

Wpływ oddziaływania cieplnego promieniowania środowiska zewnętrznego na wyniki termowizyjnych badań budynków

Henryk Nowak¹

¹ *Zakład Fizyki Budowli i Komputerowych Metod Projektowania, Instytut Budownictwa, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska, e-mail: henryk.nowak@pwr.wroc.pl*

Streszczenie: Diagnostykę termiczną obiektów budowlanych, głównie budynków mieszkalnych, przeprowadza się obecnie za pomocą standardowej metody badań termowizyjnych, które umożliwiają zbadanie stanu izolacji cieplnej przegród budowlanych, zlokalizowanie mostków cieplnych, wady różnego typu instalacji, zlokalizowanie miejsc zawilgocenia przegród i nadmiernej infiltracji powietrza. Wyniki tych badań wymagają jednak od operatora kamery termowizyjnej rzetelnej wiedzy z zakresu interpretacji termogramów. Jednym z elementów wpływających na wyniki pomiarów termowizyjnych jest ciepłe promieniowanie środowiska zewnętrznego. W artykule przedstawiono ogólny opis radiacyjnego oddziaływania środowiska zewnętrznego na budynki, istotę radiacyjnego chłodzenia zewnętrznych powierzchni przegród budowlanych oraz wpływ tego promieniowania na wyniki termowizyjnych badań budynków i na interpretację termogramów.

Słowa kluczowe: budynki, badania termowizyjne, promieniowanie ciepłe środowiska zewnętrznego, interpretacja termogramów.

1. Wprowadzenie

Termografia podczerwona jest bardzo wydajnym i skutecznym narzędziem do lokalizacji ukrytych defektów materiałowych w przegrodach budowlanych poprzez lokalizację powierzchniowych anomalii rozkładu temperatury na granicznych powierzchniach przegród. W każdym przypadku przepływu ciepła przez poszczególne części zdefektowanej przegrody powoduje różnice temperatury na powierzchniach granicznych przegród, co wynika z różnej przewodności cieplnej materiałów, ich układu geometrycznego oraz z pojemności cieplnej materiałów. Każda anomalia rozkładu temperatury na powierzchniach przegród, identyfikowana kamerą termowizyjną, powinna być dogłębnie analizowana w powiązaniu z konstrukcją i strukturą przegrody, zastosowanymi materiałami, z warunkami wymuszenia temperaturowego oraz z warunkami wykonania badań.

W termowizyjnym procesie badawczym budynków i innych obiektów budowlanych bardzo ważne są wszystkie etapy pomiarów – od rozpoznania obiektu badań, poprzez prace przygotowawcze, wykonanie badań, analizę komputerową termogramów, interpretację termogramów, aż po opracowanie raportu z badań. Ale najbardziej istotnym problemem w termowizyjnych badaniach w budownictwie, przy założeniu spełnienia wszystkich wymaganych warunków wykonywania pomiarów, jest poprawna interpretacja termogramów. Operator kamery termowizyjnej nie może ograniczyć się jedynie do obsługi sprzętu i wykonania termogramów – zasadniczym jego zadaniem jest kompleksowa analiza i wnikliwa interpretacja termogramów oraz sformułowanie wniosków i zaleceń. Jest to jeden z najtrudniejszych i najbardziej odpowiedzialnych etapów badań termowizyjnych.

W ostatnich latach dochodzi jeszcze inne zjawisko, a mianowicie następuje obniżanie cen kamer termowizyjnych (z jednoczesnym rozszerzaniem ich możliwości pomiarowych, rejestracji, wizualizacji i przetwarzania termogramów), a tym samym zwiększanie ich dostępności. To z kolei doprowadziło do paradoksalnej sytuacji w skali globalnej, w tym również w Polsce, że sprzedano więcej kamer termowizyjnych niż było i jest osób, które potrafią prawidłowo wykonywać pomiary i właściwie interpretować termogramy [1].

