

IZABELA ANTCZAK¹
ANITA BANAS²

Kielce University of Technology, SKNIŚ „EKOLOG”
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7
25-314 Kielce, Poland

¹ e-mail: izabela1908@gmail.com

² e-mail: anitabanas@op.pl

IZABELA KAPUŚCIŃSKA

Firma „IKA”

e-mail: izabela06@onet.pl

THE USE OF THERMOVISION IN THE ESTIMATION OF THERMAL ENERGY LOSSES OF BUILDINGS

Abstract

The article describes the implementation of temperature measurement using infrared devices. Discusses the sources of errors and their impact on the final result. The test results conducted on selected buildings have also been given.

Keywords: thermovision, energy losses, temperature

1. Introduction

In the era of modern construction and special attention to energy efficiency of residential and commercial buildings the control the heat flow became important. Heat transfer through partitions and leakages outside the building waste energy and it becomes necessary to reheat. This results in the increasing cost of living and burning more fuel. To investigate this phenomenon infrared tests were carried out showing heat transfer through the walls. These studies help to assess the quality of the isolation, indicating whether it is optimal or if it is necessary to insulate, seal cracks, etc. Temperature measurements using infrared cameras are based on the measurement of radiation intensity as determined by the Stefan-Boltzmann law. Thermal imaging devices work by recording infrared radiation emitted by objects. The basic element is a matrix of infrared detectors. The camera receives radiation emitted by the object, reflected from the object and from the sources in the environment and the atmosphere. Prior to measuring with the camera, entering data is needed which affects the proper temperature namely: the emissivity of the observed object, distance between the camera and the object, humidity. Thermal imaging system software should perform filtering resulting

in thermal maps using appropriate algorithms. The correct interpretation of the study must take into account the possibility of measurement errors, which include errors of the method (errors to determine an object emissivity, the error caused by the influence of the environment, etc.), replication errors (related to the actual conditions of the development, which often differ from those adopted by following of the device) or an electronic circuit errors (caused by the camera components and how they work) [1].

The main source of uncertainty in measurement errors method is the determination of the emissivity. It affects the accuracy of the calculation of the operating system thermal imaging camera. Inadequate emissivity value can cause over or underestimation of the temperature. This issue is less important, if studies are conducted to determine the location of the thermal anomaly in the object (e.g. thermal bridges), and not the actual temperature of the element [1–3]. The measurement limitations and examples are discussed in the literature of this subject, for example in [4–7].

2. Thermal measurements of selected objects

Before performing the test the outdoor temperature and humidity, which affects the measurement results must be measured first. The use of thermal imaging

techniques in the evaluation of thermal insulation will be presented on the example of three buildings.

The first building is the church pw. św. Jacka Odrowąza in Leszczyny. The building is 400 years old, is not thermally insulated. Plastering was renewed most recently in 2003. Figure 1 shows the thermograph of the window on the Northern side.

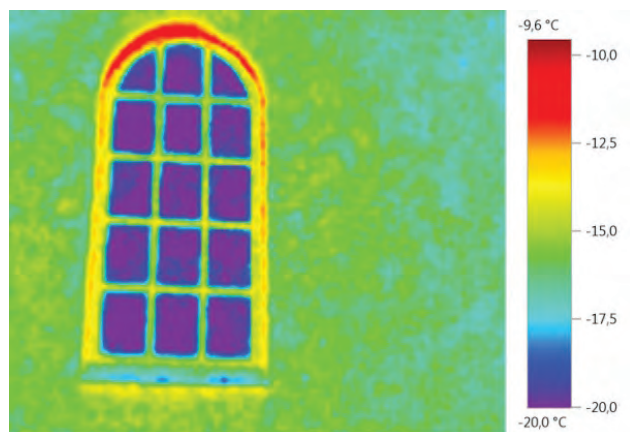


Fig. 1. The church's thermograph in Leszczyny

The temperature distribution around the window has been presented in the thermograph. The hottest area is located directly above the window, where most intense heat exchange occurs. Building openings are often sources of heat losses, which are related to common thermal bridges. Thermal studies were performed to test the temperature differences between the parts of a building on a single wall.

