

PAWEŁ GAŁEK*

ANALIZA CIEPŁOCHRONNYCH ROZWIĄZAŃ
KONSTRUKCJI BALKONÓWANALYSIS OF HEAT-INSULATING SOLUTIONS
RELATED TO STRUCTURE DETAILS OF BALCONY

Streszczenie

Budownictwo energooszczędne to jedno z najważniejszych wyzwań gospodarczych początku XXI w. Ciepłochronne rozwiązania detali konstrukcyjnych są szczególnie ważne w projektowaniu takich budynków energooszczędnych, jak budynki niskoenergetyczne, pasywne oraz zeroenergetyczne. Im wyższa kategoria energooszczędności, tym większe wymagania w stosunku do materiałów, rozwiązań konstrukcyjnych czy instalacyjnych. W artykule przedstawiono alternatywne rozwiązania konstrukcyjne balkonów oraz analizę tych rozwiązań ze względu na ich właściwości ciepłochronne oraz koszty zastosowania.

Słowa kluczowe: balkon, budynek niskoenergetyczny, budynek pasywny, budynek zeroenergetyczny, mostek cieplny

Abstract

Energy-saving construction is one of the most crucial economic challenges of the beginning of 21st century. Heat-insulating solutions related to structure details are very important in energy-saving buildings design like low energy buildings, passive buildings and zero-energy buildings. The higher the energy-saving category, the more demanding the requirements as regards materials, structure or system solutions. This paper presents alternative solutions related to structure details of balcony, and the analysis of those solutions in terms of their heat-insulating properties and costs of implementation.

Keywords: balcony, low energy building, passive building, zero-energy building, thermal bridge

* Dr inż. Paweł Gałek, Zakład Budownictwa i Fizyki Budowli, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Jednym z głównych priorytetów światowej gospodarki jest obecnie ograniczenie zużycia energii oraz konwersja jej źródeł. Również dla Unii Europejskiej jest to jedno z podstawowych zadań, co znajduje odzwierciedlenie zarówno w przyjmowanych dokumentach jak i realizowanych programach ramowych. W marcu 2011 r. Komisja Europejska przyjęła zasadę obniżania unijnych emisji CO₂ o 80% do 2050 r., potwierdzając jednocześnie cel redukcji emisji do 2020 r. o 20%. Szczegóły planów zawarto w „Mapie drogowej 2050” [5]. W marcu 2012 r., podczas posiedzenia ministrów środowiska 27 państw członkowskich UE, Polska zawetowała proponowane przez Unię tzw. kroki milowe, które zobowiązywałyby państwa członkowskie do redukcji emisji CO₂. W 2030 r. UE miałyby zredukować emisję o 40%, w 2040 r. – o 60%, a w 2050 r. – o 80% w porównaniu z 1990 r. Gospodarka Polski oparta jest w dużej mierze na węglu, stąd obawy, że przyjęcie tak szybkiej redukcji emisji będzie dla naszej gospodarki zbyt kosztowne. Potrzeba redukcji emisji CO₂ jest uznawana przez wszystkie kraje UE, spory dotyczą jej tempa.

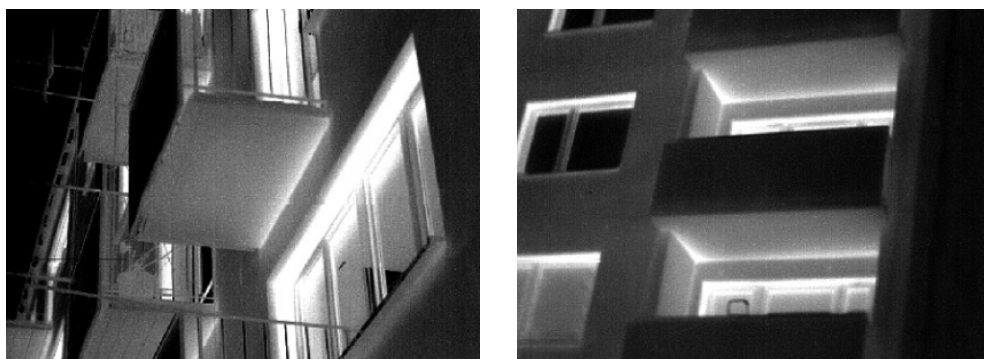
Zużycie energii na ogrzewanie pomieszczeń stanowi ok. 40% całkowitego zużycia energii w kraju [1]. Dlatego projektowanie energooszczędnych budynków jest szczególnie ważne dla krajowej gospodarki. Wymagania, jakie obecnie stawia ustawodawca wobec nowoprojektowanych budynków (ograniczenie zapotrzebowania na energię pierwotną *EP* oraz określenie maksymalnych współczynników przenikania ciepła *U* między środowiskiem zewnętrznym a wewnętrznym przez przegrody w budynku), pozwalają uznać je za budynki energooszczędne. Aby sprostać coraz ostrzejszym wymaganiom, nie wystarczy powiększenie grubości izolacji termicznej w przegrodach. Potrzebne jest opracowywanie rozwiązań konstrukcyjnych mających na celu redukcję wpływu mostków cieplnych oraz stosowanie nowych materiałów o lepszych właściwościach izolacyjnych.