W termowizyjnych badaniach budynków kluczowym zagadnieniem jest ich wymiana ciepła przez promieniowanie ciepłe ze środowiskiem zewnętrznym, przy czym oczywiście jest ona również warunkowana konwekcyjną wymianą ciepła z otoczeniem i przewodze-

niem ciepła przez przegrody. Z kolei promieniowanie ciepłe środowiska zewnętrznego jest jednym z głównych elementów, które warunkują radiacyjną wymianę ciepła obiektów budowlanych z najbliższym otoczeniem i które znacząco wpływa na obraz termalny powierzchni badanych elementów. Promieniowanie ciepłe atmosfery i najbliższego otoczenia badanych obiektów cechuje się charakterystyczną zmiennością w funkcji kąta zenitalnego, temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz stopnia zachmurzenia nieboskłonu.

Promieniowanie ciepłe w najbliższym otoczeniu budynku jest jednym z elementów, które mają istotny wpływ na wyniki termowizyjnych badań budynków, na zakłócenia i błędy pomiarowe. Bardzo istotne jest również promieniowanie ciepłe nieboskłonu (atmosfery), zwłaszcza bezchmurnego. Efekt bezchmurnego "zimnego nieba" może znacząco wpływać na wyniki pomiarów termowizyjnych, co oczywiście należy uwzględnić przy interpretacji termogramów. Niezbędnym warunkiem prawidłowego uwzględnienia długofalowego promieniowania środowiska zewnętrznego przy interpretacji termogramów jest pełna znajomość zmienności w czasie tego promieniowania dla różnych warunków pogodowych, w funkcji zmienności elementów meteorologicznych takich, jak stopień zachmurzenia nieba i rodzaj chmur, temperatura i wilgotność względna powietrza, ciśnienie pary wodnej oraz w funkcji kąta pochylenia rozważanej płaszczyzny.

W artykule przedstawiono ogólny opis radiacyjnego oddziaływania środowiska zewnętrznego na budynki, istotę radiacyjnego chłodzenia zewnętrznych powierzchni przegród budowlanych oraz wpływ tego promieniowania na wyniki termowizyjnych badań budynków i na interpretację termogramów.

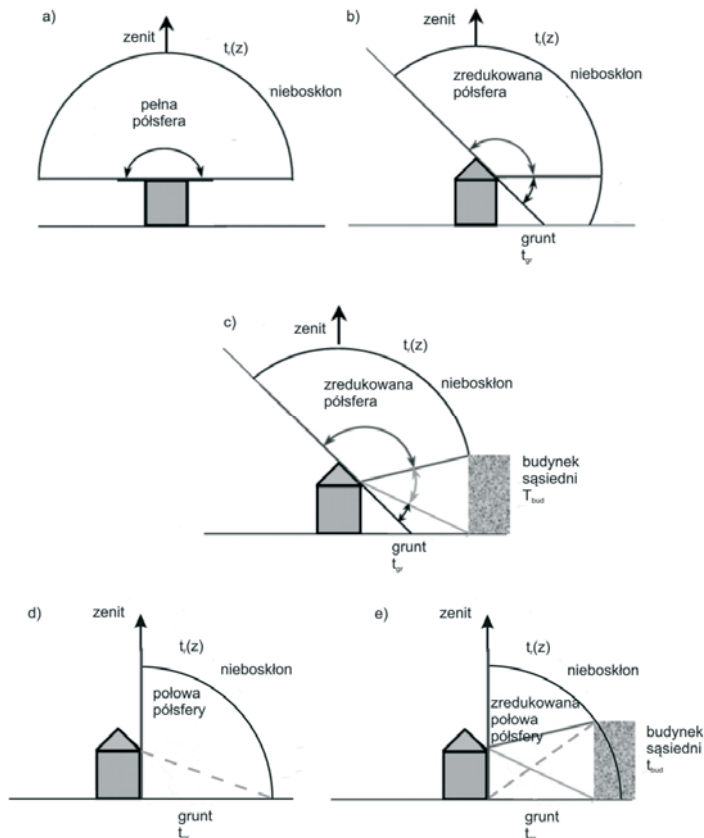
2. Radiacyjne oddziaływanie środowiska zewnętrznego na budynki

2.1. Promieniowanie ciepłe środowiska zewnętrznego

Zewnętrzne powierzchnie przegród budowlanych nieprzerwanie pochłaniają i emitują energię promieniowania ciepłego. Na powierzchnie te oddziałuje promieniowanie słoneczne (promieniowanie krótkofalowe) oraz promieniowanie ciepłe atmosfery, gruntu i obiektów otaczających (promieniowanie długofalowe). Ilość docierającego ciepłego promieniowania środowiska zewnętrznego do przegrody budowlanej zależy od temperatury i wilgotności względnej powietrza zewnętrznego, od jej kąta pochylenia oraz od stopnia zachmurzenia nieboskłonu.