The second object was a single-family house in Leszczyny. It was built in 1993. Wall structurally composed of bricks and brick type Siporex. The building has a basement with a later extension to the building, surrounded by warmth garage. The picture shows the Southern side of the building with the door to the terrace and the balcony.

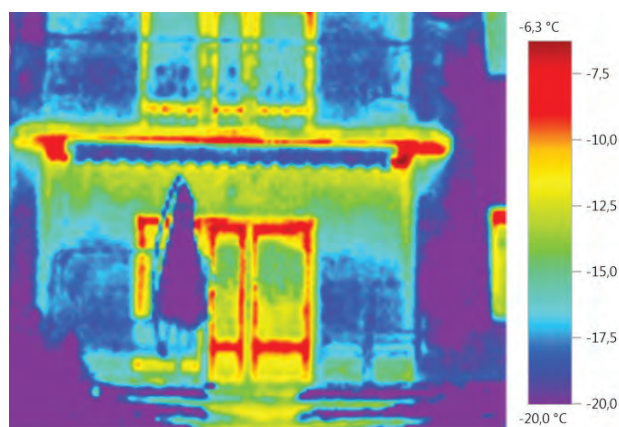


Fig. 2. Thermograph of a single-family house No.1

The thermograph presents heat losses through the slots in the windows. At the bottom of the stairs there is also a temperature difference, but it is related to the intensity of light reflected on the surface of the stairs that the camera recorded. In fact, such a difference does not occur here. The losses in the balcony are also visible, but it is an interesting phenomenon that the balcony is a kind of a heat exchanger such as a rib, which "draws" the heat from the building. Structurally it is an extension of the floor, which causes the "escape" of heat from the inside of the building. This phenomenon is also shown in Figure 3, for the wall of the balcony on the Eastern side. Clearly visible here is a typical temperature distribution along the rib length. This problem can be solved through a separate structure for balconies, supported by columns, for example, so that it would not be connected to the ceiling of the building.

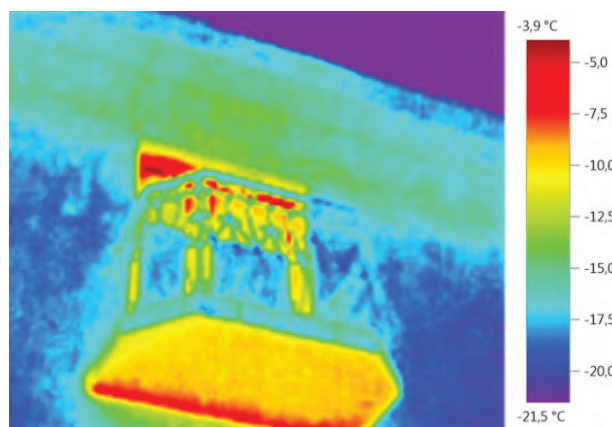


Fig. 3a. Thermograph of the balcony wall

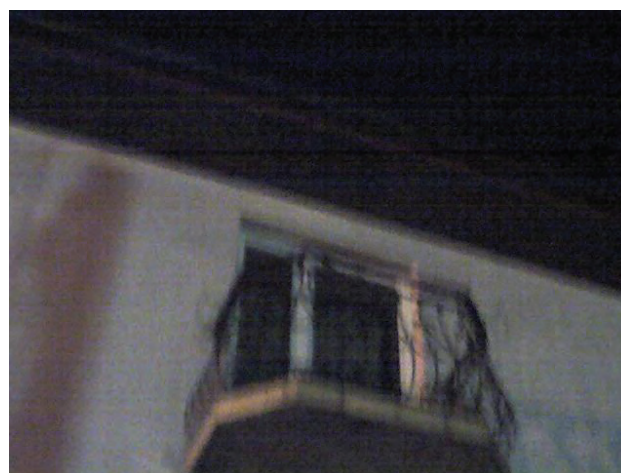


Fig. 3b. Digital photo of the balcony wall

The third building, on which the measurements were made, was also a single-family house. The house was built from bricks – max thickness 29 cm,

thermal insulation 15 cm. The building was designed as two-storey. The attic was insulated with mineral wool 10 cm at the plate and 15 cm in the roof. This building experiences an increased heat loss in the area of the basement. The following figures show the thermograph of the basement walls and the temperature distribution on the wall of the ground floor and basement.

