

PRÓBA OSZACOWANIA IZOLACYJNOŚCI TERMICZNEJ PRZEGRÓD BUDOWLANYCH NA PODSTAWIE POMIARÓW TEMPERATURY

Artur NOWOŚWIAT*, Paweł KRAUSE**, Tomasz STEIDL***,

* Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: Artur.Nowoswiat@polsl.pl

** Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: Pawel.Krause@polsl.pl

*** Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: Tomasz.Steidl@polsl.pl

Streszczenie: W artykule zaproponowano metodę szacowania oporu cieplnego przegrody budowlanej, a w konsekwencji współczynnika przenikania ciepła, na podstawie szybkich pomiarów temperatur przy użyciu kamery termowizyjnej.

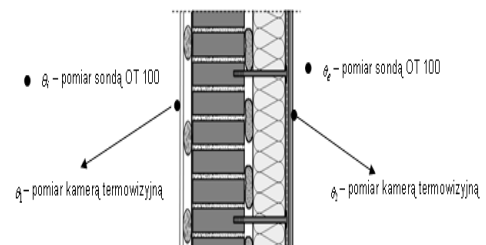
Słowa kluczowe: Badania termowizyjne, opór cieplny, współczynnik przenikania ciepła.

1. WPROWADZENIE.

W Fizyce Budowli znane są metody wykorzystujące pomiar temperatury i gęstości strumienia ciepła bezpośrednio na przegrodzie. Pozwalają one, w sposób dość skuteczny, wyznaczyć pomiarowy współczynnik przenikania ciepła U . Przykład takiej procedury pomiarowej można znaleźć w normie ISO 9869 : 1994. Thermal insulation – Building elements – In-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance. Badania przeprowadzane według powyższej normy mają jednak swoje wady. Jedną z podstawowych wad tej metody jest, zadaniem autorów, konieczność posiadania odpowiedniego drogiego sprzętu pomiarowego i umiejętność zmontowania stosownego stanowiska badawczego. Do wad metody można zaliczyć także czas trwania pomiarów. Czas takich badań norma określa na minimum 72 godz. Z reguły takie pomiary prowadzone są znacznie dłużej, aby zapewnić ich odpowiednią jakość. W poniższym artykule zaproponowano metodę szacowania oporu cieplnego przegrody budowlanej, a w konsekwencji współczynnika przenikania ciepła, na podstawie szybkich pomiarów temperatur przy użyciu kamery termowizyjnej.

2. BADANIA EKSPERYMENTALNE.

Przedmiotem badań jest warstwowa ściana zewnętrzna jednorodnego budynku mieszkalnego zlokalizowanego w woj. śląskim. Ściana jest wykonana z cegły ceramicznej pełnej gr. 38 cm ocieplonej w systemie ETICS izolacją termiczną w postaci polistyrenu EPS 038 gr. 16 cm. Rozpatruje się fragment ściany pełnej o wymiarach 80 cm x 80 cm bez liniowych mostków cieplnych, usytuowany w odległości $> 1,0\text{m}$ od sąsiadujących przegród (ścian i stropów). Badaną ścianę przedstawiono na rys. 1



Rys. 1. Badana przegroda zewnętrzna
Fig. 1. Examined internal partition

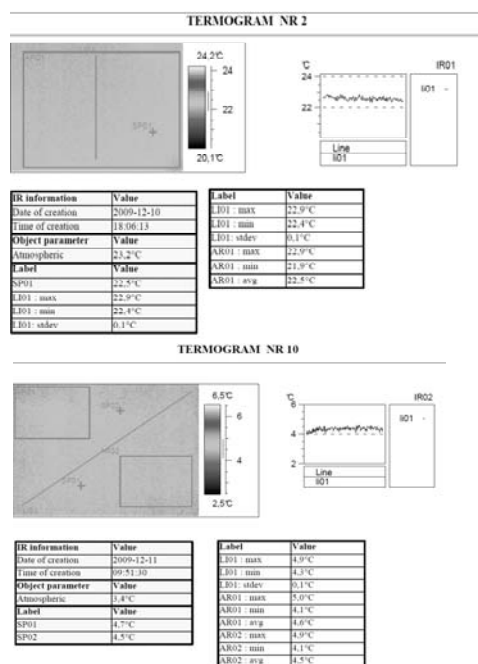
Rozkład temperatury na powierzchni ściany wizualizowano za pomocą pomiarów termowizyjnych. Jako badania pomocnicze wykonano pomiary temperatury powietrza zewnętrznego i wewnętrznego, pomiar wilgotności oraz pomiar prędkości powietrza przy ścianie. Do dalszych rozważań przyjęto uśred-

nione wyniki pomiarów przeprowadzanych w trzech kolejnych dniach pomiarowych. Na podstawie badań termograficznych i pomocniczych oraz wyprowadzonych wzorów metody uproszczonej, oszacowano wartość współczynnika przenikania ciepła U $W/(m^2K)$, dla analizowanej przegrody budowlanej, z wykorzystaniem zależności

$$U = \frac{1}{R_{si}} \left(1 - \frac{\theta_i - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \right) \quad (1)$$

Dla pomiarów termowizyjnych każdorazowo analizowano rozkład temperatury wzdłuż losowo wybranych linii.

Wybrane wyniki badań in-situ, termogramy, przedstawiono na rys.2



Rys.2. Przykładowe termogramy wraz z przebiegiem temperatury badanej dla losowo wybranych pól i linii.

