

Robert Geryło*

Krzysztof Kasperkiewicz**

Jerzy A. Pogorzelski***

WPŁYW DOCIEPLENIA ŚCIAN WIELKOPLYTOWYCH NA MOŻLIWOŚĆ OGRANICZENIA MOSTKÓW CIEPLNYCH

Według potocznych wyobrażeń wykonanie dodatkowej zewnętrznej izolacji cieplnej („docieplenia”) na ścianach z mostkami cieplnymi, np. na ścianach budynków z wielkiej płyty, ma całkowicie likwidować mostki cieplne. Takie założenie przyjęto m.in. w Instrukcji ITB nr 334/96 [1]. Nie potwierdziło się to w obliczeniach komputerowych wykonywanych przez autorów przy okazji ekspertyz; z obliczeń wynikało, że mostki cieplne na obwodzie otworów okiennych i drzwiowych nie ulegają likwidacji mimo wykonania dodatkowej zewnętrznej izolacji cieplnej. Systematyczniejszą analizę problemu przeprowadzono w 2000 r. w ramach realizacji tematu badawczego „Zasady dostosowania budynków wielkopłytowych do wymagań oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród” [2]. W artykule przedstawiono wyniki tej analizy, które potwierdzają, że w miarę pogrubiania zewnętrznej izolacji cieplnej ścian wartości niektórych liniowych współczynników przenikania ciepła wzrastają, a całkowity strumień cieplny zmniejsza się nieznacznie. Dotyczy to nie tylko mostków cieplnych na obwodzie otworów okiennych i drzwiowych, lecz także mostków w narożach wypukłych budynków. Fakt ten należy uwzględnić w projektach dodatkowej zewnętrznej izolacji cieplnej, przy czym problem wymaga dalszej analizy.

1. Wprowadzenie

Według potocznych wyobrażeń, a nawet zdaniem niektórych specjalistów, wykonanie dodatkowej izolacji cieplnej ścian od zewnątrz („docieplenie”) likwiduje całkowicie mostki cieplne. Stwierdzenie takie nie zawsze jest jednak prawdziwe.

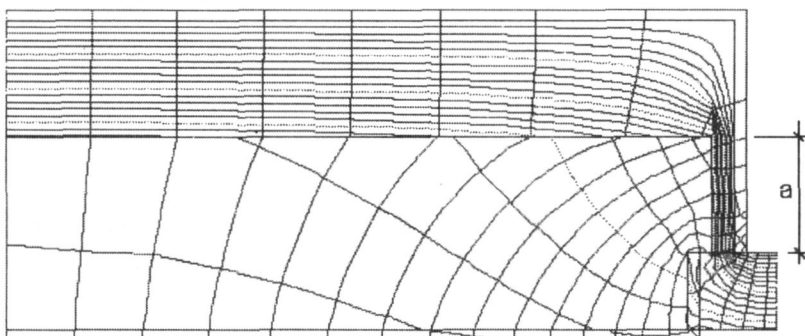
W celu przeanalizowania wpływu zewnętrznej izolacji cieplnej na możliwość ograniczenia mostków cieplnych wykonano zadanie modelowe, jak w poniższym przykładzie. Zakłada się ocieplenie ściany z cegły pełnej o grubości 25 cm od czoła styropianem o grubości zmiennej w wariantach od 6 cm do 15 cm, z pozostawieniem w ościeżu cienkiej warstwy izolacji cieplnej o grubości 3 cm. Na rysunku 1 na podstawie obliczeń kompute-

* mgr inż. – asystent w ITB

** dr inż. – adiunkt w ITB

*** prof. dr hab. inż.

rowych z zastosowaniem programu KOBRA z pakietu PHYSIBEL [3] pokazano rozkład izoterm i linii gęstości strumienia cieplnego w przekroju pasa ściany o szerokości 88,5 cm ocieplonej od czoła warstwą izolacji cieplnej: $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ o grubości 15 cm; widoczny jest układ linii strumienia cieplnego świadczący o wypływie ciepła w ościeżu.



