

Adam Ujma

ANALIZA WPŁYWU PUNKTOWYCH MOSTKÓW CIEPLNYCH NA IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNĄ SYSTEMU ETICS

Wprowadzenie

System ocieplenia przegród zewnętrznych, przede wszystkim ścian zewnętrznych, polegający na zastosowaniu izolacji cieplnej od strony zewnętrznej, odpowiednio zamocowanej i zabezpieczonej przed działaniem czynników zewnętrznych, z wykorzystaniem tzw. mokrych procesów technologicznych, określany był do niedawna terminem „technologia lekka mokra”. Następnie przyjęto dla niego określenie „bezsponinowy system ocieplania” (BSO). Z kolei obecnie wdrażany jest termin „złożony system zewnętrznej izolacji cieplnej” ścian zewnętrznych, w skrócie ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*). W związku z powyższym, w pojawiających się obecnie publikacjach, materiałach technicznych i informacyjnych dotyczących ocieplania przegród zewnętrznych wykorzystywane są zamiennie ww. określenia, chociaż zgodnie z ostatnio opracowanymi normami i przepisami poprawny jest termin ostatni, czyli system ETICS. Stosowanie skrótu BSO w różnego rodzaju instrukcjach i wytycznych, będącego polskim określeniem systemu, wydaje się również dopuszczalne, na równi z określeniem ETICS.

Podstawowe wytyczne budowlane oceny przydatności zastosowania systemu ociepleniowego ETICS, zgodne z Dyrektywą 89/106/EWG, sformułowane zostały w wytycznych do Europejskich Aprobatach Technicznych (ETA) systemów ocieplania ścian zewnętrznych ETAG 004:2008 - „Złożone systemy izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi ETICS” [1].

W krajowych Zaleceniach Udzielania Aprobatach Technicznych (ZUAT-15/V.03.2010 „Zestawy wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych z zastosowaniem styropianu jako materiału termoizolacyjnego i pocienionej wyprawy elewacyjnej (ETICS)” [2] oraz ZUAT-15/V.04.2003 „Zestawy wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych z zastosowaniem wełny mineralnej jako materiału termoizolacyjnego i pocienionej wyprawy elewacyjnej” [3] (w opracowaniu pr. ZUAT-15/V.04.2010) podane zostały wytyczne dotyczące podstawowych właściwości technicznych wyrobów stosowanych w systemie ETICS, pakowania, prze-

chowywania i transportu oraz zasad i procedur przeprowadzania oceny zgodności, w celu wystawienia przez producenta wyrobu krajowej deklaracji zgodności z Aprobata Techniczną.

Równolegle funkcjonują dwie normy opisujące właściwości systemu oraz podające procedury badania, znakowania i etykietowania wyrobów stosowanych w systemach ETICS:

- PN-EN 13499:2005 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Zewnętrzne zespolone systemy ocieplania (ETICS) ze styropianem. Specyfikacja.
- PN-EN 13500:2005 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Zewnętrzne zespolone systemy ocieplania (ETICS) z wełną mineralną. Specyfikacja.

Ponieważ wymienione normy nie zostały zharmonizowane z Dyrektywą 89/106/EWG, stosowanie się do nich nie jest obowiązkowe, a przeprowadzenie oceny zgodności według zawartych w nich wytycznych nie daje prawa do oznakowania wyrobów symbolem CE.

1. Zastosowanie systemu ETICS

System ETICS przewidziany został do stosowania na pionowych powierzchniach ścian zewnętrznych w budynkach nowych lub poddawanych pracom termomodernizacyjnym. Technologię tę można zastosować również do ocieplania nachylonych ścian zewnętrznych lub poziomych stropów nad przejazdami, arkadami, podcieniami, loggiami oraz płyt balkonowych (od spodu płyty) itp., pod warunkiem zabezpieczenia materiałów przed działaniem wód opadowych.

Wytyczne [1] zakładają uzyskanie oporu cieplnego przegrody po zastosowaniu systemu ETICS o wartości nie mniejszej niż $1 \text{ m}^2\text{K/W}$. Należy zwrócić uwagę na fakt, że jest to wymóg dosyć minimalistyczny w stosunku do wymagań wynikających z polskich przepisów, zarówno budowlanych (warunków technicznych), jak i przepisów ustawy wspierającej przedsięwzięcia termomodernizacyjne i remontowe. Zgodnie z zapisami ostatniego wymienionego dokumentu, po dociepleniu przegrody zewnętrznej wymagane jest uzyskanie oporu na poziomie minimum 4,0 i 4,5 $\text{m}^2\text{K/W}$, odpowiednio - dla przegród zewnętrznych pionowych i poziomych.