Fig. 2. Examples of thermograms with the conduct of the test temperature for a randomly selected fields and lines.

3. RÓWNANIA KRYTERIALNE.

W celu wyznaczenia oporu przejmowania ciepła skorzystano z równań kryterialnych wymiany ciepła w obszarze burzliwym dla powierzchni pionowych. równanie wymiany ciepła w obszarze burzliwym dla powierzchni pionowych przyjmuje w przypadku konwekcji swobodnej postać:

$$Nu = 0,135(G_r P_r)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

gdzie :

Nu – liczba podobieństwa Nussełt’a

$GrPr$ – iloczyn liczb Grasshoff’a i Prandl’a określający intensywność wymiany ciepła przez konwekcję swobodną.

W przypadku konwekcji wymuszonej (ruch powietrza wzdłuż powierzchni) równanie kryterialne przyjmuje postać:

$$Nu_u = 0,032 Re_e^{0,8} \quad (3)$$

gdzie :

Re – liczba podobieństw Reynolds’a

Zatem wzór uproszczony dla wewnętrznych powierzchni pionowych:

$$\alpha_i = 1,66 \theta_i^{\frac{1}{3}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (4)$$

Który z niewielką niepewnością (około 1%) może być stosowany dla temperatur z zakresu od 10°C do 30°C. Dla powierzchni zewnętrznych współczynnik wymiany ciepła przez konwekcję można obliczyć ze wzoru:

$$\alpha_e = 7,34 \theta_e^{0,656} + 3,78 e^{-1,9 \theta_e} \left[\frac{W}{m^2 K} \right] \quad (5)$$

Obliczenia dokonano na podstawie zmierzonych wartości temperatury powierzchni przegród, dla stanu ustalonego przegrody jednorodnej. Pomiary wykonywano w trzech kolejnych dniach przy temperaturze powietrza zewnętrznego od -3,2 do +2,1 °C

4. UZYSKANE WYNIKI.

Wyniki obliczeń uzyskanych na podstawie wzorów (1) i (5), oraz pomierzonych wartości temperatur dla jednego z dni pomiarowych zebrano w tabeli 1.

Tabela1. Wyznaczenie oporu cieplnego na podstawie pomiarów termograficznych z dnia 10 grudnia 2009.

Table1. Determination of thermal resistance based on thermographic measurements of 10 December 2009.

	θ_i	θ_l	θ_e	θ_2	α_i (4)	U
1	23,2	22,1	2,1	3,3	4,73	
2	23,2	22,5	2,1	3,3	4,73	
3	-	-	2,1	3,2	-	
4	-	-	2,1	3,2	-	
śr.	23,2	22,3	2,1	3,25	4,73	0,202

Dla kolejnych dwóch dni pomiarowych uzyskano następujące wartości współczynnika przenikania ciepła U :

- 10 grudnia 2010 – $U = 0,218$ $W/(m^2K)$

- 11 grudnia 2010 – $U = 0,228$ $W/(m^2K)$

5. PODSUMOWANIE.

Przedstawiona próba oszacowania pomiarowego współczynnika przenikania ciepła, przy użyciu kamery termowizyjnej, dla wybranej przegrody budowlanej dała dość zbliżone wyniki z obliczeniami prowadzonymi jak dla warunków stacjonarnych. Próba ta nie może być traktowana jako dopracowana i sprawdzona metoda. W opracowaniu nie uwzględniono wpływu wiatru na wartości przyjmowane do obliczeń, w tym zasadniczo na wartość współczynnika wnikania ciepła α . W artykule nie opisano szczegółowo warunków prowadzenia badań polowych, które to warunki zostały jednakże zachowane ze szczególną starannością. Docelowo planowane jest wyznaczenie rozkładu temperatur w kilkudziesięciu wrażliwych punktach przegrody (punktach o znacznej różnicy temperatur). Na tej podstawie tworzona będzie siatka temperatur dla której pomierzony zostanie opór cieplny R, a następnie obliczony zostanie współczynnik przenikania ciepła U. Zaprezentowany przykład dotyczy jednej wybranej przegrody. W ramach programu badawczego przewiduje się dalsze sprawdzanie metody zarówno dla przegród pionowych jak i poziomych o zróżnicowanej budowie.

Na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań autorzy nie wykluczają, iż dalsze badania na większej grupie przegród prowadzone w zróżnicowanych warunkach zewnętrznych, mogą znacznie skomplikować metodę prowadzenia pomiarów i ograniczyć szybkość oraz założoną prostotę procedur pomiarowych i obliczeniowych.

TRIAL ESTIMATION OF THERMAL INSULATION OF BUILDING PARTITION BASED ON TEMPERATURE MEASUREMENT

The article presents a method of heat resistance estimation according to building partition, and in consequence heat transfer coefficient estimation. The method based on quick temperature measurement with using of thermovision camera.

Literatura:

- [1] Budownictwo ogólne tom 2 fizyka budowli. Praca zbiorowa pod kierunkiem Piotra Klemma Arkady 2005
- [2] Leitfaden Thermographie im Bauwesen. N.A. Fouad, T. Richter – Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006.
- [3] PN-EN 13187:Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – metoda podczerwieni.
- [4] ISO 9869:1994.

Badania zrealizowano w ramach projektu strategicznego: Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków - PBS-2/RB9/2010

