

Adam UJMA
Politechnika Częstochowska

OCENA IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZEGRODY Z ELEWACJĄ WENTYLOWANĄ

Ściany zewnętrzne z systemami elewacyjnymi tworzącymi przestrzenie wentylowane są coraz szerzej stosowane, tak w przypadku nowych budynków, jak i modernizacji istniejących obiektów. Charakterystyczną cechą tych systemów, nie do końca właściwie uwzględnianą w obliczeniach bilansu cieplnego pomieszczeń i całego budynku, są łączniki mechaniczne przebijające izolację cieplną, stanowiące punktowe mostki cieplne. Wpływ punktowych mostków cieplnych, często wykonanych z aluminium, czyli materiału o bardzo wysokiej przewodności cieplnej, radykalnie powiększa straty ciepła przenikającego przez tego rodzaju przegrody budowlane. W artykule dokonano analizy wpływu łączników mechanicznych w systemach elewacji wentylowanych na izolacyjność przegrody zewnętrznej oraz zawarto propozycję rozwiązania umożliwiającego spełnienie wymagań warunków budowlanych na najbliższą przyszłość, to jest od roku 2021 (2019).

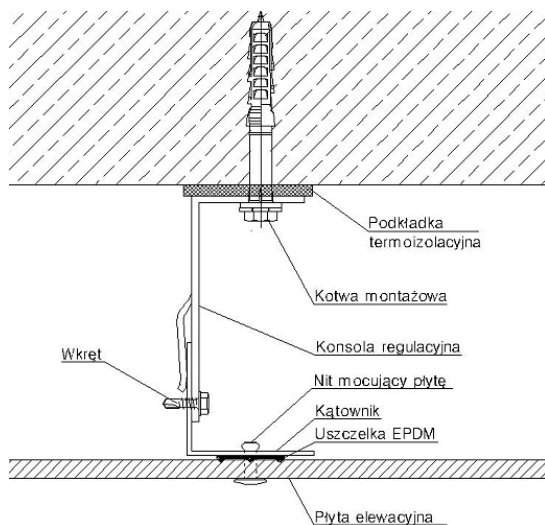
Słowa kluczowe: izolacyjność cieplna przegród budowlanych, elewacja wentylowana, łączniki mechaniczne, mostek cieplny punktowy

WPROWADZENIE

W projektach architektonicznych budynków coraz powszechniejszym rozwiązaniem stają się systemy ścienne z wentylowanymi elewacjami. Systemy te posiadają wiele zalet, m.in. chronią przed kondensacją pary wodnej dyfundującej z pomieszczeń na zewnątrz budynku, dzięki przejmowaniu pary wodnej przez powietrze wentylujące pustkę powietrzną. Pozwalają na stosowanie różnorodnych rozwiązań materiałowych na warstwę osłonową, w tym np. panele fotowoltaiczne. System zapewnia warunki nieprzeogrzewania się konstrukcji w okresie intensywnej nasłonecznienia elewacji, również dzięki wentylacji pustki powietrznej. Konstrukcje te pozwalają na stosowanie różnorodnych materiałów na warstwę izolacji cieplnej, w tym o zmiennych właściwościach fazowych. Konstrukcja wlotów powietrza do pustki powietrznej i jej przekrój pozwalają na stosowanie zmiennej, w tym regulowanej, intensywności przepływu powietrza.

Elementy osłaniające warstwę izolacji cieplnej i pustki wentylowanej od bezpośredniego oddziaływania środowiska zewnętrznego mogą być wykonane ze stali, kamienia naturalnego, szkła i innych materiałów. Konstrukcje te mocowane są na konstrukcji szkieletowej (ruszcie), która utrzymywana jest za pomocą kotew, konsol itp. komponentów, mocowanych w warstwie konstrukcyjnej (rys. 1). Ruszty

wykonywane mogą być ze stali, aluminium lub mieszane stal-drewno, aluminium-drewno. Ruszt mocowany jest z reguły do warstwy konstrukcyjnej za pomocą metalowych wsporników, aluminiowych w przypadku lżejszej elewacji i stalowych w przypadku ciężkiej elewacji. W celu ograniczenia efektu mostka cieplnego punktowego w miejscu mocowania wspornika (konsoli rusztu), do konstrukcji nośnej ściany zaleca się stosowanie podkładek termicznych, nazywanych również termo-stopami (rys. 1). Wykonane one mogą być z PVC, HPL lub innego tworzywa, z reguły o grubości w przedziale 2÷10 mm.