Zależnie od sposobu mocowania do podłoża materiału ociepleniowego w wytycznych [1] rozróżnia się cztery przypadki izolowania cieplnego przegród:

1. Klejone

- warstwa ociepleniowa jest wyłącznie przyklejona do podłoża na całej powierzchni lub częściowo, w pasmach na obwodzie płyt materiału i plackami;
- obciążenie konstrukcji nośnej systemem przekazywane jest wyłącznie przez warstwę kleju;

2. Klejone z dodatkowym mocowaniem mechanicznym

- warstwa ociepleniowa przyklejona do podłoża jak w układzie wyżej wymienionym (wyłącznie klejony);

- połączenia mechaniczne stosuje się przede wszystkim w celu zapewnienia stabilności układu do momentu związania zaprawy lub masy klejącej i zabezpieczenia przed odpadnięciem;
 - łączenie mechaniczne pełni funkcję czysto technologiczną; może zapewniać również okresową stabilność układu na wypadek pożaru;
 - obciążenie konstrukcji nośnej systemem przekazywane jest przede wszystkim przez warstwę kleju;
3. **Mocowane mechanicznie z dodatkowym klejeniem**
- zaprawa lub warstwa kleju ma za zadanie przede wszystkim stworzenie równej powierzchni przylegania materiału ociepleniowego do podłoża;
 - łączniki mechaniczne mają za zadanie przeniesienie obciążenia na konstrukcji nośnej systemem ociepleniowym;
4. **Mocowane wyłącznie mechanicznie**
- warstwa ociepleniowa nie jest przyklejana;
 - obciążenie konstrukcji nośnej systemem są przenoszone wyłącznie przez łączniki mechaniczne.

2. Wybrane wymagania stawiane systemowi ETICS

Zgodnie z wytycznymi [1], system ociepleniowy powinien zachować stateczność (brak rys, zarysowań i utrzymanie przyczepności do podłoża) pod działaniem nakładających się naprężeń wywołanych tzw. normalnymi oddziaływaniami, czyli od: ciężaru własnego, wahań temperatury i wilgotności oraz skurczu, a także innymi oddziaływaniami pochodzącymi od ruchów budynku i działania wiatru (przede wszystkim w rezultacie powstających wówczas sił ssących i wibracji). System musi być oczywiście odporny na naprężenia mechaniczne związane z normalnym jego użytkowaniem. W szczególności powinien zachować swoje właściwości w środowisku, gdzie w pobliżu odbywa się ruch środków komunikacyjnych, mogący wywoływać przenoszenie na system wibracji, dochodzi wówczas do odpryskiwania wody deszczowej czy kawałków lodu itp. Również oparcie sprzętu wykorzystywanego do prac konserwatorskich w otoczeniu budynku nie powinno spowodować przebicia wyprawy wykończeniowej czy też inicjować proces jej zniszczenia.

Ocieplenie przegrody systemem ETICS nie powinno dopuszczać do filtracji i podciągania wody z gruntu i przenoszenia jej do innych komponentów budynku. System powinien być również odporny na oddziaływanie wody deszczowej i śniegu i zabezpieczać przed ich penetracją w głąb przegrody budowlanej.

We wnętrzu przegrody, a w szczególności w warstwach wykończenia zewnętrznego, nie należy dopuszczać do kondensacji pary wodnej. Zjawisko to jest niebezpieczne dla konstrukcji przegrody, zarówno w okresie zimowym, kiedy może dochodzić do zamarzania kondensatu, jak i w okresie letnim, kiedy może następować jego intensywne odparowanie. Oba te procesy przyczyniają się do naruszenia struktury materiałów wykończeniowych oraz połączeń warstw. Z kolei zawilgoce nie materiału izolacyjnego pogarsza jego właściwości termoizolacyjne i parametry

cieplne całej przegrody. W związku z tym, projektując zgodnie z wytycznymi systemu ETICS, należy uwzględnić właściwości wszystkich elementów przegrody budowlanej oraz zadbać o właściwy dobór i zastosowanie materiałów tak, aby nie dopuścić w trakcie eksploatacji przegrody do zainicjowania i rozwoju procesu wewnętrznej kondensacji pary wodnej. Problem ten dotyczy przegród zewnętrznych w różnych budynkach, a w szczególności obiektów z wysokim poziomem zawilgoce-
nia powietrza, tj.: basenów, łaźni, pralni, budynków przemysłowych z mokrymi procesami technologicznymi itp.

