

# Badania termograficzne budynków jako podstawa skutecznej termomodernizacji

Dr inż. Jan Bobkiewicz – Pracownia Budowlana  
PROJEKT SERVICE SZCZECIN Sp. z o.o.,  
www.prabud.pl e-mail: prabud@office.net.pl



Przed przystąpieniem do prac związanych z ochroną cieplną niezwykle istotnym zagadnieniem jest prawidłowe rozpoznanie stanu termicznego obiektu. Do pełnej i wiarygodnej oceny stanu technicznego obiektów, badania termiczne powinny należeć do podstawowych badań budynków i stanowić część procesu inwestycyjnego. Czynności związane z odbiorem oraz przekazaniem prac termomodernizacyjnych powinny być wykonywane przy uwzględnieniu obrazów termalnych obserwowanych powierzchni poddanych termomodernizacji. Przy obecnych możliwościach technicznych wykonanie tego typu rozpoznania potwierdzonego odpowiednią dokumentacją nie stanowi istotnego problemu. W wielu przypadkach problemy te są traktowane w sposób bardzo pobieżny, uniemożliwiający prawidłową ocenę stanu termicznego.

Pomiary termiczne budynku Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej mieszczącego się przy al. Piastów 50 w Szczecinie, stanowią pozytywny przykład prawidłowego podejścia do procesu termomodernizacji. Przedmiotowy budynek jest złożoną bryłą o trzech i czterech piętrach. Dach budynku stanowią płaskie połacie pokryte papą. Stropy oraz biegi schodowe z płytami spocznikowymi zostały wykonane jako żelbetowe. Elewacje stanowią ściany murowane tynkowane, ściany murowane pokryte elewacyjnymi ceglami klinkierowymi oraz powierzchnie szklone. Budynek jest wykonany w dwóch częściach technologią tradycyjną: pierwsza część została wykonana w okresie międzywojennym, natomiast druga po roku 1970.

## Zakres opracowania i opis przeprowadzonych badań budynku

Artykuł obejmuje pomiary, których celem było uzyskanie obrazów termalnych wybranych charakterystycznych przegród ściennych budynku wraz z przeprowa-

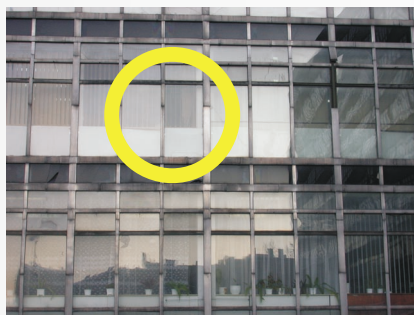
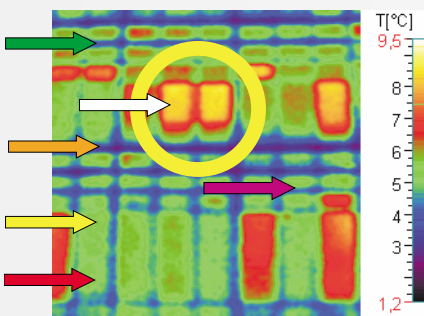
dzeniem podstawowych pomiarów temperatury do oszacowania współczynnika przenikania ciepła wybranych charakterystycznych przegród ściennych.

Pomiary termiczne przegród budynku wykonano kamerą termograficzną serii V-20 polskiej firmy VIGO System SA. Odbyły się one w dniach 6-7 grudnia 2002 roku w godzinach od 15 do 19 oraz od 21 do 23. Temperatura zewnętrzna powietrza podczas pomiarów wahała się od -7 °C do -10 °C. Pomiary termiczne budynku wykonywano w otwartym terenie, przy braku nasłonecznienia.

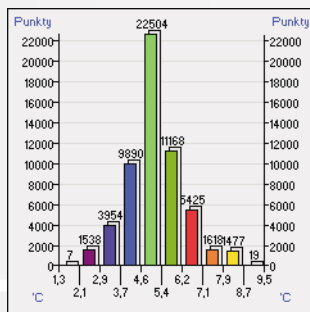
Autor artykułu, w ramach działalności swojej firmy, wykonuje również badania i pomiary termiczne oraz opracowania związane z termodiagnostyką obiektów. W badaniach termalnych powierzchni budynku w pełni potwierdziły się zalety zastosowanej kamery termograficznej serii V-20 firmy VIGO System SA. Potwierdzenie wyników badań kamerą uzyskano m. in. przez pomiary sprawdzające powierzchni badanych przegród, wykonywane bezpośrednio na wskazanych powierzchniach.