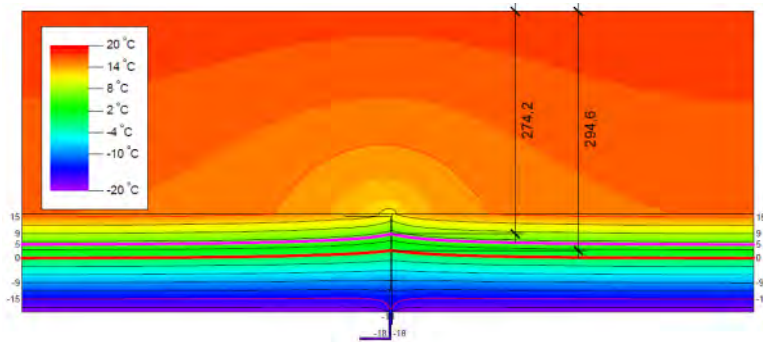
Rys. 1. Przekrój ściany z przykładową konsolą i płytą elewacyjną fasady wentylowanej [1]

Metalowy szkielet nośny, zastosowany na dużych powierzchniach ścian zewnętrznych, powinien zapewniać możliwość regulacji w trzech osiach. Jest to szczególnie ważne w przypadku montażu na niezbyt równych powierzchniach. System powinien również zapewniać możliwość przesuwu elementów, związaną z ich rozszerzalnością cieplną. Brak takiej możliwości może doprowadzić do wygięcia się profili, co z kolei może doprowadzić do uszkodzenia elewacji.

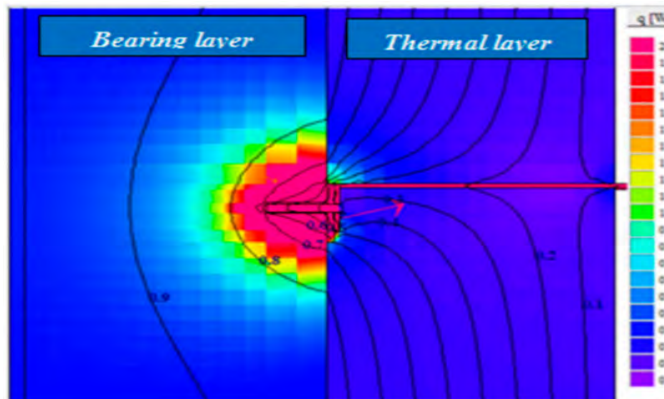
Elementy kotwiące przebijają warstwę izolacji cieplnej, z reguły wykonanej z wełny mineralnej, co wywołuje w takim miejscu efekt punktowego mostka cieplnego. Kotwy wykonane są często z aluminium, materiału charakteryzującego się bardzo dobrą przewodnością cieplną, co intensyfikuje przewodzenie ciepła, wzmacniając efekt mostka punktowego. Wpływ mostków cieplnych punktowych należy uwzględniać przy obliczaniu współczynnika przenikania ciepła i sprawdzaniu podstawowych wymagań cieplnych stawianych przegrodom zewnętrznym budynków. W obliczu zastrzanych sukcesywnie wymagań w zakresie izolacyjności cieplnej znaczącym problemem staje się znajdowanie rozwiązań konstrukcyjnych elewacji wentylowanych, które spełniłyby te wymagania.