W zakresie promieniowania długofalowego na poziomą płaszczyznę oddziałuje jedynie promieniowanie nieboskłonu. Gdy kąt pochylenia tej płaszczyzny wzrasta, jej powierzchnia zewnętrzna "widzi" coraz to mniejszą część nieboskłonu i jednocześnie coraz to większą część gruntu i obiektów otaczające, zaś ich łączne oddziaływanie w postaci promieniowania termicznego sumuje się, by dla kąta 90° (płaszczyzna pionowa) osiągnąć wartość maksymalną [2], [3]. W warunkach bezchmurnego nieba w nocy do poziomej lub nachylonej pod niewielkim kątem płaszczyzny dociera najmniejsza wartość natężenia długofalowego promieniowania nieboskłonu, stanowiąc najłabszą rekompensatę dla wypromieniowanej energii cieplnej przez tę płaszczyznę. W związku z tym, straty ciepła przez promieniowanie są wówczas największe, zwłaszcza że atmosfera w zakresie długości fal od 8,0 do 14,0 μm jest prawie całkowicie przepuszczalna dla promieniowania długofalowego ("okno atmosferyczne"), a maksimum promieniowania zewnętrznej powierzchni rozważanej płaszczyzny przypada na fale o długości od 10,0 do 12,0 μm [4]. Na Rys. 1 pokazano typowe schematy radiacyjnej wymiany ciepła budynku z najbliższym otoczeniem [6]. W wyniku tych strat ciepła temperatura zewnętrznej powierzchni przegród budowlanych, zwłaszcza stropodachów, może osiągnąć wartość niższą od temperatury otaczającego powietrza, co ściśle koresponduje ze znacznymi stratami ciepła przez promieniowanie. Występuje wówczas zjawisko tak zwanego chłodzenia radiacyjnego [6], [7]. W wyniku znacznych radiacyjnych strat ciepła temperatura zewnętrznej powierzchni stropodachu (lub gruntu) może obniżyć się w stosunku do temperatury powietrza od 4 do 11 $^\circ\text{C}$ [6]. W warunkach bezchmurnego nieba w nocy w bilansie cieplnym ścian zewnętrznych efekt wymiany ciepła przez promieniowanie ze środowiskiem zewnętrznym jest mniejszy, co wynika z faktu, że straty ciepła przez promieniowanie przegród pionowych kompensowane są porównywalnymi zyskami energii promieniowania pochodzącej od gruntu oraz od obiektów sąsiadujących (w przypadku stropodachów zwrotne promienio-

wanie atmosfery osiąga mniejszą wartość). Niemniej, w przypadku ścian budynków zlokalizowanych na obrzeżach miast oraz ścian budynków wysokich, nie zasłoniętych innymi budynkami, może również wystąpić zjawisko chłodzenia radiacyjnego, w nieco mniejszym stopniu, co może mieć wpływ na rozkład temperatury i na obraz termalny na powierzchni ścian.



Rys. 1. Wymiana ciepła przez promieniowanie budynków i przegród budowlanych z otoczeniem:

a) wymiana ciepła poziomego stropodachu jedynie z nieboskłonem, b) wymiana ciepła połaci dachowej z nieboskłonem i gruntem, c) wymiana ciepła połaci dachowej z nieboskłonem, gruntem i z sąsiednimi budynkami, d) wymiana ciepła ściany zewnętrznej jedynie z nieboskłonem i gruntem, e) wymiana ciepła ściany wewnętrznej z nieboskłonem, gruntem i z sąsiednimi budynkami [6].

Wraz ze wzrostem kąta nachylenia rozważanej płaszczyzny (przegrody budowlanej) zmienia się udział poszczególnych składowych w wynikowej wartości natężenia docierającego ciepłego promieniowania środowiska zewnętrznego, tj. promieniowania atmosfery, gruntu i najbliższego otoczenia budynku. Z punktu widzenia bilansu cieplnego przegród budowlanych najistotniejszą jest wynikowa wartość natężenia ciepłego promieniowania środowiska zewnętrznego bądź odpowiadająca jej wartość średniej temperatury promieniowania tego środowiska. W pewnych wypadkach jednak niezbędną może się okazać znajomość natężenia składowych wynikowego długofalowego promieniowania środowiska zewnętrznego, tj. promieniowania atmosfery i gruntu, które można wyznaczyć na podstawie modelu obliczeniowego przedstawionego w pracach [2] i [3].