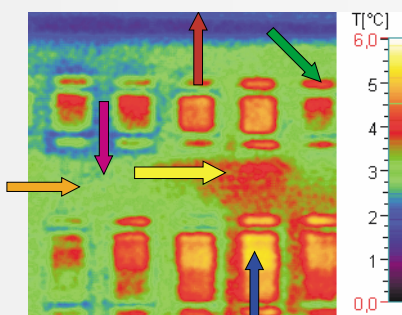
Ogólne widoki budynku od strony południowej oraz od strony południowo-zachodniej



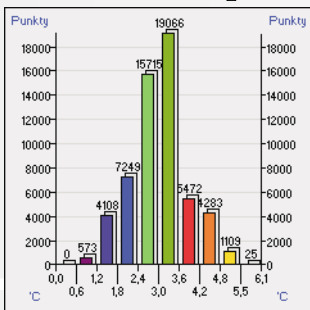
**Obraz termiczny oraz obraz graficzny wraz z histogramem i opisem powierzchni oszklonej budynku**



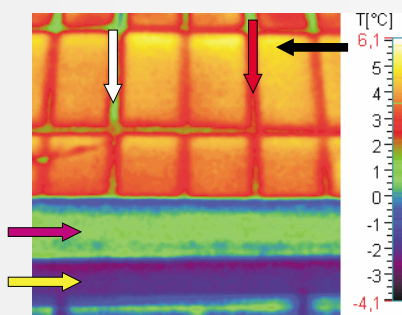
Strzałka zielona i strzałka pomarańczowa wskazują obraz termalny poziomych pasów oszklonej ściany o temperaturze od +1 °C do +7 °C. Strzałkami żółtą oraz czerwoną wskazano powierzchnie przeszklone o temperaturze w granicach od +2 °C do +9 °C. Strzałką białą pokazano powierzchnie o najwyższej temperaturze wynoszącej ponad +9 °C. Różnica temperatur powierzchni ściennych przekracza 8 °C. Temperatura zewnętrzna wynosiła -7 °C. Prędkość wiatru nie przekraczała 0,2 m/s. Wilgotność względna powietrza wynosiła około 55 %.



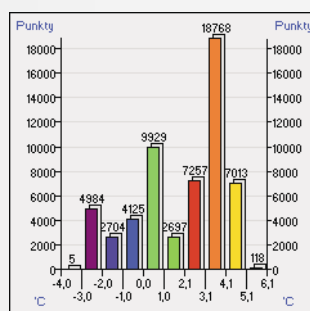
**Obraz termiczny oraz obraz graficzny wraz z histogramem i opisem powierzchni ściany budynku**



Strzałką brązową wskazano obraz termalny przegrody nadokiennej o temperaturze mieszczącej się w granicach od +0 °C do +3 °C. Strzałki: żółta, pomarańczowa i różowa wskazują powierzchnię ściany o temperaturze mieszczącej się w przedziale od +2 °C do +5 °C. Strzałką niebieską wskazano fragment powierzchni okna o najwyższej temperaturze +6 °C. Różnica temperatur powierzchni przegrody wynosi prawie 6 °C. Temperatura zewnętrzna wynosiła -8 °C. Prędkość wiatru nie przekraczała 0,3 m/s. Wilgotność względna powietrza wynosiła około 55 %.



**Obraz termiczny oraz obraz graficzny wraz z histogramem i opisem środkowej części powierzchni ściany**



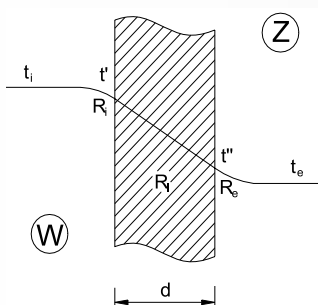
Strzałki różowa i żółta wskazują obraz termiczny poziomych pasów międzyokiennych żelbetowej i murowanej ściany o temperaturze w przedziale od -4 °C do +2 °C. Strzałkami białą i zieloną wskazano obraz termalny przegrody szklanej o temperaturze zawartej w granicach od +1 °C do +6 °C. Strzałka czarna wskazuje powierzchnię szklaną o najwyższej temperaturze ponad +6 °C. Różnica temperatur powierzchni przegrody (ścian i okien) przekracza 10 °C. Temperatura zewnętrzna wynosiła -10 °C. Prędkość wiatru nie przekraczała 0,5 m/s. Wilgotność względna powietrza wynosiła około 50 %.

## Wyniki badań termicznych przegród budynku

Wyniki pomiarów termograficznych opracowano w postaci kolorowych termogramów z podaną skalą zakresu temperatury. Obserwacjom termicznym poddano charakterystyczne powierzchnie przegród budynku ze wszystkich stron. Zamieszczone obrazy termalne wybrano z kilkudziesięciu wykonanych pomiarów. Na każdym zapisanym termogramie oprogramowanie kamery V-20 generuje skalę barwną. Skala ta jest graficzną reprezentacją jej przypisanych wartości temperatury. Pozwala to na określenie temperatury na badanych powierzchniach przegród i przedstawienie rozkładu temperatury w obrazowy sposób. Dodatkowo zamieszczono histogramy rozkładu wartości temperatury badanych powierzchni ścian obiektu, na których zamieszczono liczbę punktów pomiarowych i ich temperatury. Wyniki pomiarów termicznych w postaci termogramów zamieszczono w formie opracowanych obrazów z odpowiednim komentarzem.