Rys. 1. Rozkład linii gęstości strumienia cieplnego w ościeżu
Fig. 1. Distribution of heat flow density lines at the edge of window

W tabelicy 1 podano, jak w funkcji grubości izolacji zmieniają się: współczynnik przenikania ciepła U , liniowy współczynnik przenikania ciepła ψ w ościeżu i wynikowy współczynnik przenikania ciepła U_k ściany z uwzględnieniem mostków liniowych.

Tablica 1. Grubość izolacji, współczynnik przenikania ciepła U , liniowy współczynnik przenikania ciepła ψ i wynikowy współczynnik przenikania ciepła U_k
Table 1. Insulation thickness, thermal transmittance U , linear thermal transmittance ψ and resultant thermal transmittance U_k

Grubość warstwy izolacji, cm	6	8	10	12	15
U	0,48	0,39	0,325	0,28	0,23
ψ , W/(m·K)	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20
U_k , W/(m ² ·K)	0,65	0,57	0,53	0,49	0,46

Widoczne jest, że w miarę wzrostu grubości warstwy izolacji od czoła wpływ mostków cieplnych w ościeżu okiennym, wyrażony wartością liniowego współczynnika przenikania ciepła ψ , nie maleje, a wprost przeciwnie – rośnie. Wynika to z faktu, że ocieplenie od czoła ściany grubą warstwą izolacji cieplnej podnosi temperaturę podłoża i powiększa się strumień ciepła wypływający z niego przez ciekłą warstwę izolacji na obwodzie otworów.

Identyczna sytuacja wystąpi w przypadku ścian istniejących „docieplonych” od zewnątrz.

Duży udział wypływu ciepła w ościeżach w sumarycznych stratach ciepła może mieć szczególne znaczenie w przypadku ścian z dużą liczbą okien i wąskimi filarkami międzyokiennej (np. w budynkach szkolnych) oraz w budynkach mieszkalnych, jeżeli w ścianie pomieszczenia występują równocześnie okna i drzwi balkonowe. Stąd należy dążyć do zredukowania części ościeża (wymiar oznaczony na rysunku 1 jako *a*), przesuwając ościeżnicę okna w strefę ocieplenia przegrody.

W dalszej części artykułu zostały przedstawione wyniki obliczeń pól temperatury w przekrojach przez mostki cieplne w ścianach z wielkiej płyty przed dociepleniem i po dociepleniu.

2. Uwagi ogólne dotyczące systemów wielkopłytowych

Ściany zewnętrzne we wszystkich technologiach wielkopłytowych były wznoszone jako jednowarstwowe lub trójwarstwowe z wewnętrzną warstwą izolacji cieplnej ze styropianu lub z wełny mineralnej.

Budynki poligonu badawczego przyjętego do realizacji tematu badawczego NF-34 [2] zrealizowano w dwóch systemach wielkopłytowych, w których występują obydwie konstrukcje ścian zewnętrznych:

- w systemie szczecińskim, ze ścianami zewnętrznymi jednowarstwowymi,
- w systemie Wk-70, ze ścianami zewnętrznymi trójwarstwowymi.

System szczeciński

W systemie szczecińskim ściany zewnętrzne zaprojektowano jako jednowarstwowe z keramzytobetonu, o projektowanej gęstości objętościowej 1200 kg/m^3 lub 1350 kg/m^3 . Całkowita grubość tych ścian, z fakturą zewnętrzną o grubości 2,5 cm wykonaną z betonu na grubym żwirze i fakturą wewnętrzną o grubości 1,5 cm wykonaną z zaprawy cementowo-wapiennej, wynosi 36 cm w przypadku ścian samonośnych lub 40 cm w przypadku ścian nośnych. Projektowaną wartość współczynnika przenikania ciepła ścian nośnych (bez uwzględnienia mostków cieplnych) przyjmowano równą około $1,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. W wyniku badań i obserwacji budynków przeprowadzonych w latach 1971–1973 stwierdzono, że prefabrykaty były wykonywane z keramzytobetonu o zwiększonej (w stosunku do projektowanej) gęstości objętościowej, zawierającej się w przedziale od 1300 kg/m^3 do 1450 kg/m^3 , czego konsekwencją było pogorszenie współczynnika przenikania ciepła (rzeczywista wartość współczynnika przenikania ciepła była wyższa od projektowanej). Płyty stropów międzymieszkaniowych oraz loggii zaprojektowano jako prefabrykowane żelbetowe o grubości 14 cm, zaś płyty balkonowe o grubości 8 cm.

