

Diagnostyka cieplna budynków wielkopłytowych

Początki budownictwa wielkopłyтового w Polsce datuje się na lata 50. XX wieku. Największą dynamikę realizacji budynków w technologiach uprzemysłowionych odnotowano w latach 70.

XX wieku. W naszym kraju realizowano systemy budynków wielkopłytowych, które charakteryzowały się zróżnicowaną izolacyjnością termiczną przegród ściennych. W wielu przypadkach nie zapewniała ona odpowiedniej ochrony cieplno-wilgotnościowej tych obiektów.

Wprowadzenie

Pierwsze wytyczne, dotyczące zabezpieczania przed przemarzaniem i przenikaniem wody opadowej przez złącza ścian wykonywanych z wielkowymiarowych prefabrykatów trójwarstwowych i ścian szczytowych z cegły żerańskiej, zostały opracowane w 1972 r. w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie [1]. W tamtym czasie jednym z pierwszych materiałów stosowanych do ociepleń ścian budynków był styropian o grubości nieprzekraczającej 3 cm. Zabezpieczany on był tynkiem cementowo-wapiennym i układany na siatce z prętów zbrojeniowych.

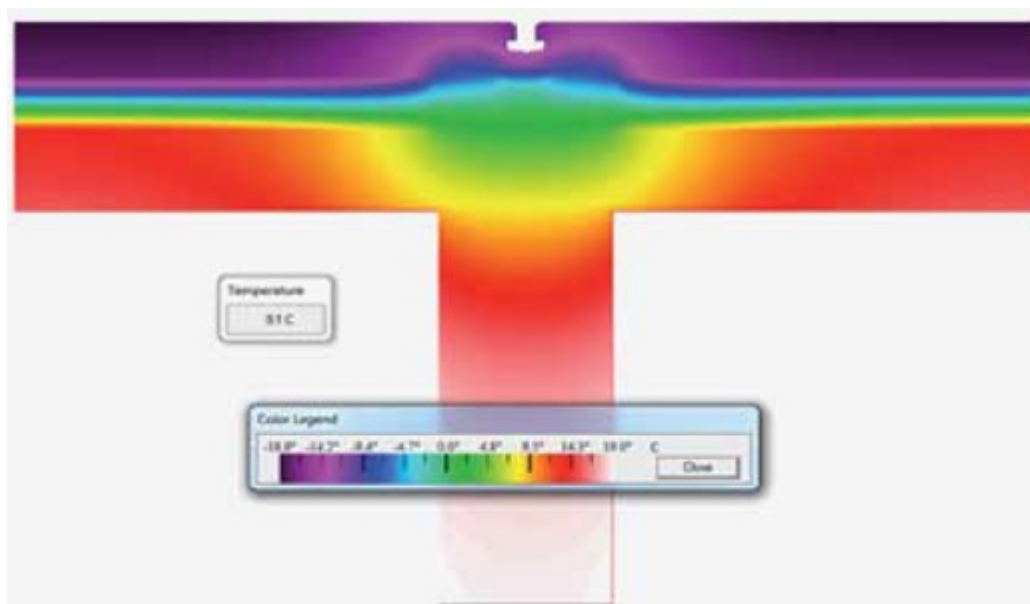


Fot. 1. Renowacja ocieplenia

Jednym z powszechniej stosowanych systemów ociepleń była metoda „lekka-sucha”, z izolacją termiczną w postaci wełny mineralnej, wykorzystująca jako materiał elewacyjny płyty azbestowo-cementowe. W 1981 r. ukazała się uchwała nr 260 Rady Ministrów w sprawie usuwania tzw. wad technologicznych w budownictwie mieszkaniowym (przede wszystkim wielkopłytowym) [12]. Uchwała ta wzmocniła i ugruntowała techniczną stronę stosowania ociepleń z osłoną elewacyjną w postaci płyt azbestowych.

Od końca lat 80. XX wieku stosowano coraz powszechniej ocieplanie budynków wielkopłytowych za pomocą wełny mineralnej z wykonaniem elewacji np. z blachy trapezowej. Na początku lat 90. ubiegłego wieku wykorzystywano do ociepleń metodę „lekką-mokłą”. Pod koniec lat 90. tego rodzaju ocieplenie nazwano Systemem Bezspoinowego Ocieplania (SBO), następnie Bezspoinowym Systemem Ociepleń (BSO). Aktualnie najczęściej wykorzystywaną metodą docieplania istniejących budynków jest złożony system

izolacji ścian zewnętrznych budynku – ETICS. Na krajowym rynku istnieje co najmniej kilkadziesiąt różnych typów systemów. Szczegółowe wymagania i informacje dla poszczególnych systemów znajdują się w dokumentach dopuszczających, w tym w aprobatkach technicznych. Ogólne wytyczne w zakresie ich projektowania i wykonywania można znaleźć w instrukcji ITB nr 447/2009 pt. „Zewnętrzne systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych budynków ETICS. Zasady projektowania” [2].