## Wyznaczenie szacunkowej wartości współczynnika przenikania ciepła

Poniżej przedstawiono uproszczoną metodę obliczenia szacunkowej wartości współczynnika przenikania ciepła przez przegrodę budowlaną. Obliczenia wykonano na podstawie zmierzonych wartości temperatury powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych przegród, dla stanu ustalonego przegrody jednorodnej



gdzie:  $t_i$  – temperatura wewnętrzna,  $t'$  – temperatura powierzchni wewnętrznej,  $R_i$  – wartość obliczeniowa oporu przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni,  $R$  – opór cieplny przegrody jednorodnej,  $d$  – grubość przegrody,  $t_e$  – temperatura zewnętrzna,  $t''$  – temperatura powierzchni zewnętrznej,  $R_e$  – wartość obliczeniowa oporu przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni,  $q$  – strumień cieplny przenikający przez przegrodę: W – część wewnętrzna przegrody, Z – część zewnętrzna przegrody,

po przyjęciu obliczeniowych wartości normowych oporu przejmowania ciepła:

$$R_e = 0,13 \left( \frac{m^2 \cdot K}{W} \right)$$

$$R_i = 0,04 \left( \frac{m^2 \cdot K}{W} \right)$$

dla równania początkowego stanu ustalonego:

$$q \cdot R_i = t_i - t'$$

$$q \cdot R_\lambda = t' - t''$$

$$q \cdot R_e = t'' - t_e$$

współczynnik przenikania ciepła dla stanu ustalonego ze względu na zmierzone wartości jest wyrażony wzorem:

$$U = \frac{1}{R_e} \cdot \left( 1 - \frac{t_i - t''}{t_i - t_e} \right) \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

Wyliczone wartości współczynnika przenikania ciepła poszczególnych przegród mieściły się w przedziale 2 do 4,4 W/(m<sup>2</sup>\*K).

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [2 i 3], maksymalne dopuszczalne wartości współczynników przenikania ciepła ścian zewnętrznych pełnych oraz z oknami wynoszą odpowiednio:  $U = 0,45$  W/(m<sup>2</sup>\*K) i  $U = 0,55$  W/(m<sup>2</sup>\*K). W przypadku wykonywania termomodernizacji obiektów przyjmuje się wartość tego współczynnika na  $U = 0,30$  W/(m<sup>2</sup>\*K).

## Wnioski

Na podstawie opracowanych wyników pomiarów termograficznych sformułowano następujące wnioski:

- różnice temperatur pomiędzy powierzchniami badanych przegród budynku (ścian i okien) w poszczególnych jego pomieszczeniach, dochodzą nawet do 12,5 °C,
- obrazy termalne obserwowanych przegród budynku, wykazują znaczną niejednorodność właściwości termicznych przegród pomieszczeń budynku,
- obrazy termalne powierzchni obserwowanych obiektów umożliwiają pełne i obiektywne przedstawienie, w obrazowy sposób, problemów związanych z nieprawidłową ochroną cieplną budynków i obiektów budowlanych.
- liczba skanowanych punktów obrazu termalnego podczas jednego pomiaru, umożliwiała ocenę wielu istotnych szczegółów, które zostałyby pominięte przy ocenach i pomiarach bez zastosowania kamery termograficznej.
- rozdzielczość termiczna (0,05 °C) wykorzystywanej kamery stawia ją na czołowym miejscu dostępnego sprzętu do tego typu badań i pomiarów.

## Literatura

1. PN-EN 13187. Właściwości cieplne budynków. Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynków. Metoda podczerwieni.
2. PN-EN ISO 10211-1. Mostki cieplne w budynkach. Strumień cieplny i temperatura powierzchni. Ogólne metody obliczania.
3. Rozporządzenia ministra infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. 02.75.690 z 15 czerwca 2002 r.).
4. Jaworski J.: Termografia budynków. Wykorzystanie obrazów termalnych w diagnostyce budynków. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2000.
5. Arendarski J.: Poprawa izolacyjności cieplej budynków mieszkalnych. Wydawnictwo Arkady. Warszawa 1988.
6. Instrukcja obsługi kamery termograficznej serii V-20 oraz oprogramowania do akwizycji danych firmy VIGO System wersja 2.1.4 Warszawa 2002.
7. Opracowanie techniczne dotyczące oceny termicznej ścian zewnętrznych budynku Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Szczecińskiej mieszczącego się przy al. Piastów 50 w Szczecinie, wykonane przez Pracownię Budowlaną PROJEKT SERVICE SZCZECIN z siedzibą przy ul. Seledynowej 20 w Szczecinie w listopadzie i grudniu 2002 r. ■