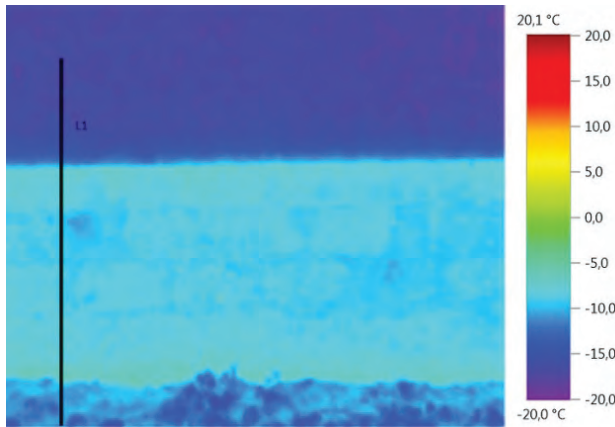


Fig. 4a. Ground floor house 2

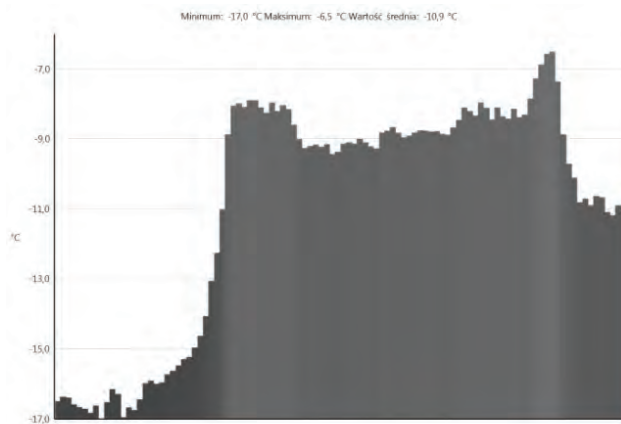


Fig. 4b. Line L1

The ground floor of the building is not well insulated, the heat transfer in this area is much greater than the wall above. The chart clearly shows the L1 temperature distribution on the surface of the walls and basement of the building. The temperature on the wall above is much smaller because of the good insulation of the barrier in comparison to the basement wall.

For this building thermograph of the front of the window and the balcony (on the right) was also made. On the thermograph particularly intense heat exchange in the area of window lintels can be seen. Balcony wall is slightly warmer. This may be due to some shielding from the outside walls and the roof, or increased resistance to heat transfer in this area.

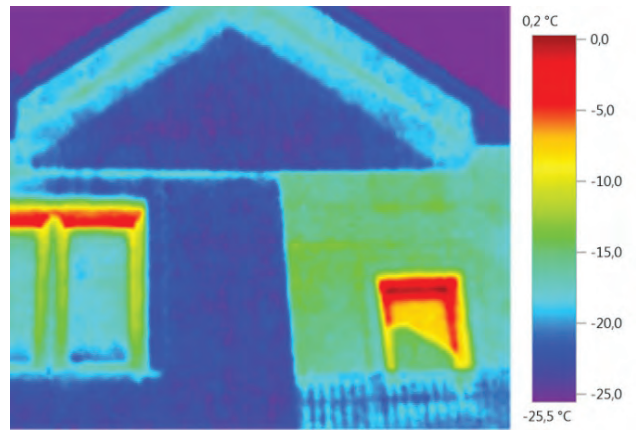


Fig. 5. Thermograph of residential building No. 2

In the presented object there is also a garage for one car – the gateway’s thermograph of temperature distribution along the line L2 has been shown in Figures 6a and 6b, respectively.

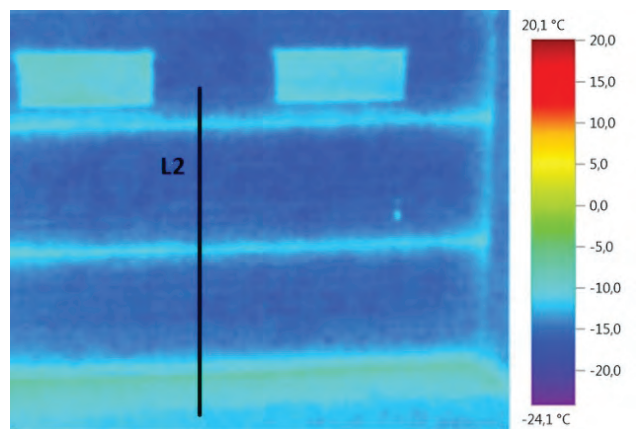


Fig. 6a. Thermogram of the garage door.