Spośród detali konstrukcyjnych występujących w budynkach balkon jest elementem najwyraźniej wyeksponowanym w elewacji. Z drugiej strony detal ten jest powodem powstawania mostka cieplnego (w miejscu połączenia płyty balkonowej ze ścianą), którego wpływ na ogólną izolacyjność przegrody jest istotny [2]. Kształtowanie balkonu jako elementu architektonicznego pociąga za sobą ograniczenia choćby w grubości izolacji jaką można „otoczyć” płytę balkonu. Zbyt grube płyty balkonowe najczęściej nie są akceptowane przez architektów. Podobne ograniczenie ma miejsce przy termomodernizacji istniejących budynków. Ocieplenie płyty balkonowej od góry może spowodować, przy zbyt dużej grubości izolacji, podwyższenie poziomu posadzki na balkonie powyżej poziomu podłogi w przylegającym pomieszczeniu, co jest rozwiązaniem niepożądanym.

2. Schematy konstrukcyjne balkonów

Na potrzeby analizy porównawczej rozwiązań, przedstawionej w dalszej części opracowania, balkony można podzielić na: utwierdzone żelbetowe oraz dostawne (stojące lub zamocowane w ścianie). Najczęściej spotykane w budynkach murowanych i żelbetowych są balkony konstruowane w postaci płyty wspornikowej utwierdzonej w ścianie, co powoduje przerwanie pionowej izolacji termicznej ściany i w konsekwencji powstanie mostka cieplnego (rys. 1).

Najlepszym rozwiązaniem, ze względu na ciepłochronność, jest zastosowanie tzw. balkonów dostawnych opartych na konstrukcji stalowej lub aluminiowej posadowionej na gruncie (rys. 2). Izolacja termiczna zachowuje wówczas ciągłość i mostek termiczny spowodowany zamocowaniem płyty balkonu nie występuje. Rozwiązanie to jest jednak mało atrakcyjne architektonicznie. Podobnym rozwiązaniem jest lekki balkon dostawny mocowany punktowo (rys. 3) – najczęściej w czterech punktach (dwa na poziomic płyty oraz dwa w miejscu połączenia balustrady ze ścianą). Tego typu rozwiązania są najczęściej stosowane w przypadku modernizacji budynków.



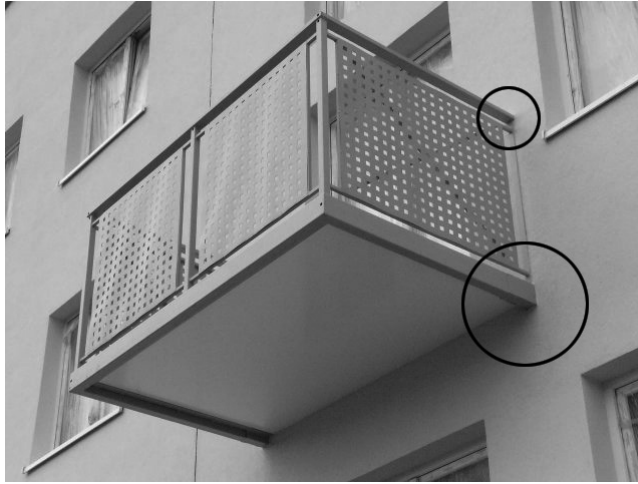
Rys. 1. Mostki cieplne w miejscu połączenia płyty balkonowej ze ścianą [2]

