

Zbigniew RESPONDEK

Politechnika Częstochowska

DIAGNOSTYKA CIEPLNA ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

W artykule przedstawiono podstawowe elementy diagnostyki cieplnej ścian zewnętrznych w kontekście prawidłowego planowania zabiegów termorenowacyjnych. Dokonano analizy typowych błędów wykonawczych występujących w starszych konstrukcjach ścian i ich wpływu na pogorszenie parametrów ochrony cieplnej istniejących murów.

Słowa kluczowe: ochrona cieplna budynków, docieplenie przegród budowlanych, słabe miejsca w budynkach

WPROWADZENIE

W ciągu ostatnich dwudziestu lat wydatnie wzrosła ilość docieplaných przegród zewnętrznych - dotyczy to zarówno domów jednorodzinnych i wielorodzinnych, jak i budynków użyteczności publicznej. Przegrody docieplaných budynków powstawały w różnych latach i w różnych technologiach. Prawidłowy dobór systemu docieplenia, a zwłaszcza grubości materiału izolacyjnego wiąże się z właściwą oceną stanu technicznego i określeniem układu materiałowo-konstrukcyjnego istniejących przegród budowlanych. Bazowanie tylko na danych pochodzących z dawnego projektu budowlanego może prowadzić do niewłaściwych wniosków na temat faktycznej konstrukcji przegrody. W artykule skoncentrowano się na metodach diagnostycznych dotyczących ścian zewnętrznych. Fotografie własne autora pochodzą z początku lat 90. XX wieku.

1. ELEMENTY DIAGNOSTYKI CIEPLNEJ PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Celem diagnostyki cieplnej przegród budowlanych jest określenie ich faktycznego stanu dla prawidłowego zaplanowania przedsięwzięć termomodernizacyjnych.

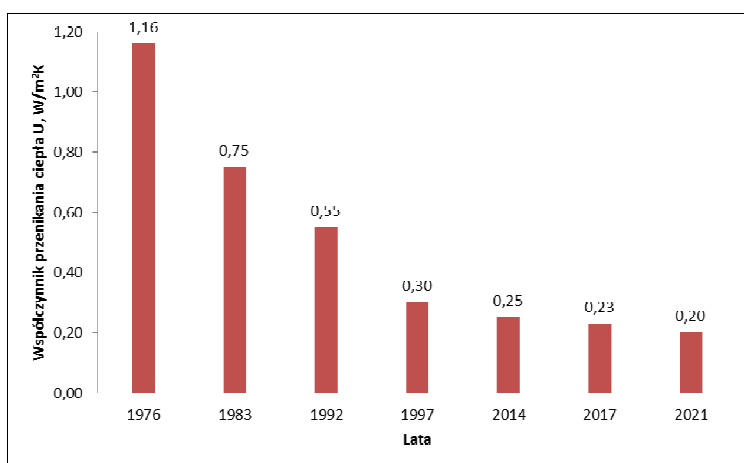
Podstawowymi elementami wchodzącymi w zakres tej diagnostyki są:

- analiza projektu budowlanego - dane z projektu powinny podlegać weryfikacji; szczególnie przegrody zrealizowane przed rokiem 1990 ze względu na panujący w tym okresie deficyt materiałów mogą być inne niż założone w projekcie; mogły być też zastosowane różne materiały w obrębie jednej przegrody,
- wywiad z użytkownikami budynku lub wykonawcami - szczególnie jeśli mają w pamięci fazę realizacji obiektu,

- znajomość stosowanych w okresie realizacji budynku typowych technologii i popularnych na danym terenie rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych,
- znajomość typowych błędów wykonawczych i wad wynikających z naturalnego zużycia materiałów - czynniki te należy uwzględnić przy analizie budynku zrealizowanego w konkretnych latach,
- ocena wizualna oraz badania inwazyjne - odwierty, odkrywki,
- obliczenia oporu cieplnego przegrody na podstawie znajomości rodzaju użytych materiałów i ich stanu technicznego (np. możliwość zawilgocenia) oraz stabelaryzowanych wartości współczynnika przewodzenia ciepła dostępnych w normach i literaturze z okresu realizacji obiektu,
- szacowanie współczynnika przenikania ciepła przegrody na podstawie pomiarów temperatury i gęstości strumienia ciepła,
- termowizja - metoda pozwalająca na szybką identyfikację jednorodności przegród zewnętrznych i słabych miejsc w rozumieniu ochrony cieplnej.