System Wk-70

W systemie W-70 i jego późniejszej modyfikacji Wk-70 ściany zewnętrzne wykonywano jako warstwowe o układzie:

- warstwa zewnętrzna fakturowa o grubości 6 cm wykonana z betonu zwykłego,
- warstwa izolacji cieplnej o grubości 6 cm wykonana ze styropianu lub wełny mineralnej,
- warstwa konstrukcyjna o grubości 8 cm lub 15 cm wykonana z betonu zwykłego.

Płyty stropowe zaprojektowano jako pełne o grubości 16 cm (Wk-70). Płyty loggiowe i balkonowe mają zmienną grubość, zmniejszającą się w kierunku zewnętrznej krawędzi płyty.

Współczynnik przenikania ciepła (bez uwzględnienia mostków cieplnych) samonośnej ściany warstwowej w przypadku zastosowania jako izolacji wełny mineralnej o wartości obliczeniowej współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,052 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ jest równy $0,71 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. W celu zapewnienia ciągłości izolacji cieplnej ścian w złączach założono stosowanie wkładek ze styropianu.

3. Mostki cieplne w ścianach z wielkiej płyty przed i po dociepleniu

3.1. Założenia

W celu ustalenia, w jaki sposób docieplenie ścian zewnętrznych wpływa na wartość liniowego współczynnika ψ , oraz na podwyższenie temperatury na wewnętrznej powierzchni ścian obu systemów, przeanalizowano następujące przypadki:

- ściany zewnętrzne przed dociepleniem,
- ściany zewnętrzne docieplone od zewnątrz styropianem o obliczeniowym współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,042 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$.

Do analizy przyjęto następujące grubości warstwy docieplającej:

- a) $d_1 = 8 \text{ cm}$,
- b) $d_2 = 14 \text{ cm}$.

Powierzchnie ościeży okiennych w obydwu przypadkach ocieplono warstwą styropianu o grubości 2 cm.

3.2. Analiza wartości liniowych współczynników przenikania ciepła ψ

Wartości współczynnika ψ , w odniesieniu do ścian zewnętrznych zostały obliczone przy przyjęciu dwuwymiarowego modelu przewodzenia ciepła, za pomocą programu BISCO [3]. Obliczenia, zgodnie z zasadą podaną w załączniku krajowym NA do PN-EN ISO 6946:1999 [4], wykonano przyjmując wymiary ścian w osiach geometrycznych przegród do nich prostopadłych.

Wyniki obliczeń zaprezentowano w odniesieniu do trzech typów mostków cieplnych:

- w połączeniu ściany zewnętrznej ze stropem – rysunek 2,
- w narożu wypukłym – rysunek 3,
- w połączeniu ściany z ościeżnicą okna drewnianego – rysunek 4.

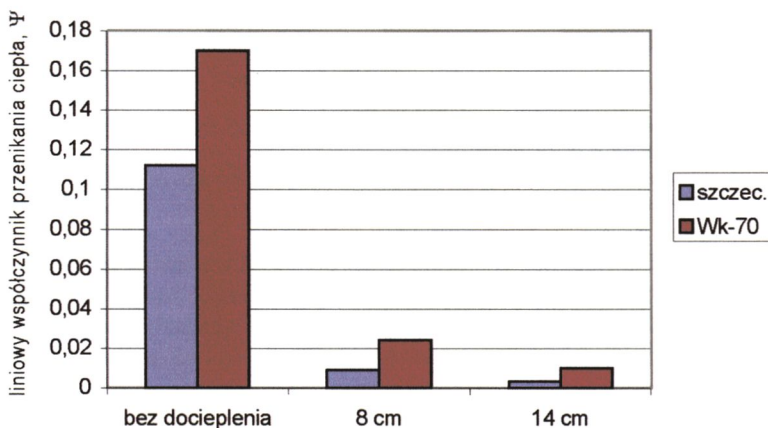
Na wykresach przedstawiono wartości współczynników przenikania ciepła ψ przed i po dociepleniu w odniesieniu do systemów szczecińskiego i Wk-70.