Fig. 1. Balcony connections thermal bridges



Rys. 2. Balkon dostawny – stojący (źródło: www.calto.pl [odczyt z dnia 15.04.2012])

Fig. 2. Added balcony – based on land



Rys. 3. Balkon dostawny – mocowanie punktowe
(źródło: www.balkonydostawne.pl [odczyt z dnia 15.04.2012])

Fig. 3. Added balcony – spot attaching

3. Przedmiot analizy, założenia oraz podstawa obliczeń

Przedmiotem analizy są rozwiązania konstrukcyjne balkonów w budynkach murowanych i żelbetowych. Punktem odniesienia jest najgorsze, pod względem ciepłochronności, rozwiązanie – płyta żelbetowa wspornikowa bez ocieplenia.

3.1. Analizowane rozwiązania

Przyjęte do analizy rozwiązania można podzielić na 3 grupy: żelbetowa płyta wspornikowa ocieplona materiałem termoizolacyjnym, żelbetowa płyta wspornikowa zamocowana za pośrednictwem elementu prefabrykowanego typu Isokorb, płyta balkonowa na zewnętrznej konstrukcji wsporczej (zachowanie ciągłości izolacji).

Rozwiązanie w postaci płyty wspornikowej ocieplonej dookoła dotyczy zarówno nowo-projektowanych budynków, jak i modernizowanych. W przypadku tych drugich szczególnie istotna jest grubość izolacji umieszczona po wierzchniej (górnej) stronie płyty. Zbyt gruba izolacja dodana w tym miejscu może spowodować podniesienie poziomu posadzki balkonu ponad poziom podłogi przylegającego pomieszczenia, co jest rozwiązaniem niepożądanym. Problem ten można rozwiązać, stosując nowoczesne materiały o bardzo wysokiej izolacyjności cieplnej (np. aerogel), co pozwala na zastosowanie małej ich grubości. Wadą tych materiałów jest bardzo wysoka cena.

Alternatywnym rozwiązaniem, które pozwala uzyskać efekt ciągłości izolacji, jest zastosowanie elementów typu Isokorb (lub innych podobnych rozwiązań). W najnowszych elementach Isokorb XT, o szerokości 12 cm, zastosowano rozwiązania, które znacznie poprawiły izolacyjność w stosunku do Isokorb o szerokości 8 cm.

Rozpatrzono 6 wariantów rozwiązań:

1. żelbetowa płyta wspornikowa bez ocieplenia (wariant odniesienia),
2. żelbetowa płyta wspornikowa ocieplona dookoła warstwą tradycyjnego materiału termoizolacyjnego (wełna lub styropian) o grubości 12 cm,
3. żelbetowa płyta wspornikowa ocieplona dookoła – od strony posadzki aerogelem o grubości 4 cm, na pozostałych powierzchniach wełna lub styropian o grubości 12 cm,
4. żelbetowa płyta wspornikowa zamocowana za pośrednictwem elementu Isokorb o grubości 8 cm,
5. żelbetowa płyta wspornikowa zamocowana za pośrednictwem elementu Isokorb XT o grubości 12 cm,
6. balkon na konstrukcji zewnętrznej – utrzymanie ciągłości izolacji ściany.

Ściana konstrukcyjna budynku w analizowanych wariantach zbudowana jest z cegły pełnej ceramicznej o grubości 25 cm z zewnętrzną izolacją termiczną o grubości 15 cm wykonaną z materiału o współczynniku przenikania ciepła 0,035 W/mK. Ze względu na porównawczy charakter przeprowadzanej analizy pominięto mało istotne (z punktu widzenia tej analizy) cienkie warstwy przegród, np. tynki, izolację przeciwwilgociową, wykładzinę posadzki itp. Wysięg płyty balkonu poza lico ściany wynosi 100 cm.