Istotnym elementem wpływającym na ilość docierającego do powierzchni Ziemi promieniowania atmosfery są chmury. Chmury o gęstości wystarczającej dla tworzenia się cienia na powierzchni Ziemi emitują promieniowanie jak ciało doskonale czarne o temperaturze równej temperaturze kropelek wody i kryształków lodu, z których są

zbudowane. Obecność chmur powoduje wzrost natężenia zwrotnego promieniowania atmosferycznego padającego na powierzchnię Ziemi, gdyż promieniowanie pary wodnej i dwutlenku węgla z dolnych partii atmosfery sumuje się z promieniowaniem chmur w paśmie $8\div 13\ \mu\text{m}$, tzn. w zakresie okna atmosferycznego. Wzrost natężenia zwrotnego promieniowania cieplnego atmosfery rekompensuje radiacyjne straty ciepła przegród budowlanych. Chmury „zamykają” okno atmosferyczne, wpływając na zmniejszenie radiacyjnych strat ciepła zarówno powierzchni Ziemi jak i przegród budowlanych, zwłaszcza stropodachów, ale również i ścian. Z tego względu pomiary termowizyjne budynków i budowli najbezpieczniej jest wykonywać przy całkowicie zachmurzonym nieboskłonie (co oczywiście nie zawsze jest możliwe), gdyż unikamy wówczas problemów z uwzględnieniem wpływu chłodzenia radiacyjnego przegród budowlanych na rozkład temperatury na ich powierzchniach oraz problemów związanych z interpretacją termogramów.

Analizując wymianę ciepła przez promieniowanie należy pamiętać, że stanowi ona jeden ze składników bilansu cieplnego zewnętrznej powierzchni przegrody budowlanej. Jednocześnie bowiem zachodzi wymiana ciepła przez konwekcję tej powierzchni z otoczeniem, a ponadto wpływ na zjawiska cieplne na powierzchni mają struktura przegrody i jej opór cieplny oraz warunki cieplne panujące w pomieszczeniu i na zewnątrz. Bilans cieplny zewnętrznej powierzchni przegrody jest wypadkową oddziaływań wymienionych elementów, a rozkład temperatury na powierzchni badanej przegrody budowlanej, widoczny na termogramach, jest właśnie wypadkową bilansu cieplnego na tej powierzchni.

2.2. Średnia temperatura promieniowania nieboskłonu

Od wielu lat obliczenia cieplne z zakresu fizyki budowli, zarówno w Polsce jak i w innych krajach, przeprowadza się przy założeniach znacznie upraszczających wpływ radiacyjnego oddziaływania środowiska zewnętrznego w zakresie promieniowania długofalowego na bilans cieplny przegród budowlanych, zwłaszcza stropodachów. W obliczeniach tych, między innymi, nie uwzględnia się możliwości wystąpienia zjawiska chłodzenia radiacyjnego stropodachów i ścian zewnętrznych, ponieważ zakłada się równość temperatury powietrza i średniej temperatury promieniowania nieboskłonu. W konsekwencji prowadzi to do pewnych błędów obliczeniowych, polegających na niedoszacowaniu ilości ciepła traconego przez przegrodę. Proponowaną metodę przeprowadzania obliczeń bilansu cieplnego przegród budowlanych z uwzględnieniem rzeczywistego oddziaływania długofalowego promieniowania środowiska zewnętrznego, dla warunków ustalonego przenikania ciepła, przedstawiono w pracach [2] i [3]. Z drugiej jednak strony wspomniane założenie upraszczające ma już wieloletnią tradycję i znacznie ułatwia obliczenia inżynierskie w zakresie ochrony cieplnej budynków.

W szczegółowych obliczeniach cieplnych z zakresu fizyki budowli, np. przy obliczaniu bilansu promieniowania zewnętrznych powierzchni przegród budowlanych często wygodniej jest, zamiast natężenia długofalowego promieniowania środowiska zewnętrznego, stosować wielkość zwaną średnią temperaturą promieniowania nieboskłonu lub krótko „temperaturą nieba” (ang. „sky temperature”) [7], [8].