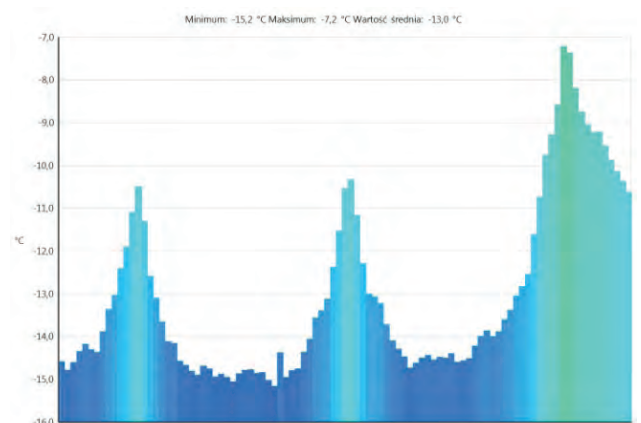


Fig. 6b. Line L2

The gate to the garage is the place where it was made. Heat is lost through gaps in this door. High density heat output occurs also at the bottom between the gate and the substrate concrete. This is clearly

visible on the thermograph of the garage door and L2 lines on the graph, which shows particularly high penetration of heat to the outside.

3. Summary

Infrared measurements play an important role in the study of heat losses in buildings. It helps to locate the source of leaks and, thus, reduce expenditure on energy consumption. This is due to a reduction in costs resulting from excessive heating of buildings. An important element of these measurements is the temperature distribution on the surfaces. This can be used when choosing the proper insulation to avoid excessively thick layer of insulation. Errors can result from the improper selection of emission factors or wrong interpretation of images from the camera. Currently, a suitable processing program is attached to each device that allows the results obtained to be read, processed and prepared for use in the report. Measurements of thermal imaging are more and more common and will be used extensively in the future

References

- [1] Minkina W., *Pomiary termowizyjne – przyrządy i metody*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2004.
- [2] Orman Ł.J., *Badania termowizyjne w ocenie termoizolacyjności budynków*, Instal 4A/2009, s. 19–23.
- [3] Orman Ł.J., *Wykorzystanie techniki termowizyjnej w wybranych aplikacjach inżynierskich*, Informatyka Automatyka Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, nr 3, 2011, s. 3–5.
- [4] Orman Ł.J., Orzechowski T., *Uwarunkowania pomiarowe termowizji do oceny stanu technicznego obiektów – przykłady zastosowań*. ВІСНИК, vol. 2/1, nr 5, 2005, s. 70–75.
- [5] Orzechowski T., Orman Ł.J., *Measurement errors in thermovision diagnostics of machinery*, Science Report, CEEPUS Project PL-0007: Modern Metrology in Quality Management Systems. General Editors: S.Adamczak, P.H.Osanna, Kielce University of Technology, 2006, s. 209–216.
- [6] Orzechowski T., Orman Ł., *Badania termowizyjne jako narzędzie do szacowania wpływu parametrów pracy emitora na propagację zanieczyszczeń powietrza*, Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, vol. 38, nr 4, 2004, s. 139–145.
- [7] Orman Ł.J., Sułek M., *Diagnostyka metodą termografii w podczerwieni w ocenie termoizolacyjności i charakterystyki energetycznej*, Mat. Konf. "Terotechnologia 2009", Kielce, s. 325–330.