W opracowaniu [2] zwrócono już uwagę na znaczący wpływ punktowych mostków cieplnych tworzących się na skutek przebicia stalowymi łącznikami

izolacji termicznej, w systemach ociepleniowych ETICS, na skorygowaną wartość współczynnika przenikania ciepła U_C . W zależności od metodologii obliczeniowej przy założeniu zastosowania kilku stalowych łączników na 1 m^2 ocieplenia wartość współczynnika U_C wzrasta, od kilku do kilkudziesięciu procent, w stosunku do wartości współczynnika U . Jeszcze bardziej niekorzystną sytuację można zaobserwować, kiedy warstwa izolacji cieplnej przebijana jest kotwami, do których zamocowana będzie konstrukcja osłonowa elewacji wentylowanej. Efekt mostka cieplnego wyraźnie ilustrują wizualizacje zaczerpnięte z opracowań [3, 4].



Rys. 2. Wizualizacja izoterm w przekroju ściany zewnętrznej z konsolą fasady wentylowanej [3]



Rys. 3. Wizualizacja przepływu ciepła i gęstości strumienia ciepła w miejscu konsoli fasady wentylowanej [4]

W literaturze można znaleźć opracowania opisujące przede wszystkim warunki, jakie powinny spełniać poszczególne komponenty i cały system oraz warunki techniczne wykonania elewacji [5, 6]. Mowa jest m.in. o tym, iż konsole do mocowania rusztu mogą mieć długość 200, 300 mm i więcej, co podyktowane jest rosnącymi wymaganiami w zakresie izolacyjności cieplnej [7]. Brak jest natomiast szczegółowych wytycznych projektowych elewacji wentylowanych z zakresu charakterystyki energetycznej i spełnienia wymagań z obszaru właściwości ciepłno-wilgotności-

wych. Praktycznie nie jest możliwe uzyskanie informacji technicznych w zakresie wartości punktowych mostków cieplnych od łączników i kotew przebijających warstwę izolacji cieplnej. Wytyczne ETAG 0034 [5] podają jedynie, iż pod względem cieplnym opór cieplny R układu konstrukcyjnego oblicza się przy wykorzystaniu norm:

- PN-EN ISO 6946: Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania.
- PN-EN ISO 10211: Mostki cieplne w budynkach - Strumienie ciepłe i powierzchniowe.

Konieczność precyzyjnego uwzględniania wpływu mostków cieplnych na przepływ ciepła w systemach elewacji wentylowanej akcentują m.in. autorzy pracy [8]. Z kolei w innych badaniach konstrukcji elewacji wentylowanej, pod kątem wpływu różnych parametrów cieplnych i konstrukcyjnych poszczególnych komponentów systemu elewacji wentylowanej na wymianę ciepła, stwierdzono, iż mostki cieplne punktowe powodują wzrost wartości współczynnika przenikania ciepła ściany U nawet o ponad 30% [3]. Informacje techniczne podawane czy to w aprobach technicznych, czy materiałach informacyjnych kilku firm są nie do końca zrozumiałe i bardzo nieścisłe. Przykładowo w aprobacie technicznej AT-15-9158/2013 [9] podane zostało zestawienie wartości współczynników przenikania ciepła różnych rozwiązań konstrukcyjnych ściany zewnętrznej z okładziną elewacyjną, przy założeniu grubości warstwy izolacji cieplnej z wełny mineralnej od 10 do 20 cm. Wymienione zostały tam wartości współczynnika U , czyli bez uwzględnienia punktowych mostków cieplnych oraz z uwzględnieniem punktowych mostków cieplnych U_C . W zestawieniach tych wartość współczynnika U_C w stosunku do wartości U wzrasta znacząco (do 90%). Zamieszczono w tej aprobacie również wartości współczynnika U bez zastosowania i z zastosowaną podkładką termoizolacyjną pod łączniki mechaniczne. Wpływ podkładki termicznej o grubości 1 cm i przewodności $\lambda = 0,07$ W/(m K) we wszystkich przytoczonych przypadkach powoduje obniżenie wartości współczynnika U_C średnio o $0,05$ W/(m² K). Niestety, we wspomnianej aprobacie brak jest informacji mówiącej o przyjętej w obliczeniach liczbie konsoli systemu elewacyjnego, przebijających izolację cieplną, na 1 m² przegrody. Nie wiadomo również, czy uwzględniono w obliczeniach łączniki mechaniczne do mocowania samej wełny mineralnej, przebijające warstwę izolacji cieplnej.