Rys. 1. Rozkład

izoterm w przekroju połączenia 2D przegród budowlanych [3]

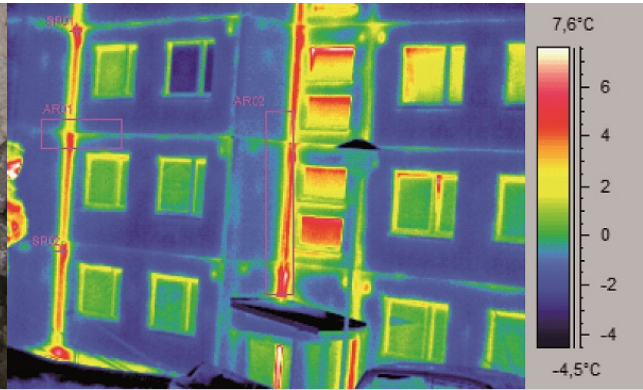
Wymagania i przepisy prawne

Pierwsze Polskie Normy z lat 50. dotyczące izolacyjności termicznej przegród budowlanych podawały wielkości maksymalne współczynnika przenikania ciepła k , ale nie były traktowane jako obligatoryjne. W latach 60. XX wieku wprowadzono obligatoryjne maksymalne wielkości współczynnika przenikania ciepła wraz z normą PN-64/B-03404. W zależności od stref klimatycznych maksymalny współczynnik przenikania ciepła dla ścian wynosił $k = 1,0-1,25 \text{ kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$ [4]. W kolejnej normie PN-74/B-03404 pominięto strefy klimatyczne i wartość współczynnika określono na poziomie $k_{\text{max}} = 1,0 \text{ kcal}/(\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C})$ [5]. Istotne zaostreżenie wymagań w zakresie ochrony cieplnej budynków nastąpiło z dniem wprowadzenia normy PN-82/B-02020, a później PN-91/B-02020. Norma PN-82/B-02020 w sposób istotny obniżyła projektowaną wartość maksymalną współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych pełnych wynoszących dla ścian $k_{\text{max}} = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [6]. W normie PN-91/B-02020 obniżono jeszcze bardziej wartość maksymalną współczynnika przenikania ciepła przegród zewnętrznych, która wynosiła dla ścian zewnętrznych $k_{\text{max}} = 0,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [7]. Aspekty oszczędności energii, jako elementu strategii energetycznej państwa, znalazły się po raz pierwszy w rozporządzeniu Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 1994 r., opublikowane w Dz.U. nr 10/95 poz. 46 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. W rozporządzeniu tym zamieszczono załącznik pt. „Wymagania izolacyjności cieplnej i inne wymagania związane z oszczędnością energii”, zawierający graniczne wartości współczynników przenikania ciepła przez przegrody zewnętrznych k_{max} dla budynków jednorodzinnych, użyteczności publicznej i przemysłowych [10]. Kolejna istotna zmiana przepisów została opublikowana w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury Dz.U. nr 75 z 15.06.2002 r. [11]. Rozporządzenie to wraz z późniejszymi nowelizacjami obowiązuje do dnia dzisiejszego. W zakresie dotyczącym izolacyjności cieplnej przegród stwierdza się, że wartości współczynnika przenikania ciepła U_c (ścian, stropów i stropodachów dla wszystkich rodzajów budynków), uwzględniające poprawki ze względu na pustki powietrzne w warstwie izolacji, łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną oraz opady na dach o odwróconym układzie warstw, obliczone zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła oraz przenoszenia ciepła przez grunt, nie mogą być większe niż wartości $U_{c(\text{max})}$. Maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych i wewnętrznych, budynków nowo projektowanych i przebudowywanych wynoszą dla większości ścian

zewnątrznych $U_{C(max)} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Od 2017 r. nastąpi obniżenie maksymalnej wartości dla ścian do $U_{C(max)} = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, a w 2021 r. do $U_{C(max)} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [11].