Izabela Antczak
Anita Banaś
Izabela Kapuścińska

Wykorzystywanie termowizji w ocenie strat energii cieplnej budynków

1. Wstęp

W dobie nowoczesnego budownictwa i szczególnej dbałości o energooszczędność budynków mieszkalnych i usługowych ważne stało się kontrolowanie przepływu ciepła. Przenikanie ciepła przez przegrody i nieszczelności na zewnątrz budynku powoduje straty energii i konieczne staje się dogrzewanie. Powoduje to wzrastające koszty utrzymania, spalanie większej ilości paliw. Aby tego uniknąć wykonuje się badania termowizyjne wykazujące przenikanie ciepła przez ściany. Badania te pomagają w ocenie jakości wykonanej izolacji, wskazując czy jest ona optymalna, czy konieczne jest docieplenie, uszczelnienie szczelin itp. Pomiar temperatury przy pomocy kamer

termowizyjnych opiera się na pomiarze natężenia promieniowania określanego według prawa Stefana-Boltzmana. Urządzenia termowizyjne działają na zasadzie rejestracji promieniowania podczerwonego emitowanego przez objekty. Podstawowym elementem urządzeń termowizyjnych jest matryca detektorów. Oprogramowanie systemu urządzenia termowizyjnego uwzględnia: promieniowanie emitowane przez obiekt, odbite od obiektu oraz pochodzące od źródeł w otoczeniu i atmosfery. Przed przystąpieniem do wykonania pomiaru do kamery należy wprowadzić dane mające wpływ na prawidłowe określenie temperatury, należą do nich: współczynnik emisji obserwowanego obiektu, odległość dzieląca kame-

rę i obiekt, wilgotność powietrza. Oprogramowanie systemu termowizyjnego powinno przeprowadzić filtrowanie uzyskanej mapy termalnej przy zastosowaniu odpowiednich algorytmów. Prawidłowa interpretacja przeprowadzonych badań musi uwzględniać możliwość wystąpienia błędów pomiarowych, wśród których wyróżniamy błędy metody (błędy określenia emisyjności obiektu, błąd spowodowany wpływem otoczenia itp.), błędy wzorowania (związane z rzeczywistymi warunkami prowadzenia badań, które najczęściej różnią się od tych, jakie przyjęto przy wzorowaniu urządzenia) czy błędy toru elektronicznego (wynikające z właściwości elementów składowych kamery i sposobu ich działania) [1].

Głównym źródłem niepewności pomiarów są błędy metody, a w szczególności błąd określenia współczynnika emisji. Wpływa on bowiem na precyzję obliczeń systemu operacyjnego kamery termowizyjnej. Nieodpowiednia wartość emisyjności może spowodować zawyżenie lub zaniżenie odczytywanej temperatury. Kwestia ta jest mniej istotna, jeśli badania prowadzone są w celu określenia miejsc występowania anomalii w polu termalnym obiektu (np. mostki cieplne), a nie wyznaczenia temperatury rzeczywistej na elemencie [1–3]. Uwarunkowania pomiarowe i przykłady podaje literatura np. [4–7].

2. Pomiary termowizyjne wybranych obiektów

Przed przystąpieniem do wykonywania badań należy najpierw wykonać pomiary temperatury zewnętrznej i wilgotności powietrza, co wpływa na uzyskane wyniki pomiarów. Wykorzystanie techniki termowizyjnej w ocenie termoizolacyjności zostanie zaprezentowane na przykładzie trzech obiektów.

Pierwszy budynek to kościół pw. św. Jacka Odrowąża w Leszczynach. Budynek ma 400 lat, jest kamienny nie zaizolowany termicznie, otynkowanie odnowione ostatnio w 2003 roku. Rysunek 1 prezentuje termogram okna od strony północnej.

Na termogramie widoczny jest rozkład temperatur wokół okna. Widać, że najcieplejszy obszar znajduje się bezpośrednio nad oknem, gdzie zachodzi najintensywniejsza wymiana ciepła. Otwory budowlane są często źródłami strat ciepła, co jest związane m.in. z występującymi mostkami cieplnymi. Badania termowizyjne mają na celu sprawdzić jakie różnice temperatur występują między tymi częściami budynku a jednolitą ścianą.

Drugim obiektem był dom jednorodzinny w Leszczynach. Wybudowany został w 1993 roku. Konstrukcyjnie ściany składają się z cegły dziurawki

i pustaka typu siporex. Budynek jest podpiwniczony z dobudowanym do budynku, nieocieplonym garażem. Na zdjęciu widoczna jest strona południowa budynku, na dole zdjęcia wyjście na taras, w górnej jego części – wyjście na balkon.