Okazuje się, iż aktualnie projektanci niejednokrotnie nie dysponują wiarygodnymi danymi odnośnie do wartości współczynnika przenikania ciepła punktowych mostków cieplnych. Wyraźnie brakuje im również narzędzi w postaci katalogu lub innych wiarygodnych wytycznych czy zestawień wartości punktowego mostka cieplnego dla najczęściej spotykanych rozwiązań konstrukcyjnych systemów elewacji wentylowanej. W związku z tym wskazane byłoby stworzenie tego rodzaju narzędzi wspomagających proces projektowania, tak jak ma to miejsce w przypadku różnych opracowań, zestawień i programów komputerowych pozwalających uwzględnić w obliczeniach cieplnych budynków liniowe mostki cieplne.

We wnioskach w opracowaniu [8] stwierdza się, iż pomijanie efektu punktowego mostka cieplnego w lekkich systemach elewacji wentylowanej prowadzi do zna-

czącego niedoszacowania rzeczywistych strat ciepła z pomieszczeń ogrzewanych. Mostki cieplne punktowe w systemach elewacyjnych tworzą niejednokrotnie bardzo złożone układy i stąd stwarzają problemy z poprawnym ich uwzględnieniem w obliczeniach przepływu ciepła. W analizowanych przykładach, w pracy [10] stwierdzono, iż wielkość niedoszacowania przepływu ciepła, jeżeli nie uwzględnia się punktowych mostków cieplnych, kształtuje się w przedziale od 5 do 20%.

Przedstawiona sytuacja może mieć bardzo duże znaczenie w sytuacji wdrażania w polskiej praktyce projektowej zasad wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku. Pojawiają się zastrzeżenia co do jakości opracowywania charakterystyki energetycznej w opracowaniach projektowych. Dodatkowo jakość tych opracowań obniżają problemy z poprawnym uwzględnianiem wpływu punktowych mostków cieplnych na straty ciepła. Należy mieć świadomość, iż mostki cieplne mogą mieć coraz większy udział w wyznaczonej wartości zapotrzebowania na moc grzewczą czy wskaźników zapotrzebowania na ciepło na potrzeby ogrzewania pomieszczeń i budynków. Zgodnie z aktualnymi wymaganiami technicznymi budowlanymi, ściany zewnętrzne pomieszczeń z temperaturą $\geq 16^{\circ}\text{C}$ muszą charakteryzować się skorygowaną wartością współczynnika przenikania ciepła (uwzględniającą m.in. wpływ łączników mechanicznych przebijających warstwę izolacji cieplnej na straty ciepła) $U_C \leq 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, w pomieszczeniach z temperaturą w przedziale $8^{\circ}\text{C} \leq t_i < 16^{\circ}\text{C}$ należy spełnić kryterium - $U_C \leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, a w przypadku temperatury $\leq 8^{\circ}\text{C}$ współczynnik U_C musi osiągnąć wartość $\leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ [11].

1. PRZYJĘTA DO ANALIZY KONSTRUKCJA ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ

Do obliczeń przyjęto fasadę wentylowaną (rys. 1) przy założeniu zmiennej grubości warstwy izolacji cieplnej od 10 cm do 25 cm wełny mineralnej o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,034 \text{ W}/(\text{m K})$. Przyjęto stałą grubość warstwy konstrukcyjnej 20 cm, ale przy kilku wariantach przewodności cieplnej materiału tej warstwy od $\lambda = 0,50$ do $2,00 \text{ W}/(\text{m K})$ oraz zmiennej przewodności cieplnej materiału warstwy izolacji cieplnej od $\lambda = 0,025$ do $0,040 \text{ W}/(\text{m K})$.

Obliczenia wykonano, przyjmując metodologię z normy PN EN ISO 6946, do wyznaczenia skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła U_C . Wykorzystano w nich zależność przytoczoną w pracy [4] na określenie wartości punktowego mostka cieplnego od konsoli systemów elewacyjnych.