Wartość średniej temperatury promieniowania nieboskłonu t_r [°C], w całym zakresie widma promieniowania cieplnego, dla płaszczyzny poziomej dla obszaru Polski można obliczać ze wzorów empirycznych opracowanych przez Nowaka [2], [3]:

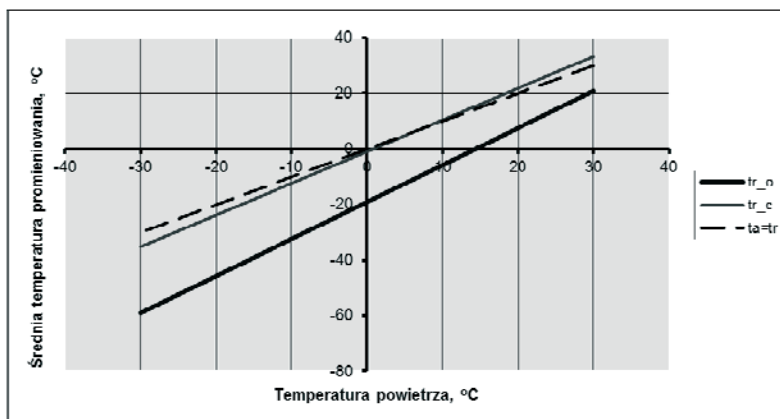
a) dla warunków bezchmurnego nieba

$$t_r = -19,04 + 1,33 t_e \quad (1)$$

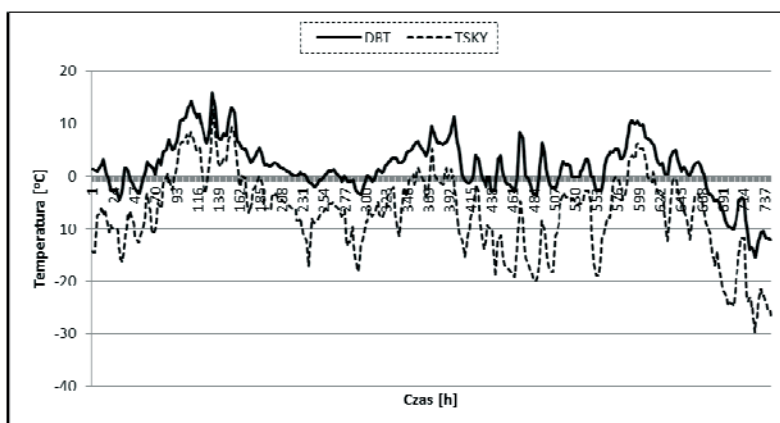
b) dla nieba całkowicie zachmurzonego

$$t_r = -0,92 + 1,14 t_e \quad (2)$$

gdzie t_e jest temperaturą powietrza, [°C]. Graficzną ilustrację wzorów (1) i (2) przedstawiono na Rys. 2, z którego wynika, że średnia temperatura promieniowania nieboskłonu jest niższa od temperatury powietrza o ok. 20 °C przy temperaturze powietrza 0 °C, o około 22 °C niższa przy temperaturze powietrza -10 °C i o około 25 °C niższa przy temperaturze powietrza -20 °C.



Rys. 2. Wartości średniej kalorymetrycznej (tj. w całym zakresie promieniowania ciepłego) temperatury promieniowania nieboskłonu t_r dla płaszczyzny poziomej dla warunków bezchmurnego i całkowicie zachmurzonego nieba [2] (oznaczenia: t_{r-0} – średnia temperatura bezchmurnego nieboskłonu, t_{r-c} – średnia temperatura promieniowania nieboskłonu całkowicie zachmurzonego, t_c – temperatura powietrza).



Rys. 3. Przykładowy przebieg temperatury powietrza zewnętrznego (DBT) i średniej temperatury promieniowania nieboskłonu (TSKY), średnie z okresu 30 lat 1971-2000, dla miesiąca stycznia w Legnicy (zachowano oryginalne oznaczenia temperatur zgodne z plikami danych pogodowych).

