laminatem i polimerem	9,7 mm



Rys. 1. Obiekt nr 39. Zespół szybowy z laminatem bez polimeru – obiekt referencyjny



Rys. 2. Obiekt nr 40. Zespół szybowy z polimerem w stanie nieaktywnym (bez zasilania)



Rys. 3. Obiekt nr 40. Zespół szybowy z polimerem w stanie aktywnym (z włączonym zasilaniem)

5 Czas trwania badania

Czas wykonywania badania wynosił: sierpień – wrzesień 2018

III. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badania są przedstawione w tabeli nr 3.

Tabela 3. Wyniki badania

Poz.	Obiekt badawczy	Opór cieplny
1	Zespół szybowy z laminatem bez polimeru – obiekt referencyjny	0,02172 m ² K/W
2	Zespół szybowy z laminatem Polimer w stanie nieaktywnym (bez zasilania)	0,02921 m ² K/W
3	Zespół szybowy z laminatem Polimer w stanie aktywnym (podłączony do zasilania)	0,02877 m ² K/W

IV. WARTOŚCI OBLICZONE:

Wartość współczynnika U została wyliczona dla następujących warunków:

Orientacja obiektu: pionowa.

Kierunek przewodzenia ciepła: poziomy.

1. Zmiana wartości współczynnika U

Wartość tego współczynnika dla zespołu szybowego z polimerem w stanie nieaktywnym jest mniejsza o 3,9% od wartości współczynnika U dla zespołu szybowego bez polimeru.

Wartość współczynnika U dla zespołu szybowego z polimerem w stanie aktywnym jest o 3,7% mniejsza od wartości współczynnika U dla zespołu szybowego bez polimeru.

Różnica między wartością współczynnika U dla zespołu szybowego z polimerem w stanie aktywnym a nieaktywnym wynosi 0,2%.

Deklarowana przez producenta szkła wartość współczynnika U dla szkła bezbarwnego float o obniżonej zawartości żelaza i grubości 8 mm wynosi 5,7 W/m²K.

Tabela 4. Porównanie wartości współczynnika U zespołów szybowych z polimerem z obiektem referencyjnym bez polimeru

Poz.	Nazwa obiektu	Współczynnik U	Zmiana wartości w stosunku do Poz. 1.
1	Zespół szybowy z laminatem bez polimeru – obiekt referencyjny	5,216 W/m ² K	
2	Zespół szybowy z laminatem Polimer w stanie nieaktywnym (bez zasilania)	5,020 W/m ² K	3,9%
3	Zespół szybowy z laminatem Polimer w stanie aktywnym (podłączony do zasilania)	5,031 W/m ² K	3,7%

Tabela 5. Porównanie wartości współczynnika U zespołów szybowych z laminatem do wartości deklarowanych przez producenta szkła

Poz.	Nazwa obiektu	Współczynnik U	Zmiana wartości w stosunku do Poz. 1.
1	Szyba ze szkła bezbarwnego float o obniżonej zawartości żelaza i grubości 8 mm	5,7 W/m ² K	
2	Zespół szybowy z laminatem bez polimeru – obiekt referencyjny	5,216 W/m ² K	8,5%
3	Zespół szybowy z laminatem Polimer w stanie nieaktywnym (bez zasilania)	5,020 W/m ² K	13%
4	Zespół szybowy z laminatem Polimer w stanie aktywnym (podłączony do zasilania)	5,031 W/m ² K	13,3%

2. Szacowana dokładność pomiarów

Dla aparatu płytowego, dokładność pomiaru dla aparatu płytowego wynosi ~ 1%

DYREKTOR
Małopolskiego Laboratorium
Budownictwa Energooszczędnego
dr hab. inż. arch. Marcin Furtak
Henryk B. Borkowski
H. Fedorov