Wełna mineralna montowana jest do warstwy konstrukcyjnej za pomocą łączników mechanicznych o średnicy 5 mm, wykonanych ze stali węglowej, z trzpieniem rozporowym z tworzywa sztucznego.

Założono montowanie płyt elewacyjnych do warstwy konstrukcyjnej za pomocą konsoli aluminiowej o grubości 3 mm, o zmiennej długości dostosowanej do grubości warstwy izolacji cieplnej i wysokości 40 mm. Konsole z kolei montowane są do warstwy konstrukcyjnej za pomocą odpowiednich kotew dla danego rodzaju materiału podłoża. W miejscu mocowania konsoli aluminiowej do podłoża przewidziano podkładkę izolacyjną.

2. ZASADY OBLICZEŃ IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ PRZEGRODY BUDOWLANEJ

Obliczenia izolacyjności cieplnej ściany zewnętrznej przeprowadzono w oparciu o metodologię normy PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania. Zgodnie z wytycznymi warunków technicznych budowlanych, izolacyjność cieplna przegrody zewnętrznej wyrażona musi być w postaci skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła U_C . W przypadku ścian zewnętrznych należy uwzględnić wpływ szczelności i wpływ łączników mechanicznych z trzpieniami metalowymi, tworzącymi punktowe mostki cieplne oraz kotew, profili czy innych elementów metalowych przebijających warstwę izolacji cieplnej, na wartość współczynnika przenikania ciepła ocieplanej przegrody budowlanej U :

$$U_C = U + \Delta U$$

gdzie:

U_C - skorygowana wartość współczynnika przenikania ciepła [$W/(m^2 K)$],

U - współczynnik przenikania ciepła uwzględniający opory cieplne warstw przegrody [$W/(m^2 K)$],

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f$$

gdzie: ΔU_g , ΔU_f - poprawki z uwagi na: pustki powietrzne i łączniki mechaniczne w warstwie izolacji cieplnej [$W/(m^2 K)$].

W przypadku analizowanej przegrody budowlanej założono brak szczelności w warstwie izolacji cieplnej, w związku z czym nie uwzględniono poprawki ΔU_g . Natomiast uwzględniono wpływ łączników mechanicznych w skorygowaną wartość współczynnika przenikania ciepła U_C . W normie PN-EN ISO 6946 podano, że nie należy stosować poprawki ΔU_f w przypadku łączników wykonanych z materiału o przewodności cieplnej mniejszej od $1 W/(m K)$. Z czego wynika, iż nie trzeba jej wyznaczać w przypadku łączników z tworzywa sztucznego, ale bezwzględnie należy w przypadku łączników metalowych, dla których $\lambda \gg 1 W/(m K)$. Wartość poprawki ΔU_f określana jest według wzoru:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_l}{R_{T,h}} \right)^2$$

gdzie:

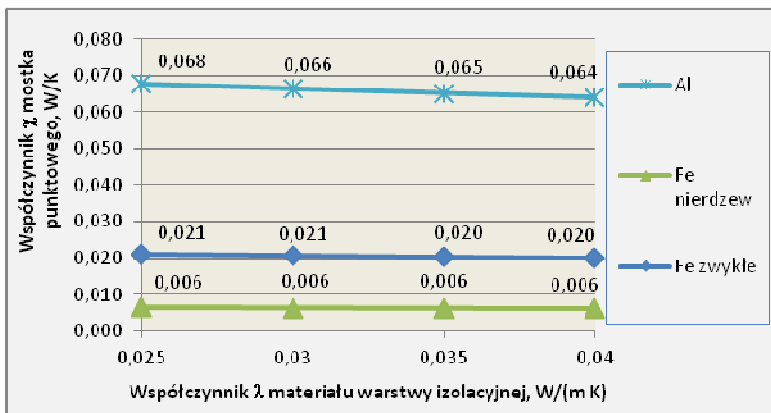
$\alpha = 0,8$, jeżeli łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji,