W odniesieniu do obu systemów docieplenie powoduje zmniejszenie wartości liniowych współczynników przenikania ciepła ψ tylko w przypadku mostka cieplnego na

złącza ściany zewnętrznej ze stropem (tak samo dzieje się w przypadku połączenia ze ścianą wewnętrzną).

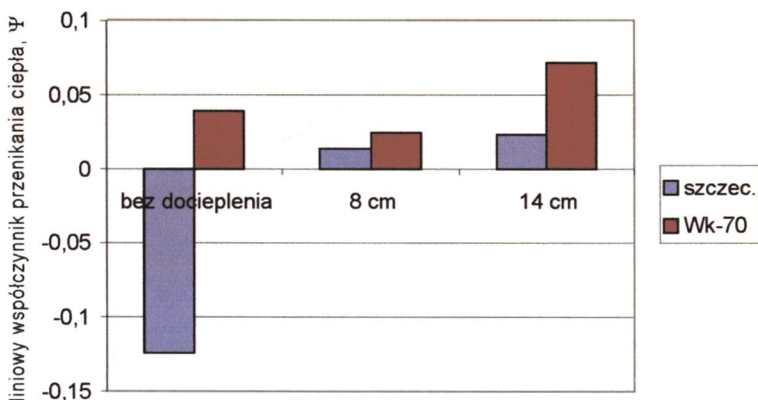
W przypadku mostków cieplnych na obwodzie otworów okiennych i drzwiowych, a także mostków w narożach wypukłych docieplenie nie powoduje zmniejszenia wartości liniowych współczynników przenikania ciepła ψ :

- w przypadku systemu szczecińskiego – w odniesieniu do obu analizowanych grubości warstwy izolacji cieplnej,
- w przypadku systemu Wk-70 – wartość współczynnika ψ wzrasta wraz ze wzrostem grubości izolacji, lecz poziom przed dociepleniem zostaje przekroczony w odniesieniu do wartości znajdującej się wewnątrz przedziału analizowanych grubości warstw docieplających.



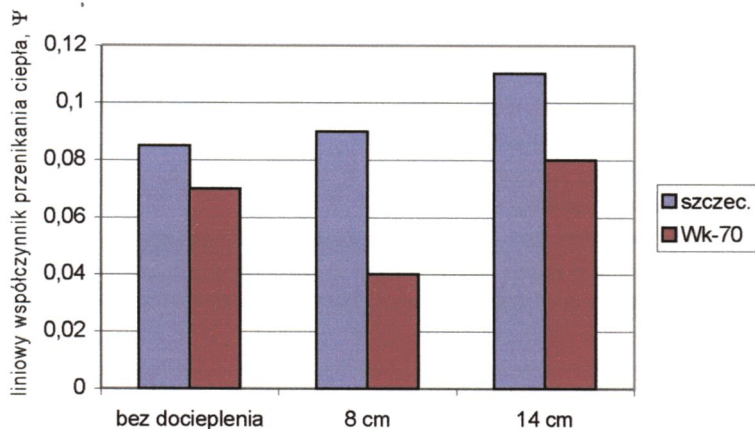
Rys. 2. Wartości ψ w odniesieniu do mostka cieplnego w połączeniu ściany zewnętrznej ze stropem

Fig. 2. ψ values with reference to the thermal bridge in the joint of external wall and floor