3.2. Założenia oraz podstawa obliczeń

Podstawą przeprowadzonych obliczeń jest norma EN ISO 10211:2007 [3], według której większość liniowych mostków cieplnych można modelować, w programach komputerowych, jako dwuwymiarowe. W obliczeniach wykorzystano darmowy program THERM wersję 6.2. Program umożliwia analizę termiczną dla stacjonarnego przepływu ciepła przy założeniu, że właściwości materiałów nie zależą od temperatury. Wartości obliczeniowe współczynników przewodzenia ciepła przyjęto na podstawie [4] oraz kart technicznych wyrobów. W przypadku elementów o niejednorodnej strukturze (np. Isokorb) do obliczeń przyjęto tzw. ekwiwalentne współczynniki przewodzenia ciepła. W modelach obliczeniowych pozwoliło to na uwzględnienie tych elementów jako materiały jednorodne. Pominięto wpływ innych mostków np. przy drzwiach balkonowych.

W ramach obliczeń określono następujące parametry cieplne mostków:

- strumień ciepła przepływający przez mostek Φ ,
- liniowy współczynnik sprzężenia cieplnego między dwoma środowiskami L_{2D} ,
- liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ .

Współczynnik Ψ równy jest stracie ciepła, liczonej na 1 metr długości mostka, zmniejszonej o stratę ciepła, która miałaby miejsce w przypadku braku mostka cieplnego:

$$\Psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j \cdot l_j \quad (1)$$

gdzie:

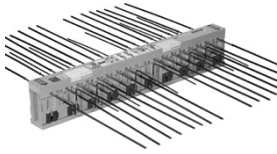
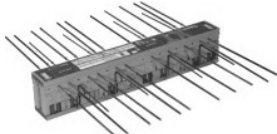

- L_{2D} – współczynnik sprzężenia cieplnego otrzymany z obliczenia w modelu dwuwymiarowym, komponentu oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska,
- U_j – współczynnik przenikania ciepła j -tego komponentu jednowymiarowego (np. element ściany poza mostkiem), oddzielającego dwa rozpatrywane środowiska,
- l_j – długość, na której stosuje się wartość U_j [3].

3.3. Zastosowane materiały termoizolacyjne

W rozpatrywanych wariantach zastosowano tradycyjne materiały termoizolacyjne (styropian i wełnę mineralną) charakteryzujące się współczynnikiem przenikania ciepła na poziomie 0,04 W/mK. W celu obniżenia grubości warstw wierzchnich na płycie balkonu zastosowano materiały o lepszych parametrach cieplnych, zmniejszając grubość warstwy izolacji w posadzce balkonu z 12 cm do 4 cm (aerogel) oraz 8 cm (poliuretan). Pozostałe płaszczyzny balkonu ocieplono materiałami tradycyjnymi. W przypadku zastosowania elementów typu Isokorb nie rozpatrywano dodatkowego ocieplenia. W tabeli 1 zestawiono, dla zastosowanych materiałów termoizolacyjnych, koszty materiału wraz z dodatkowymi warstwami (siatka, tynk, klej itp.), koszty montażu oraz wartości współczynników przenikania ciepła lub ich odpowiedniki (dla elementów Isokorb).

Tabela 1

Parametry oraz ceny zastosowanych materiałów termoizolacyjnych

Materiał		Jm	Cena [zł]		λ [W/mK]
			materiał	montaż	
Styropian, 12 cm		[m ²]	20,00 70,00	70,00	0,040
Wełna mineralna, 12 cm		[m ²]	50,00 100,00	70,00	0,040
Poliuretan – Ecotherm THERMA TR, 80 mm		[m ²]	70,00	0,00	0,026
Isokorb, 8 cm K30-CV35		[mb]	835,00	0,00	0,212 ekwiw.
Isokorb XT, 12 cm KXT50-CV35		[mb]	925,00	0,00	0,174 ekwiw.
Aerogel – Porogel Medium Spaceloft 10 mm x 4 warstwy		[m ²]	780,00	0,00	0,014

4. Wyniki obliczeń

Tabela 2

Wyniki obliczeń termicznych dla 6 wariantów rozwiązania łącza płyty balkonu ze ścianą konstrukcyjną budynku – długość płyty 5 m, wysięg 1 m.