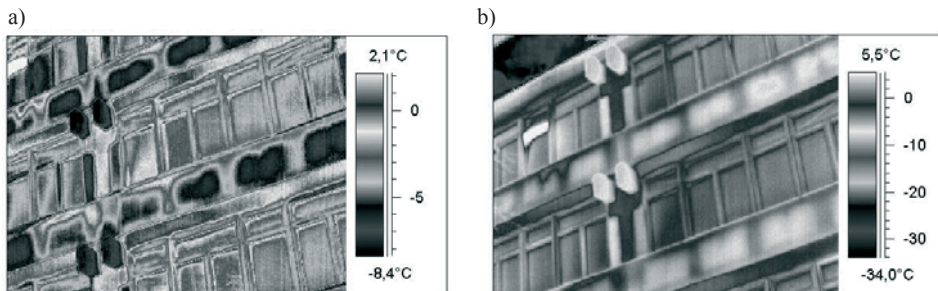
W warunkach bezchmurnego nieba w zimie temperatura promieniowania nieboskłonu może być niższa od temperatury powietrza o około $20 \div 25$ °C [7], [8] (Rys. 2 i 3). Przy temperaturze powietrza 0 °C, dla warunków bezchmurnego nieba, średnia temperatura promieniowania dla stropodachu wynosi ok. -20 °C, natomiast dla ścian ok. -8 °C. W takich warunkach pogodowych, radiacyjne straty ciepła z zewnętrznej powierzchni stropodachu są największe i nieco mniejsze ze ścian zewnętrznych - w konsekwencji temperatura zewnętrznych powierzchni tych przegród może obniżyć się w stosunku do temperatury powietrza o kilka stopni Celsjusza, co może mieć wpływ na wyniki termowizyjnych badań budynków i na interpretację termogramów wykonanych w nocy przy bezchmurnym nieboskłonie. Przy niebie całkowicie zachmurzonym temperatura nieboskłonu, od zenitu do horyzontu, jest praktycznie równa temperaturze powietrza, natomiast dla warunków nieba częściowo zachmurzonego temperatura nieboskłonu przyjmuje wartości pośrednie.

3. Przykładowe wyniki badań termowizyjnych

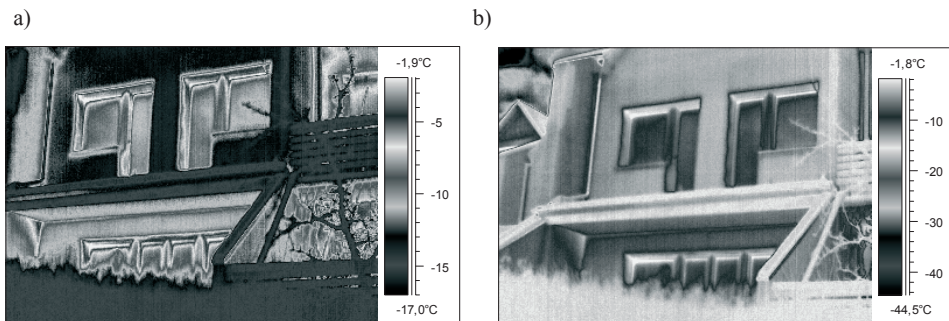
Należy zachować szczególną ostrożność przy wykonywaniu pomiarów termowizyjnych w nocy przy mało zachmurzonym lub całkowicie bezchmurnym nieboskłonie.

Skutkiem oddziaływania bezchmurnego zimnego nieboskłonu najczęściej jest wychładzanie powierzchni stropodachów i połąci dachowych oraz ścian górnych kondygnacji budynków poniżej temperatury otaczającego powietrza (chłodzenie radiacyjne). Bezchmurny zimny nieboskłon, widoczny w obiektywie kamery termowizyjnej, powoduje automatyczne rozszerzenie zakresu skali mierzonej temperatury i w konsekwencji zmienia układ barw na termogramie, co pokazano na Rys. 4 i 5 (komentarz pod termogramami, [6]).