Rys. 3. Wartości ψ w odniesieniu do mostka cieplnego w narożu wypukłym

Fig. 3. ψ values with reference to the thermal bridge in bossed corner

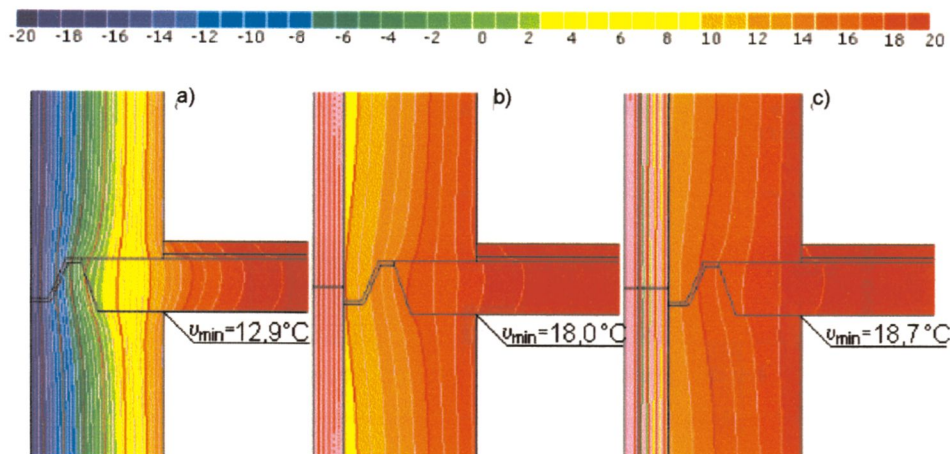


Rys. 4. Wartości ψ w odniesieniu do mostka cieplnego w połączeniu ściany z ościeżnicą okna drewnianego

Fig. 4. ψ values with reference to the thermal bridge in the join of wall and wooden window frame

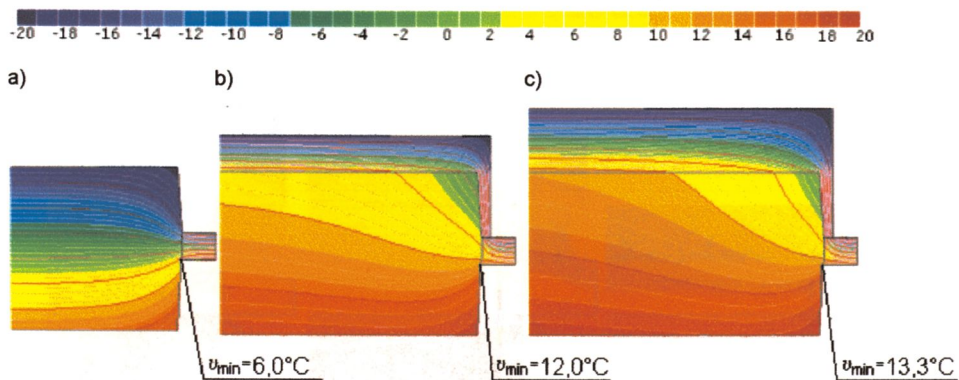
Na rysunkach 5–6 przedstawiono rozkład izoterm w obszarach występowania liniowych mostków cieplnych w ścianach systemu szczecińskiego, przed i po dociepleniu.

Na rysunkach 7–8 przedstawiono rozkład izoterm w obszarach występowania liniowych mostków cieplnych w ścianach systemu Wk-70, przed i po dociepleniu.



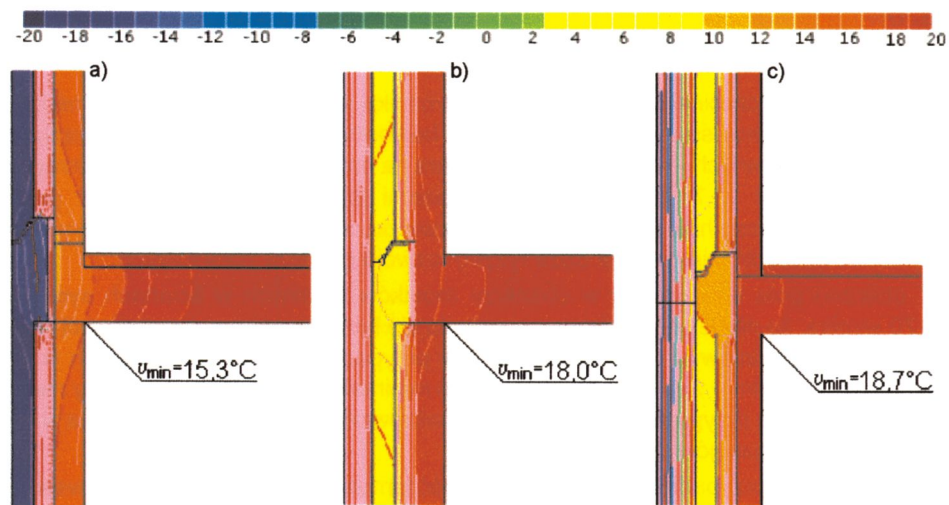
Rys. 5. Złącze jednowarstwowej ściany zewnętrznej ze stropem: a) przed dociepleniem, b) po dociepleniu warstwą o grubości 8 cm, c) po dociepleniu warstwą o grubości 14 cm