2. TYPOWE KONSTRUKCJE MURÓW ZEWNĘTRZNYCH

O potrzebie oszczędzania energii na ogrzewanie pomieszczeń zaczęto mówić pod koniec lat 70. XX wieku. Wiązało się to ze wzrostem cen surowców energetycznych i podjęciem działań proekologicznych. Coraz popularniejsze stawały się rozwiązania związane z redukcją współczynnika przenikania ciepła U nowo powstałych budynków, również realizowanych tzw. sposobem gospodarczym. Rozwój rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych w tym względzie idzie w parze z ciągłym wzrostem wymagań dotyczących izolacyjności cieplnej przegród budowlanych. Na rysunku 1 przedstawiono wynikające z norm i przepisów prawnych lata wprowadzenia ograniczenia współczynnika U ścian zewnętrznych domów jednorodzinnych.



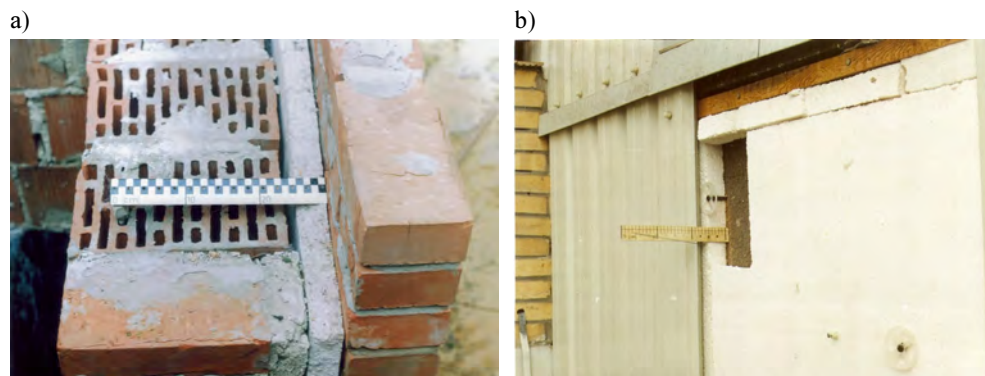
Rys. 1. Lata wprowadzenia ograniczeń współczynnika przenikania ciepła U dla ścian zewnętrznych budynków jednorodzinnych, na podstawie [1, 2]

Uwagi do rysunku 1: Przed rokiem 1976 dopuszczalny współczynnik przenikania ciepła $U_{\max} = 1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ obowiązywał w strefach klimatycznych III-V, w strefach I i II wymagania były łagodniejsze [1]. Od 1992 roku wprowadzono w obliczeniach współczynnika U obowiązek stosowania dodatków na mostki termiczne, co dodatkowo zaostrzyło wymagania. Należy zwrócić uwagę, że do 1997 roku współczynnik U oznaczano literą k . W latach 1997-2008 współczynnik $U_{\max} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ obowiązywał dla ścian warstwowych, dla ścian jednorodnych dopuszczalne było $U_{\max} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

W świetle powyższych wymagań do lat 70. XX wieku w typowych budynkach jednorodzinnych stosowano powszechnie **ściany jednowarstwowe** z tradycyjnych materiałów na klasycznej zaprawie. Wymóg $U_{\max} = 1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ spełniała na przykład ściana z cegły pełnej o grubości 51 cm. Realizowano również **mury szczelinowe** z pustką powietrzną. Zwiększenie dopuszczalnej wartości U_{\max} do $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ wymagało już stosowania **murów trójwarstwowych** z warstwą materiału izolacyjnego (styropian, wełna mineralna) o grubości 5÷6 cm (rys. 2a). Była to konstrukcja charakterystyczna dla lat 80. i początku 90. XX wieku. Taką konstrukcję posiadały też ściany z wielkiej płyty w budownictwie wielorodzinnym z tego okresu.

Od połowy lat 90. XX wieku najpopularniejsze stały się **mury dwuwarstwowe** z ociepleniem **metodą lekką mokrą**, gdzie masywną warstwę elewacyjną zastąpiono tynkiem cienkowarstwowym położonym na siatce z tworzywa sztucznego, wtopionej w klej. Metoda ta ma wiele zalet (ograniczenie mostków termicznych, możliwość realizacji zarówno na nowych, jak i istniejących przegrodach) i jest powszechnie stosowana do dzisiaj.