	Rysunek mostka	Rozkład temperatur	Opis	Izol.	Ψ	%
				materiał + montaż [zł]		
1			balkon bez ocieplenia		0,31	100
2			balkon ocieplony dookoła: styropianem wełną	12 cm	0,11	35
					800,- 1100,-	
3			balkon ocieplony (bok i spód) styropianem + posadzka:	12 cm	0,11	35
			aerogelem poliuretanem	+4 cm +8 cm	4600,- 1050,-	
4			Isokorb 8 cm		0,13	42
					4175,-	
5			Isokorb XT 12 cm		0,09	29
					4625,-	
6			zachowanie ciągłości izolacji ściany balkon oparty na konstrukcji zewnętrznej		0,03	10
					wysokie koszty konstrukcji zewnętrznej	

5. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przedstawionej analizy można stwierdzić, że zdecydowanie najlepszym rozwiązaniem ze względu na ciepłochronność jest zachowanie ciągłości izolacji pionowej ściany, którą można uzyskać poprzez zastosowanie balkonów opartych na konstrukcji zewnętrznej (rozwiązanie często spotykane w modelowych budynkach pasywnych) lub poprzez punktowe zamocowanie lekkich konstrukcji (pomijając powstające wówczas mostki punktowe). Przyjmując jako punkt odniesienia (100%) wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ mostka powstającego na połączeniu żelbetowej płyty nieocieplonej ze ścianą, uzyskuje się redukcję tego współczynnika aż do 10%. Przyjęcie takiego rozwiązania jest często niemożliwe lub niepożądane z różnych względów, np. architektonicznych.

Pozostałe rozwiązania, w których płyta balkonu jest elementem utwierdzonym w ścianie na całej długości, są gorsze pod względem ciepłochronnym – liniowy współczynnik przenikania ciepła Ψ mostka powstałego na połączeniu płyty ze ścianą jest co najmniej 3 razy większy niż przy nieprzerwanej izolacji ściany pionowej. Wybór spośród tych rozwiązań również nie jest jednoznaczny, ponieważ decydujący może być koszt rozwiązania lub względy użytkowe (poziom posadzki balkonu po ociepleniu) i architektoniczne (konieczność zachowania smukłości elementu). Jeśli pominąć względy ekonomiczne to najlepszym rozwiązaniem (29%) jest zamocowanie płyty balkonu z użyciem elementów izolacyjnych Isokorb XT. Jest to też rozwiązanie najtańsze ze względu na koszty robocizny oraz na późniejsze koszty eksploatacji – praktycznie nie wymaga specjalnej konserwacji. Pozwala również na swobodniejsze kształtowanie grubości balkonu. Rozwiązanie to jest jednak trudne do zastosowania w istniejącym budynku w czasie jego termomodernizacji. W takim przypadku pozostają rozwiązania polegające na otoczeniu płyty balkonu izolacją. Najbardziej problematyczne jest wówczas ocieplenie płyty od strony posadzki, której poziom często nie może być zbyt podniesiony. Wówczas należy zastosować materiały izolacyjne o lepszych właściwościach cieplnych – droższy, ale najlepszy pod tym względem aerogel lub tańsze materiały, np. poliuretan. Zastosowanie na ocieplenie balkonu 12 cm warstwy styropianu lub wełny pozwala uzyskać efekt porównywalny (31%) z zastosowaniem elementu Isokorb XT (29%). Na ocieplenie posadzki można w sposób równoważny zastosować zamiast 12 cm wełny lub styropianu, 8 cm poliuretanu lub 4 cm aerogelu.

Literatura

- [1] Fedorczyk-Cisak M., Stachowicz A., *Budynki niskoenergetyczne dla każdego*, Czasopismo Techniczne, Politechnika Krakowska, Kraków 2007, 307-312.
- [2] Gałek P., *Wybrane rozwiązania ciepłochronne detali konstrukcyjnych w budynkach niskoenergetycznych*, Czasopismo Techniczne, Politechnika Krakowska, Kraków 2011, 81-88.
- [3] PN-EN ISO 10211 Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [4] PN-EN ISO 10456:2009 Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabełaryczne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.
- [5] Roadmap 2050. Practical guide to a prosperous, low-carbon Europe. European Climate Foundation 2011 (<http://www.roadmap2050.eu> [odczyt z dnia 15.04.2012]).