Termogram badanej powierzchni zawiera dwie zasadnicze informacje, a mianowicie informację o temperaturze w danym punkcie oraz o zasięgu obszarów izotermicznych. Należy pamiętać, że w formie ukrytej termogram zawiera również informację o współczynniku emisyjności badanej powierzchni (jedna zadana wartość w systemie kamery termowizyjnej dla całej badanej powierzchni), o czym często zapominają początkujący operatorzy kamer termowizyjnych. Interpretują oni termogramy jedynie na podstawie rozkładu temperatury i często używają kolorowej skali, zakres temperatury oraz tzw. palety termogramów, które niejednokrotnie przejawiają (wyolbrzymiają) małe różnice temperatury na badanej powierzchni.



Rys. 4. Przykłady termogramów elewacji budynku wielokondygnacyjnego: a) termogram górnej części elewacji, b) termogram tej samej górnej części elewacji, ale z widocznym małym fragmentem bezchmurnego zimnego nieboskłonu w lewym górnym rogu – system kamery automatycznie zmienił zakres temperatury na skali po prawej stronie termogramu, w konsekwencji zmienił się układ barw na termogramie. Oczywiście temperatura w poszczególnych punktach elewacji na obu termogramach jest taka sama, zmieniła się jedynie ich prezentacja graficzna.



Rys. 5. Przykłady termogramów elewacji domu jednorodzinnego: a) termogram górnej części elewacji, b) termogram tej samej górnej części elewacji, ale z widocznym małym fragmentem bezchmurnego zimnego nieboskłonu w lewym górnym rogu – podobnie jak na rysunku powyżej, system kamery automatycznie zmienił zakres temperatury na skali po prawej stronie termogramu, w konsekwencji zmienił się układ barw na termogramie. Oczywiście i w tym przypadku temperatura w poszczególnych punktach elewacji na obu termogramach jest taka sama, zmieniła się jedynie ich prezentacja graficzna, co może być pretekstem do nadinterpretacji termogramu

Na Rys. 6 przedstawiono termogram fragmentu najwyższej części elewacji domu jednorodzinnego. Można zauważyć, że temperatura powierzchni szyb w oknie na najwyższej kondygnacji (na poddaszu) jest niższa od temperatury szyb w oknach poniżej, co mogłoby sugerować lepsze właściwości cieplne tego okna.



Rys. 6. Przykład termogramu górnej części elewacji domu jednorodzinnego (komentarz w tekście)

Jednak tak nie jest – niższa temperatura szyb okna poddaszowego wynika z kilku powodów. Po pierwsze, poddasze jest ogrzewane mniej intensywnie niż kondygnacje poniżej (o ogrzewaniu świadczy grzejnik, który „widać” pod oknem, w tym miejscu występuje znacznie wyższa temperatura ściany). Po drugie termogram ściany wykonano pod zbyt dużym kątem patrzenia i stąd zniekształcenie obrazu termalnego okna na najwyższej kondygnacji – aby poprawnie wykonać termogram najwyższej kondygnacji należałoby jeszcze bardziej oddalić się od budynku na odpowiednią odległość [6]. Wreszcie, najwyższa ściana budynku, w tym okno poddasza, były poddane zjawisku chłodzenia radiacyjnego przez częściowo zachmurzonym nieboskłonem.

4. Podsumowanie

Termografia budynków prawdopodobnie jest jednym z najbardziej popularnych i rozpoznawalnych zastosowań diagnostyki cieplnej w podczerwieni. Jednak nie jest to łatwa metoda pomiarowa, jeżeli chodzi o dosyć rzadko stosowaną ilościową ocenę przegród budowlanych pod względem cieplnym. Co więcej, dosyć często jest bardzo trudna nawet do najczęściej stosowanej i z pozoru rutynowej jakościowej oceny przegród i to dla doświadczonych operatorów kamer termowizyjnych. Termogram jest bardzo łatwo wykonać, natomiast często jest go trudno zinterpretować, nawet przez doświadczonych badaczy.

Jednym z najważniejszych elementów w procedurze diagnostyki termowizyjnej budynków jest właściwa interpretacja termogramów, co przede wszystkim jest związane z doświadczeniem pomiarowym i wiedzą operatora kamery termowizyjnej. Ma to znaczenie zarówno podczas wykonywania klasycznych badań, gdy nie występują szczególne okoliczności pomiarowe, jak i w sytuacjach nietypowych, np. gdy badane powierzchnie mają małą emisyjność, badana powierzchnia jest zakrzywiona lub gdy temperatura badanej powierzchni jest niższa od temperatury otaczającego powietrza.