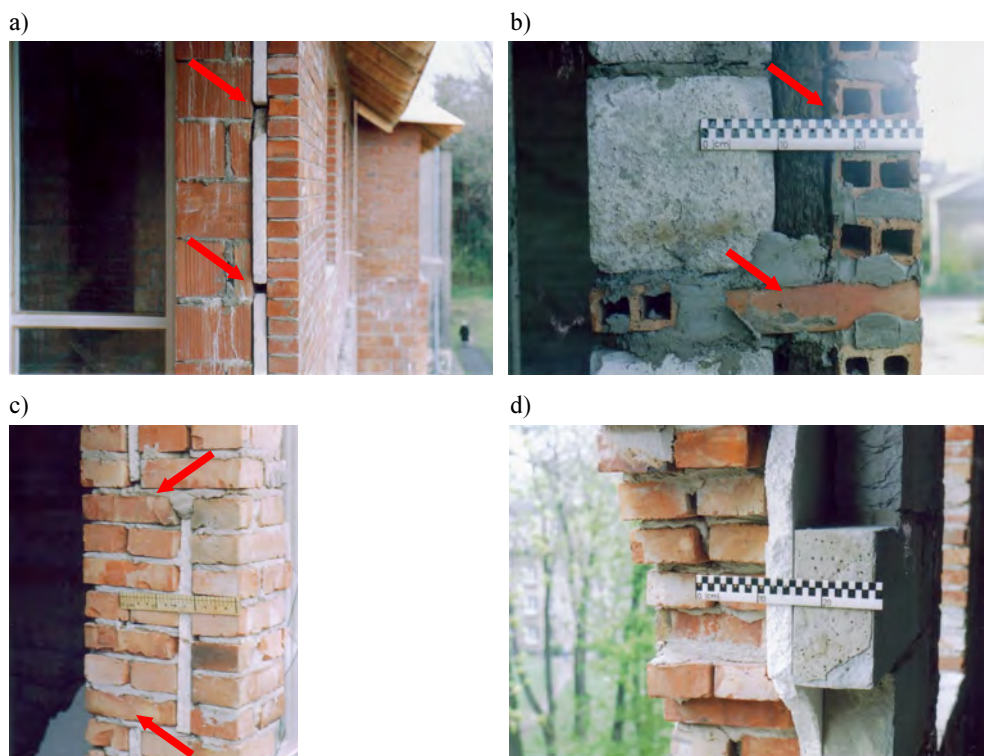
Równolegle rozwijały się inne technologie - na przykład zwiększenie izolacyjności cieplnej murów jednowarstwowych (stosowanie gazobetonu na zaprawie ciepłochronnej, ceramika poryzowana, wkładki termoizolacyjne wkomponowane w wyroby drobnowymiarowe itp.), ocieplenie metodą **lekką suchą** (materiał izolacyjny na stelażu z lekką okładziną ochronną (rys. 2b)) czy też ściany szkieletowe z lekkim wypełnieniem (szkielet kanadyjski) [3].



Rys. 2. Typowe konstrukcje ścian warstwowych z początku lat 90. XX wieku: a) mur trójwarstwowy, b) ocieplenie metodą lekką-suchą z okładziną z blachy fałdowej (fot. autora)

3. TYPOWE WADY MURÓW TRÓJWARSTWOWYCH

Spośród wymienionych wcześniej typów ścian wiele słabych miejsc mających wpływ na izolacyjność cieplną posiadały mury trójwarstwowe.



Rys. 3. Typowe błędy w murach trójwarstwowych: a) luki między płytami styropianu, b) łączenie warstw muru „na przewiązkę”; brak wentylacji warstwy wełny mineralnej, c) nieciągłość izolacji, d) odwrócenie układu warstw (fot. autora)

Do wad i błędów wykonawczych tych murów można zaliczyć:

- luki między płytami materiału izolacyjnego (rys. 3a),
- niewłaściwy sposób łączenia warstwy elewacyjnej z nośną - często zamiast zalecanych łączników z drutu stosowano sposób „na przewiązkę” z wykorzystaniem elementu drobnowymiarowego (rys. 3b),
- brak docieplenia żelbetowych wieńców, płyt balkonowych itp.,
- niewłaściwa konstrukcja styku muru z ościeżą okienną lub drzwiową - „nie-dociągnięcie” warstwy ocieplenia do ościeży bądź złe ustawienie ościeży w otworze,
- brak zachowania ciągłości izolacji, wynikający nie tylko z trudności technicznych, ale niekiedy również z braku wiedzy wykonawców (rys. 3c),
- odwrócenie układu warstw z wyeksponowaniem warstwy nośnej na zewnątrz (rys. 3d) - prowadziło to do uzyskania niekorzystnego rozkładu temperatur

- w przegrodzie (możliwe przemarzanie warstwy nośnej) oraz powstania dodatkowych mostków termicznych w poziomie stropów międzykondygnacyjnych; działanie takie uzasadnione jest tylko w przypadku budynków zabytkowych przy konieczności zachowania historycznej elewacji,
- brak szczeliny wentylacyjnej między warstwą izolacji z wełny mineralnej a warstwą fakturową - zwiększenie prawdopodobieństwa zawilgocenia izolacji (rys. 3b),
 - nieotynkowanie murów zewnętrznych - brak zewnętrznej okładziny może powodować niekorzystną infiltrację powietrza i penetrację wody.

W budynkach wielkopłytowych podstawowymi problemami są [4]: „ściśnięcie” izolacji z wełny mineralnej, w fazie produkcji płyt lub podczas ich składowania, prowadzące do zmniejszenia efektywnej grubości izolacji i zmiany przewodności cieplnej oraz nieszczelność złączy płyt, prowadząca do infiltracji wody do wnętrza izolacji i korozji wieszaków, czyli połączenia warstwy nośnej z fakturową.