Fot. 2. Odkrywka ściany szczytowej budynku w technologii W-70



Fot. 3. Termogram ściany osłonowej budynku wielkopłytkowego w technologii W-70

Diagnostyka cieplna budynków istniejących

W budownictwie wielkopłytkowym podstawowym czynnikiem pozwalającym na poprawę jakości energetycznej budynku jest prawidłowa diagnostyka stanu istniejącego przegród zewnętrznych. Badanie izolacyjności cieplnej przegród budowlanych jest czynnością pracochłonną i wymagającą szerokiej wiedzy z zakresu budownictwa ogólnego, a także znajomości norm i przepisów z okresu wznoszenia obiektów. Niezwykle przydatna jest także wiedza z zakresu materiałoznawstwa oraz fizyki budowli. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym przeprowadzenie poprawnej diagnostyki budynku są prowadzone w trakcie użytkowania budynku remonty lub przebudowy. Wpływają one na stan techniczny całości obiektu, w tym na izolacyjność cieplną poszczególnych przegród zewnętrznych.

Jednym z pierwszych kroków jest przeprowadzenie analizy archiwalnej dokumentacji projektowej. Powinna być ona przeprowadzona zarówno dla projektu budowlanego, jaki i projektu wykonawczego, o ile taki powstał. Dodatkowo ważne jest sprawdzenie ewentualnych projektów zamiennych oraz dokumentacji powykonawczej. Celem analizy dokumentacji projektowej jest weryfikacja poprawności przyjętych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych. Dzięki temu będzie możliwe wyspecyfikowanie błędów, które powstały już na etapie dokumentacji technicznej. Mogą one być związane z nieprawidłowo wykonanymi obliczeniami lub wadliwie zrealizowanymi rozwiązaniami elementów budowlanych. Szczegółowa analiza obliczeniowa umożliwia przeprowadzenie oceny rozwiązań projektowych. Jednym z przykładów takich działań jest obliczenie rozkładu temperatury i określenie wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła mostka termicznego w oparciu o np. dwuwymiarowy model przegrody. Na rys. 1 pokazano przykład tego typu modelowania przegrody w obrębie złącza poziomego ściany wielkopłytkowej.



Fot. 4. Rysy na ścianie

elewacyjnej

Badania diagnostyczne wykonywane na budynku mogą mieć charakter badań niszczących lub nieniszczących. Badania takie można wykonywać bezpośrednio na obiekcie lub też w laboratorium, na podstawie pobranych z budynku próbek. Badania niszczące oznaczają, iż występuje konieczność pobrania próbek fragmentów izolacji termicznej, bądź pobrania próbek wszystkich składowych materiałów przegrody budowlanej. Prace te wykonuje się na podstawie odwiertów kontrolnych lub odkucia przegrody. Na fot. 2 pokazano stan techniczny fragmentu ściany szczytowej budynku wielkopłytkowego wykonanego w systemie W-70.

W przypadku konieczności określenia rzeczywistej izolacyjności termicznej przegrody można przeprowadzić badania współczynnika przewodzenia ciepła zastosowanej izolacji termicznej. Tego typu pomiary wymagają dostępu do badanego materiału termoizolacyjnego. Badania takie najczęściej wykonuje się jako polowe lub jako wstępne pomiary poprzedzające badania laboratoryjne za pomocą metody tzw. „gorącego drutu”. Zestaw pomiarowy z sondą do pomiarów współczynnika λ umożliwia prowadzenie pomiarów dla materiałów izolacyjnych włóknistych i nasypowych.

Diagnostyka cieplna budynków jest w wielu przypadkach realizowana w oparciu o badania nieniszczące. Materiały termoizolacyjne bardzo często nie stanowią wierzchniej warstwy przegrody budowlanej. Wobec powyższego przeprowadzenie miarodajnej oceny stanu ochrony cieplnej budynku, wyłącznie na podstawie badań makroskopowych lub punktowych odkrywek jest niewystarczające. Rozwój zróżnicowanych technik pomiarowych umożliwia wykonanie szeregu badań przegród budowlanych, nie ingerując w ich strukturę materiałową, a co z tym związane nie uszkadzając badanych przegród budynku.

Urządzenia do badań nieniszczących w zakresie oceny stanu ochrony cieplnej budynku, stosowane zarówno dla budynków istniejących np. poddawanych termomodernizacji, jak i nowo realizowanych możemy podzielić na trzy podstawowe grupy. Pierwszą z nich stanowią urządzenia do oceny stanu ochrony cieplnej, w szczególności do badania temperatury powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej – pirometry i kamery termowizyjne. Druga grupa to urządzenia do oceny zawilgocenia materiałów budowlanych – wilgotnościomierze stykowe. Do trzeciej grupy możemy zakwalifikować pozostałe urządzenia pomiarowe, w tym do prowadzenia badań towarzyszących, takich jak badania szczelności powietrznej.