Fig. 5. Joint of external singlelayered wall and floor: a) before retrofitting, b) retrofitted using 8 cm insulation layer, c) retrofitted using 14 cm insulation layer



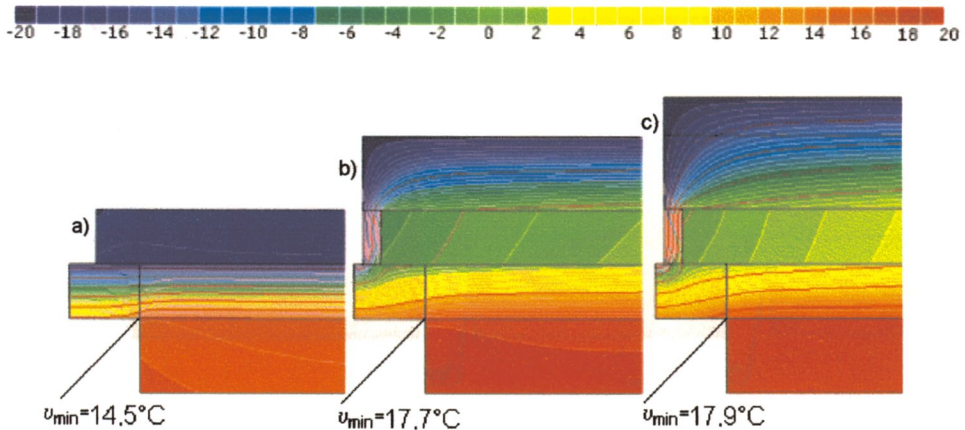
Rys. 6. Połączenie jednowarstwowej ściany zewnętrznej z ościeżnicą okna drewnianego: a) przed dociepleniem, b) po dociepleniu warstwą o grubości 8 cm, c) po dociepleniu warstwą o grubości 14 cm

Fig. 6. Joint of external singlelayered wall and wooden window frame: a) before retrofitting, b) retrofitted using 8 cm insulation layer, c) retrofitted using 14 cm insulation layer



Rys. 7. Złącze trójwarstwowej ściany zewnętrznej ze stropem: a) przed dociepleniem, b) po dociepleniu warstwą o grubości 8 cm, c) po dociepleniu warstwą o grubości 14 cm

Fig. 7. Joint of external multilayered wall and ceiling: a) before retrofitting, b) retrofitted using 8 cm insulation layer, c) retrofitted using 14 cm insulation layer



Rys. 8. Połączenie trójwarstwowej ściany zewnętrznej z ościeżnicą okna drewnianego: a) przed dociepleniem, b) po dociepleniu warstwą o grubości 8 cm, c) po dociepleniu warstwą o grubości 14 cm
 Fig. 8. Joint of multilayered wall and wooden window frame: a) before retrofitting, b) retrofitted using 8 cm insulation layer, c) retrofitted using 14 cm insulation layer

3.3. Uwagi dotyczące ryzyka występowania kondensacji na powierzchni wewnętrznej przegród zewnętrznych

W systemie szczecińskim w przypadku narożnika wypukłego, nadproża i ościeży bocznych oraz w miejscu występowania płyty balkonowej – w pięciu przypadkach na dziewięć analizowanych – minimalna temperatura na powierzchni wewnętrznej przegrody jest niższa niż 11,7 °C. Zgodnie z przepisami [5] ma ona zabezpieczać przed kondensacją powierzchniową pary wodnej. W związku z tym w budynkach wykonanych w systemie szczecińskim istnieje duże ryzyko rozwoju grzybów pleśniowych.