$\alpha = 0,8 \frac{d_1}{d_0}$, w przypadku łącznika wpuszczonego w izolację, czyli przebijającego

izolację na części grubości tej warstwy [-],

λ_f - przewodność cieplna materiału łącznika [W/(m K)],
 n_f - liczba łączników na 1 m²,
 A_f - pole przekroju poprzecznego jednego łącznika [m²],
 d_0 - grubość warstwy izolacji cieplnej z łącznikiem [m],
 d_1 - długość łącznika przechodzącego przez izolację cieplną [m],
 R_1 - opór cieplny warstwy izolacji cieplnej przebitej przez łącznik [m² K/W].

Z obliczeń wynika znaczna różnica w wartości współczynnika χ w zależności od zastosowanego materiału konsoli (rys. 4). Najniższe wartości uzyskuje się dla konsoli wykonanej ze stali nierdzewnej. Zwraca uwagę również praktycznie brak wpływu współczynnika przewodności cieplnej materiału warstwy izolacji cieplnej na wartość współczynnika χ .



Rys. 4. Zależność współczynnika przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego χ od przewodności cieplnej materiału warstwy izolacji cieplnej przy różnym rodzaju materiału konsoli

Pewien wpływ na wartość współczynnika χ ma wartość przewodności cieplnej materiału warstwy konstrukcyjnej, przy czym ma to znaczenie w szczególności w przypadku konsoli wykonanej z aluminium (rys. 5).

W obliczeniach przyjęto łączniki mechaniczne o średnicy 5 mm, do mocowania płyt wełny mineralnej w ilości 4 szt. na 1 m² przegrody i konsole aluminiowe lub ze stali, o przekroju poprzecznym (3x40 mm) w ilości 2 i 3 szt. na 1 m² przegrody.

Założono dla łączników mechanicznych ze stali, przebijających warstwę wełny mineralnej, współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 50$ W/(m K), a w przypadku konsoli aluminiowych, dla aluminium, $\lambda = 160$ W/(m K). W obliczeniach założono 1,5 cm warstwę tynku cementowo-wapiennego na wykończenie ściany zewnętrznej od strony pomieszczenia.

Do analizy z opracowania [4] zaczerpnięto zależność na wyznaczenie współczynnika przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego χ w W/K:

$$\chi = 0,041 + 0,014 \ln(\lambda_{kon}) - 0,025 d_{kon} - 0,016 \lambda_{izo} + 0,022 d_{izo}$$

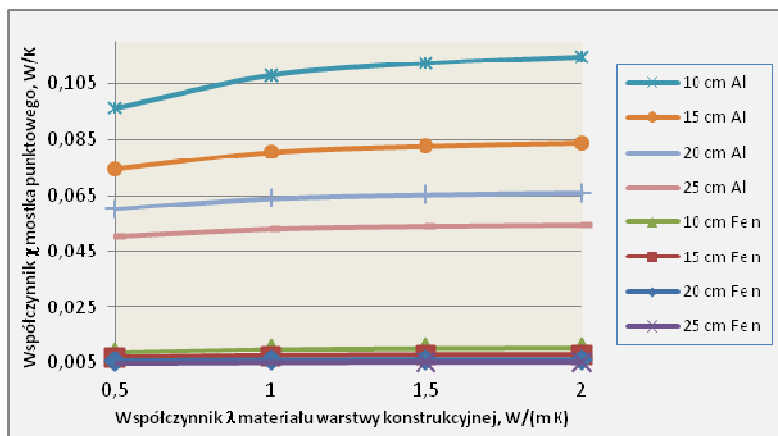
gdzie:

λ_{kon} - współczynnik przewodności cieplnej materiału warstwy konstrukcyjnej [W/(m K)],

d_{kon} - grubość warstwy konstrukcyjnej [m],

λ_{izo} - współczynnik przewodności cieplnej materiału warstwy termoizolacyjnej [W/(m K)],

d_{izo} - grubość warstwy termoizolacyjnej [m].