Dobrym sposobem nie tylko poprawy izolacyjności cieplnej ścian trójwarstwowych, ale również minimalizacji większości wymienionych powyżej wad jest dodatkowe ocieplenie od zewnątrz istniejących ścian metodą lekką-mokrą. Trzeba jednak pamiętać, że takie działanie wymaga wcześniejszej diagnostyki stanu złączy między warstwą nośną a fakturową (szczególnie w wielkiej płycie). Docieplenie zewnętrzne powoduje zwiększenie obciążenia warstwy fakturowej, co w skrajnych przypadkach może prowadzić do katastrofy budowlanej [4]. Najbezpieczniejszym rozwiązaniem w tym zakresie jest stosowanie dłuższych kotew do płyt izolacyjnych, tak aby sięgały one warstwy nośnej.

4. POMIARY TEMPERATURY I GĘSTOŚCI STRUMIENIA CIEPŁA

Współczynnik przenikania ciepła ścian zewnętrznych może być szacowany poprzez pomiary instrumentalne w warunkach rzeczywistych [5, 6].

Najprostszym, ale mało dokładnym sposobem jest szacowanie współczynnika U z wykorzystaniem pomiarów temperatury. Korzystamy tutaj ze wzoru

$$U = h_{si} \frac{t_i - \vartheta_i}{t_i - t_e} \quad (1)$$

gdzie:

t_e - temperatura powietrza zewnętrznego [$^{\circ}\text{C}$],

t_i - temperatura powietrza wewnętrznego [$^{\circ}\text{C}$],

ϑ_i - temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody [$^{\circ}\text{C}$],

h_{si} - współczynnik przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej, założony na podstawie literatury [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$].

Większą dokładność można uzyskać dzięki zastosowaniu miernika przepływu ciepła. Przyrząd posiada czujniki w kształcie okrągłej płytki z dielektryka (guma, teflon, poliester itp.) z wtopionymi przewodami (tzw. termopara z dwóch różnych

metali). Powstałe w termoparze napięcie jest proporcjonalne do różnicy temperatur na obu powierzchniach płytki, co przekładane jest na gęstość strumienia ciepła q , wyrażoną w W/m^2 . Można używać tutaj zależności

$$U = \frac{q}{t_i - t_e} \quad \text{lub} \quad R = \frac{\vartheta_i - \vartheta_e}{q} \quad (2)$$

gdzie:

R - opór cieplny warstw przegrody [$W/m^2 \cdot K$],

ϑ_e - temperatura na zewnętrznej powierzchni przegrody [$^{\circ}C$],

t_i, t_e, ϑ_i - jak we wzorze (1).

Wadą pomiarów instrumentalnych jest konieczność ich powtarzania w wielu miejscach w celu znalezienia wartości uśrednionych oraz konieczność ich wykonywania w warunkach przepływu ciepła zbliżonych do ustalonych.

PODSUMOWANIE

Diagnostyka cieplna ścian zewnętrznych powinna opierać się nie tylko na analizie dokumentacji, ale również ocenie wizualnej i instrumentalnej przeprowadzonej „in situ”. Znajomość technologii realizacji konstrukcji stosowanych dawniej oraz wiedza na temat typowych słabych miejsc w tych konstrukcjach pozwala na uzyskanie rzetelnych wyników oceny ich aktualnego stanu. Na wady i błędy wykonawcze szczególnie narażone były wznoszone w minionych latach mury trójwarstwowe.

LITERATURA

- [1] Steidl T., Zmiany izolacyjności cieplnej przegród budowlanych na tle modyfikacji obowiązujących norm i przepisów, *Energia i Budynek* 2008, nr 2.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz.U. 2002, Nr 75, poz. 690 (tekst jednolity Dz.U. 2015, poz. 1422).
- [3] Respondek Z., Ściany warstwowe - budowa i funkcje w budynku, *Warstwy* 2008, 1.
- [4] Upadek wielkiej płyty. *Gazeta Wyborcza*, wydanie z dnia 04.05.1996.
- [5] Pogorzelski J.A., *Fizyka cieplna budowli*, PWN, Warszawa 1976.
- [6] Zestaw do pomiaru natężenia strumienia ciepła SPSC-1. Instrukcja obsługi.

THERMAL DIAGNOSTIC OF EXTERNAL WALLS

The article presents the elementary elements of thermal diagnostic of external walls in context of acceptable planning of thermorenovation works. Typical performance defects occurring in older wall constructions and their influence on the lowering of thermal protection parameters of existing walls have been analyzed.

Keywords: thermal protection of buildings, insulation of building barriers, unreliable areas in building constructions