Na termogramie widoczne są straty ciepła przez szczeliny w oknach. Na samym dole na schodach również uwidacznia się różnica temperatur, ale jest to związane z natężeniem promieniowania odbitego na powierzchni schodów, które wychwycała kamera. W rzeczywistości taka różnica w tym miejscu nie występuje. Na balkonie również widoczna jest strata przez szczeliny w oknie, ale ciekawym zjawiskiem jest to, że balkon jest niejako elementem wymiennika ciepła tj. żebrem, które „wyprowadza” ciepła z budynku. Konstrukcyjnie jest to przedłużenie stropu, co powoduje „ucieczkę” ciepła z budynku na zewnątrz. To zjawisko przedstawia również rysunek 3, dla ściany z balkonem od strony wschodniej. Wyraźnie widać tu typowy dla żebra rozkład temperatury wzdłuż długości. Można rozwiązać ten problem poprzez osobną konstrukcję dla balkonów, wspartych np. na kolumnach, nie połączonych ze stropem budynku.

Trzecim budynkiem, na którym wykonywane były pomiary, był również budynek jednorodzinny. Dom zbudowany jest z pustaka typu Max ułożonego głównie o grubości 29 cm, zastosowano izolację cieplną 15 cm. Budynek wykonano jako dwukondygnacyjny, poddasze ocieplano wełną mineralną 10 cm pod blachą i 15 cm w stropie.

W tym budynku obserwowano zwiększone straty ciepła w obszarze przyziemia. Poniższe rysunki pokazują termogram ściany przyziemia i rozkład temperatur na ścianie parteru i w przyziemiu. Przyziemie budynku nie jest wystarczająco dobrze zaizolowane, a przenikanie ciepła w tym obszarze jest znacznie większe niż na ścianie powyżej. Na wykresie linii L1 wyraźnie widać rozkład temperatur na powierzchni ściany i przyziemia budynku. Temperatura na ścianie powyżej jest znacznie mniejsza ze względu na dobrą izolacyjność tej przegrody w porównaniu ze ścianą przyziemia.

Dla tego budynku wykonano również termogram frontu z oknem pokojowym i balkonowym (po prawej stronie). Na termogramie widoczna jest intensywna wymiana ciepła szczególnie w rejonie nadproża okien. Ściana przybalkonowa jest nieco cieplejsza. Może być to spowodowane pewnym osłonięciem od środowiska zewnętrznego ścianami i zadaszeniem, czyli zwiększonym oporem przejmowania ciepła w tym obszarze.

W rozpatrywanym obiekcie znajduje się również garaż na jeden samochód – termogram bramy wraz z rozkładem temperatury na linii L2 zamieszczono odpowiednio na rysunkach 6a i 6b. Brama do garażu posiada miejsca, w których się ona składa. Są to szczeliny, przez które traci się ciepło. Duże gęstości strumienia ciepła wyprowadzane jest również u dołu między bramą a podłożem betonowym. Wyraźnie jest to widoczne zarówno na termogramie bramy garażowej jak i na wykresie linii L2, gdzie obserwuje się miejsca szczególnie dużego przenikania ciepła na zewnątrz.

3. Podsumowanie

Termowizja odgrywa ważną rolę w badaniu strat ciepła w budynkach. Pomaga ona zlokalizować źródło nieszczelności i zmniejszyć tym samym wydatki na zużycie energii. Wiąże się to z redukcją kosztów wynikających z nadmiernego ogrzewania budynków. Ważnym elementem tych pomiarów jest rozkład temperatury na powierzchniach. Można to wykorzystać przy doborze odpowiedniej izolacji, aby uniknąć zbyt grubej warstwy ocieplenia. W badaniu kamerą termowizyjną należy pamiętać o występujących błędach. Mogą one wynikać z doboru złych współczynników emisji czy złej interpretacji obrazów z kamery. Obecnie do każdego urządzenia dołączany jest odpowiedni program umożliwiający obróbkę uzyskanych wyników, ich odpowiednie odczytanie i przygotowanie do wykorzystania w raporcie. Pomiar termowizyjny to jedna z branż, która rozwija się intensywnie i będzie wykorzystywana w przyszłości.