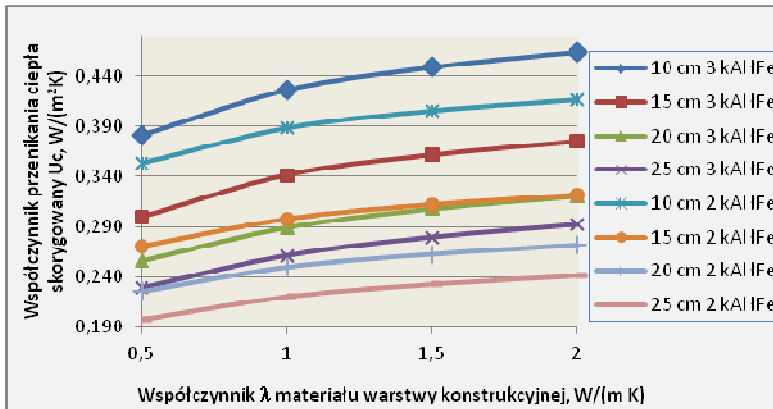
Rys. 5. Zależność współczynnika przenikania ciepła punktowego mostka ciepłego χ od przewodności cieplnej materiału warstwy konstrukcyjnej przy różnej grubości warstwy izolacji cieplnej i materiału konsoli

Ponieważ powyższą zależność wyprowadzono z badań dla konsoli/łączników aluminiowych o przekroju 3x40 mm z podkładką termiczną, zastosowanie jej jest ograniczone. Z pewnością innymi parametrami będą charakteryzowały się łączniki o innym przekroju, jak również wykonane z innego materiału.

Z przeprowadzonej analizy wynika, iż wartości współczynnika przenikania ciepła punktowego mostka ciepłego χ od konsoli aluminiowej zależą m.in. od wartości przewodności cieplnej materiału warstwy konstrukcyjnej i są znacznie większe niż otrzymane z zależności z opracowania [4]. Potwierdzają się tym sposobem wnioski z innych opracowań dotyczących analizowanego zagadnienia o potencjalnie dużej niedokładności wyznaczania współczynnika χ łączników aluminiowych w zależności od przyjętych wytycznych.

Potwierdza to również podkreślaną niejednokrotnie w różnych źródłach potrzebę wyznaczania parametrów punktowych mostków ciepła przy wykorzystaniu np. metodologii normy PN-EN ISO 10211: Mostki cieplne w budynkach - Strumienie cieplne i powierzchniowe.

Obliczono również wartości skorygowane współczynnika przenikania ciepła U_C dla analizowanej konstrukcji ściany z elewacją wentylowaną przy założeniu uwzględnienia mostków cieplnych punktowych od konsoli aluminiowych i łączników stalowych (rys. 6).



Rys. 6. Zależność współczynnika przenikania ciepła U_C od przewodności cieplnej materiału warstwy konstrukcyjnej przy różnej grubości warstwy izolacji cieplnej przy założeniu 2 i 3 konsoli aluminiowych oraz łączników stalowych

Z przedstawionych obliczeń wynika, iż bardzo trudno jest spełnić aktualne i planowane do uzyskania w najbliższych latach zastrzone wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej ścian zewnętrznych dla pomieszczeń z temperaturą obliczeniową $\geq 16^\circ\text{C}$. Jedynie 20÷25-centymetrowe warstwy izolacji cieplnej, wykonane z materiału o bardzo niskiej przewodności cieplnej i to przy minimalnej liczbie konsoli, są w stanie zapewnić izolacyjność na wymaganym poziomie.

PODSUMOWANIE

W ostatnim okresie szczególną wagę przykładają się do zapewnienia jak najlepszej izolacyjności cieplnej przegród budowlanych, co w efekcie przekłada się na obniżenie zapotrzebowania na moc grzewczą i ciepło całego budynku. Dotyczy to tak budynków nowo powstających, jak też podlegających modernizacji.