Z obliczeń pola temperatury w obszarze mostków cieplnych w ścianach systemu Wk-70 wynika, że niebezpieczeństwo pojawienia się kondensacji powierzchniowej i rozwoju grzybów pleśniowych jest mniejsze niż w przypadku ścian wykonywanych w systemie szczecińskim – wymagania odnośnie do minimalnej wartości temperatury nie są spełnione w trzech przypadkach na dziewięć analizowanych – i występuje głównie w obszarze nadproży i progów drzwi balkonowych.

We wszystkich przypadkach minimalna wartość temperatury t_i na powierzchni wewnętrznej przegród, w miejscu występowania mostków cieplnych, rośnie wraz ze zwiększeniem grubości warstwy docieplającej. Znacznie zmniejsza się więc niebezpieczeństwo kondensacji pary wodnej na przegrodach nieprzezroczystych i rozwoju grzybów pleśniowych – tylko w obszarze jednego mostka cieplnego (połączenia ściany zewnętrznej z płytą balkonową) nie są spełnione wymagania przepisów: $t_{\min} < t_s + 1$ K.

4. Podsumowanie

- Mostki cieplne, występujące w jednowarstwowych i trójwarstwowych ścianach zewnętrznych budynków z wielkiej płyty, w sposób znaczący wpływają na wartości współczynnika przenikania ciepła U_k tych ścian.
- Docieplenie ścian warstwą materiału izolacyjnego od zewnątrz znacznie zmniejsza ryzyko wystąpienia kondensacji pary wodnej na wewnętrznej powierzchni tych ścian, a więc również ryzyko pojawienia się w mieszkaniach zagrzybienia.
- Docieplenie ścian warstwą materiału izolacyjnego od zewnątrz w obu systemach praktycznie likwiduje wpływ mostków na przenikanie ciepła, ale tylko w węzłach konstrukcyjnych połączeń ścian zewnętrznych ze ścianami wewnętrznymi lub stropami, ma natomiast mniejszy wpływ na pozostałe rodzaje mostków, przede wszystkim mostków w ościeżach i w narożach wypukłych. W miarę zwiększania grubości warstwy izolacji wartości liniowego współczynnika przenikania charakteryzujące te mostki cieplne wzrastają.
- W świetle ostatniego spostrzeżenia należy stwierdzić, że ocena korzyści w wyniku docieplenia ścian warstwą materiału izolacyjnego od zewnątrz, dokonywana w ramach audytów energetycznych zgodnie z obecnie stosowanym algorytmem, może być zbyt optymistyczna; autorzy przewidują dalszą analizę tego problemu.

Bibliografia

- [1] Instrukcja ITB nr 334/96 Ocieplanie ścian zewnętrznych budynków metoda „lekką”. ITB, Warszawa 1996
- [2] Geryło R., Kasperkiewicz K., Pogorzelski J.A.: Zasady dostosowania budynków wielkopłytowych do wymagań oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród. Praca badawcza ITB, NF-34/00, maszynopis, biblioteka ITB
- [3] Physibel Software Guidelines (1998)
- [4] PN-EN ISO 6946:1999 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [5] Obwieszczenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 4 lutego 1999 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 1999, nr 15, poz. 140)

INFLUENCE OF AN ADDITIONAL THERMAL INSULATION ON WALLS MADE OF LARGE PANELS ON THE POSSIBILITIES OF THERMAL BRIDGES LIMITATION

Summary

According to common notions, the execution of an additional external thermal insulation on walls containing thermal bridges, for instance on walls made of large panels, should suppress those thermal bridges. Such assumption was taken in the Instruction of ITB 334/96 [1]. This assumption

was not proved in computer simulations made by authors on the occasion of technical expertises. The results of those simulations showed that thermal bridges on the edges of windows and doors were not suppressed by execution of the additional external thermal insulation. More systematic analysis was carried out in the year 2000, within the research study: „Principles of the adaptation of buildings made of great panels to the new requirements of energy conservation and thermal insulation” [2]. The results of this analysis are shown in the paper. They confirm that as increasing the thickness of the external insulating layer, values of some linear thermal transmissions coefficients increase too and the total heat flow decrease only slightly. It concerns not only thermal bridges on the edges of windows and doors openings, but also thermal bridges in the bossed corners of buildings. This fact should be taken into consideration in the projects of the external additional thermal insulation. The problem needs a further analysis.

Praca wpłynęła do Redakcji 13 XI 2001