W artykule wskazano na jeden z głównych czynników, który najczęściej zakłóca wyniki termowizyjnych pomiarów budynków, tj. na radiacyjne oddziaływanie bezchmurnego „zimnego nieboskłonu”. Niedoświadczeni operatorzy kamer termowizyjnych powinni przestrzegać zasady wykonywania pomiarów przy całkowicie zachmurzonym nieboskłonem.

W Polsce występuje dosyć poważny problem związany z uprawnieniami do wykonywania pomiarów termowizyjnych, a mianowicie aktualnie w naszym kraju nie ma obowiązku posiadania odpowiednich uprawnień do wykonywania badań termowizyjnych w budownictwie, na kształt uprawnień obowiązujących w innych krajach (poziom I, II i III). Zdaniem Autora, wprowadzenie obowiązku szkolenia i posiadania takich uprawnień powinno być obligatoryjne w naszym kraju, co pozwoliłoby na zdecydowane ograniczenie częstych błędów merytorycznych popełnianych w trakcie badań i uniknięcie negatywnych zjawisk z tym związanych. Zaświadczenia ukończenia kursów i szkoleń z zakresu termowizyjnych badań budynków, prowadzonych przez nieliczne ośrodki, mają znaczenie jedynie informacyjne o ukończeniu szkolenia, a na pewno nie są potwierdzeniem o przygotowaniu danej osoby do samodzielnego wykonywania badań.

Zdaniem Autora, badania termowizyjne powinny należeć do podstawowych badań budynków i stanowić część procesu inwestycyjnego na etapie odbioru technicznego budynków nowych i termomodernizowanych budynków istniejących.

Literatura

- 1 Vollmer M., Mollmann K., P., Infrared Thermal Imaging. Fundamentals, research and Applications. Ailey-VCH Verlag, GmbH & KGaA, Germany 2010.
- 2 Nowak H., Oddziaływanie cieplnego promieniowania środowiska zewnętrznego na budynek. Prace Naukowe Instytutu Budownictwa PWr. Nr 72, Seria Monografie Nr 31, Wrocław, 1999.
- 3 Nowak H., Modelling of the longwave radiation incident upon a building. Archives of Civil Engineering. 2001 Vol. 47, Issue 2, 243–267.
- 4 Goldstein R.J., Application of aerial infrared thermography to measurement of building heat loss. ASHRAE Transactions, Vol. 84, Part 1, 1978.
- 5 Granqvist C.G., Spectrally selective surfaces for heating and cooling applications. SPIE Optical Engineering Press, Vol. TT1, Washington 1989.
- 6 Nowak H.: Zastosowanie badań termowizyjnych w budownictwie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012.
- 7 Nowak H., The longwave - radiative heat transfer of the building envelopes. Infrared Physics, Vol. 32, 1991, 357–363.
- 8 Nowak H., The sky temperature in net radiant heat loss calculations from low-sloped roofs. Infrared Physics, Vol. 29, No. 2–4, 1989, 231–232.
- 9 Berdahl P., Fromberg R., The thermal radiance of clear skies. Solar Energy, Vol. 29, 1982, 299–314.

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2013 jako projekt badawczy nr N N506 107138 "Termowizyjna identyfikacja cieplnych właściwości przegród budowlanych"

The influence of environmental thermal radiation on the results of thermographic investigation of buildings

Henryk Nowak¹

¹ *Division of Building Physics and Computational Design Methods, Faculty of Civil Engineering, Wrocław University of Technology, e-mail: henryk.nowak@pwr.wroc.pl*

Abstract: Thermal diagnostics of building objects, mainly of residential buildings is currently realized with the standard method of thermographic examinations which enables the search the state of the thermal insulation of building envelope, the location of thermal bridges, defects in installations of different types, places of the moisture of barriers and the excessive infiltration of air. However, the operator of the IR-camera must have the solid knowledge in the range of thermograms interpretation. Thermal radiation of the outside environment is one of many factors affecting the results of thermal imaging measurements. The article presents a general description of the thermal radiation influence of the outside environment on buildings, the importance of radiative cooling of building envelope and the influence of this radiation on thermal imaging inspections of buildings and on interpretation of thermograms.

Keywords: buildings, thermographic investigation, thermal radiation of environment, interpretation of thermograms