Systemy elewacji wentylowanych są coraz częściej stosowane. Posiadają wiele zalet, jednak charakteryzują się również istotną wadą, jaką jest powstawanie efektu punktowego mostka cieplnego w miejscu przebicia izolacji cieplnej konsolami, łączącymi warstwę konstrukcyjną z elewacją. Problem ten staje się szczególnie znaczący w obliczu zastrzeganych wymagań technicznych w zakresie izolacyjności cieplnej, planowanych na lata 2017, (2019) 2021. Należy kontynuować poszukiwania w zakresie nowych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych dla ścian z elewacjami wentylowanymi. Należałoby rozpatrzyć możliwość zastosowania materiałów na warstwę izolacji cieplnej o przewodności cieplnej $\leq 0,030 \text{ W/(m K)}$. Do mocowania elewacji należy wdrażać konsole ze stali, w tym nierdzewnej, charakteryzującej się znacznie niższą przewodnością cieplną niż aluminiowe. Również do montażu izolacji cieplnej zamiast łączników ze stali zwykłej należałoby wprowadzać na szerszą skalę łączniki ze stali nierdzewnej.

W przypadku zastosowania konsoli aluminiowych należy stosować podkładki termiczne oraz poszukiwać nowych rozwiązań podkładek termicznych i osłon w miejscu montażu konsoli do warstwy konstrukcyjnej w celu zminimalizowania efektu punktowego mostka cieplnego.

LITERATURA

- [1] Materiały techniczne na stronie <http://www.copal.com.pl/plytyelewacyjne.html>
- [2] Ujma A., Zjawiska ciepłno-wilgotnościowe uwzględniane w projektowaniu przegród budowlanych, *Izolacje* 2013, 5(176), 14-19
- [3] Katalog produktów 2016. AGS Sp. z o.o., Warszawa 2016, 8.
- [4] Šadauskienė J., Ramanauskas J., Šeduikytė L., Daukys M., Vasylius A., Simplified Methodology for Evaluating the Impact of Point Thermal Bridges on the High-Energy Performance of a Passive House, *Sustainability* 2015, 7, 16687-16702.
- [5] ETAG 034, „Zestawy do wykonywania okładzin ścian zewnętrznych”.
- [6] Schabowicz K., Szymków M., Elewacje wentylowane z płyt włókno-cementowych w ujęciu prawnym, *Izolacje* 2015, 9, 60-64.
- [7] Schabowicz K., Szymków M., Elewacje wentylowane z płyt włókno-cementowych na podkonstrukcji aluminiowej, *Materiały Budowlane* 2016, 9, 28-30.
- [8] Kulczewska S., Jezierski W., Analiza rozwiązań złożonych mostków termicznych pod względem udoskonalania ich parametrów cieplnych, *Budownictwo i Architektura* 2016, 15(3), 99-106.
- [9] Aprobata techniczna AT-15-9158/2013 Zestaw wyrobów do wykonywania wentylowanych okładzin elewacyjnych ISOVER-EQUITONE, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2013.
- [10] Theodoros G. Theodosiou, Aikaterini G. Tsikaloudaki, Karolos J. Kontoleon, Dimitrios K. Bikas, Thermal bridging analysis on cladding systems for building facades, *Energy and Buildings* 2015, 109, 377-384.
- [11] Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

EVALUATION OF PARTITION THERMAL INSULATION IN VENTILATED FACADE

The facades of buildings constituting the outer shell external wall with a layer of air ventilated, are more widely used, as in the case of new buildings, which the modernization of existing facilities. The distinctive feature of these systems is the use of mechanical fasteners, thermal insulation piercing, which point thermal bridges. Thermal bridges are often made of aluminum, radically increases the loss of heat transmitted by this kind of barrier construction. The impact of these point thermal bridges is not entirely accurately and properly taken into account in the calculation of thermal insulation throughout the building partition. The article analyzes the impact of mechanical fasteners systems ventilated facade insulation on the external partition. Drew attention to the directions of the search for new solutions to material and design of this type of envelope.

Keywords: thermal insulation of building partitions, ventilated facade, mechanical fasteners, thermal bridge point