Fot. 5. Uszkodzona

elewacja po pożarze

Najprostszym urządzeniem pomiarowym do określenia temperatury na powierzchni elementu budowlanego jest pirometr. Jest to przyrząd pomiarowy służący do bezdotykowego pomiaru temperatury. Działa w oparciu o pomiar i analizę promieniowania cieplnego emitowanego przez badane ciała. Jedną z najszybszych metod pomiarowych, stosowaną w diagnostyce cieplnej, jest badanie termowizyjne (termograficzne). Termografia polega na wizualizacji, rejestracji i interpretacji rozkładów temperatury

powierzchni badanych przegród budowlanych. Prawidłowe wykonanie badań termograficznych i rzetelne opracowanie ich wyników wraz ze szczegółową analizą pozwala na określenie jakości cieplnej przegród badanego budynku oraz zdiagnozowanie anomalii i defektów cieplnych.



Fot. 6. Uszkodzenia naroża elewacji

Wykorzystanie tej metody w odniesieniu do budynków istniejących pozwala wykryć typowe nieprawidłowości w zakresie izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych. Badania takie można wykonywać zarówno od strony zewnętrznej jak i od wewnętrznej (w zależności od budowy przegrody).

Zgodnie z PN-EN 13187 przed wykonaniem pomiarów termowizyjnych należy wykonać analizę dokumentacji projektowej (jeśli takowa jest dostępna). Następnym krokiem jest określenie emisyjności materiałów powierzchniowych, zapis temperatury powietrza zewnętrznego i wewnętrznego, zachmurzenia, opadów i wilgotności powietrza oraz ocena oddziaływania wiatru, a także określenie usytuowania budynku względem stron świata. Norma zaleca również określenie ewentualnego wpływu różnicy ciśnień (jeśli jest istotne dla pomiarów). Istotną kwestią jest dodatkowo określenie wpływu efektów wytwarzanych przez wentylowane warstwy powietrza, a także analiza oddziaływania lokalnych źródeł ciepła. Czasami istotne jest wyłączenie lokalnych źródeł ciepła przed badaniami, wcześniejsze usunięcie poza obszar badań np.

mebli, obrazów (na tyle wcześniej by uniknąć efektów przejściowych). Temperatura powietrza wewnętrznego i zewnętrznego powinna być określona z dokładnością $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Minimalna wykrywalna różnica temperatury dla powierzchni przy $+20^{\circ}\text{C}$ wynosi $0,3\text{K}$ i jest wystarczająca do interpretowania termogramów. Minimalna różnica temperatury powietrza po obu stronach przegrody powinna wynosić 10K

[9].



Fot. 7.

Docieplenie elewacji

Obok izolacyjności termicznej jednym z istotnych zagadnień fizyki budowli, wpływającym na diagnostykę ciepło-wilgotnościową budynku, jest szczelność powietrzna. W celu określenia szczelności obudowy na niekontrolowaną infiltrację powietrza można wykonać pomiary przy użyciu wentylatora ciśnieniowego.

Badania wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 13829 [8]. Metodę tę stosuje się do pomiaru przepływu powietrza przez obudowę budynku ze środowiska zewnętrznego, wytwarzając w budynku podciśnienie lub nadciśnienie. Norma dopuszcza wykonywanie pomiarów w budynkach nowych (nieużytkowanych) oraz użytkowanych.

Literatura

1. Instrukcja ITB nr 128/1972 Wytyczne zabezpieczenia przed przeciekami i przemarzaniem ścian zewnętrznych z wielkowymiarowych prefabrykatów warstwowych w wykonanych budynkach mieszkalnych, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 1972.
2. Instrukcja ITB nr 447/2009 Złożone systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych budynków ETICS. Zasady projektowania i wykonywania, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 1999.
3. Krause P., Steidl T., Wojewódka D., *Potencjał zmniejszenia energochłonności budynków wielkopłytowych*, Forum budownictwa Śląskiego, Katowice, 2014.
4. PN-64/B-03404 Współczynniki przenikania ciepła k dla przegród budowlanych.
5. PN-74/B-03404 Współczynniki przenikania ciepła k dla przegród budowlanych.
6. PN-82/B-02020 Ochrona cieplna budynków.
7. PN-91/B-02020:1991 Ochrona cieplna budynków - Wymagania i obliczenia.
8. PN-EN 13829 Właściwości cieplne budynków - Określanie przepuszczalności powietrznej budynków - Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.
9. PN-EN 13187 Właściwości cieplne budynków - Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku - Metoda podczerwieni.
10. Rozporządzenie Ministerstwa Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14.12.1994 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 10/95 poz. 46 z późniejszymi zmianami).

11. 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 wraz z późniejszymi zmianami.
12. Uchwała nr 260/1981 Rady Ministrów w sprawie usuwania tzw. wad technologicznych w budownictwie mieszkaniowym.

dr inż. Paweł Krause
Politechnika Śląska