Ocieplenie przegrody w systemie ETICS pozwala obniżyć zapotrzebowanie na energię na potrzeby ogrzewania (okres zimowy) i chłodzenia pomieszczeń (okres letni). Grubość warstwy izolacji cieplnej określona w projekcie powinna wynikać z warunku spełnienia odpowiednich wymagań, przede wszystkim przepisów nadrzędnych, dotyczących maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej U_{max} , wynikającej z warunków technicznych budowlanych (DzU z 2008 r., Nr 201, poz. 1238) (odnosi się to w szczególności do budynków nowych); lub innych, podrzędnych przepisów, dotyczących np.:

- minimalnej wartości oporu cieplnego przegrody budowlanej R_{min} , poddawanej termomodernizacji lub remontowi i równocześnie spełniającej wymóg uzyskania optymalnej wartości oporu cieplnego przegrody budowlanej R_{opt} , wynikającej z wytycznych dotyczących wykonywania audytu energetycznego lub audytu remontowego (DzU z 2009 r., Nr 43, poz. 346) (odnosi się to do budynków istniejących, poddawanych remontowi lub modernizacji);
- dopuszczalnej, minimalnej wartości oporu cieplnego lub dopuszczalnej maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła, wynikającej z innych wytycznych, np. związanych z budownictwem niskoenergetycznym, pasywnym, zeroenergetycznym lub systemami i programami dofinansowania budownictwa ukierunkowanymi na zminimalizowanie zużycia ciepła, poprawę efektywności jego wykorzystania lub termomodernizacji budynków.

W wytycznych - Europejskie Aprobaty Techniczne - dotyczących łączników mechanicznych ETAG 014:2002 (z 2003 r.) - „Łączniki tworzywowe do mocowania warstwy izolacyjnej ociepleń warstw zewnętrznych” [4], sformułowane zostały wymagania odnośnie do oceny łączników tworzywowych do mocowania systemów izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi, na podłożach betonowych (z betonu zwykłego, lekkiego lub komórkowego) i podłożach murowanych (z elementów ceramicznych, betonowych, silikatowych itp.). Wytyczne [4] odnoszą się do łączników tworzywowych o średnicy minimum 5 mm, mocowanych w elementach konstrukcyjnych o grubości nie mniejszej niż 10 cm.

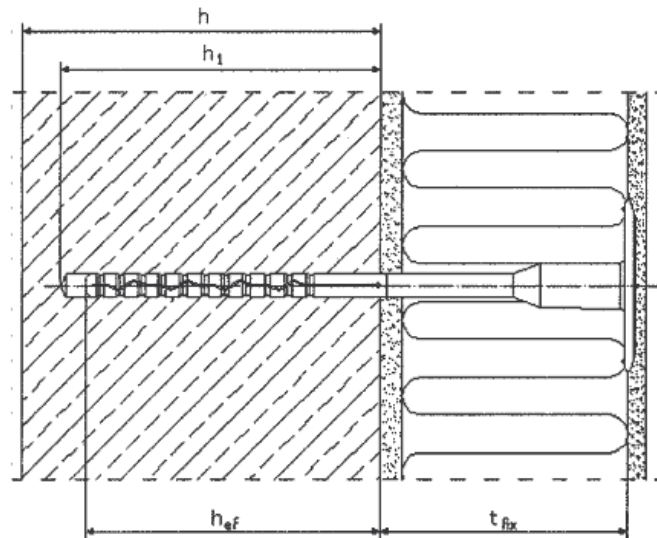
Zgodnie z wytycznymi [4], stosowane mogą być dwa rodzaje łączników mechanicznych:

- łączniki do mocowania ociepleń składające się z elementu rozpierającego i tworzywowej **tulei rozporowej z talerzykiem** do mocowania ocieplenia (rys. 1);

(w niektórych rozwiązaniach przy zagłębieniu talerzyka w izolacji cieplnej miejsce zagłębienia osłaniane jest krążkiem materiału izolacyjnego, przy czym

główka łącznika może być zagłębiona w tulei, tworząc pustkę powietrzną (rys. 2) lub nie);

- łączniki w formie tworzywowej **tulei rozporowej z kolnierzem** do mocowania kształtowników do ocieplenia (rys. 3); ten rodzaj mocowania ocieplenia stosowany jest w przypadku niedostatecznej nośności lub znacznej nierówności podłoża, dużej pracochłonności przy jego przygotowaniu; łącznikami tego typu mocowane są również listwy: cokołowa, startowa, montażowa i łącząca.

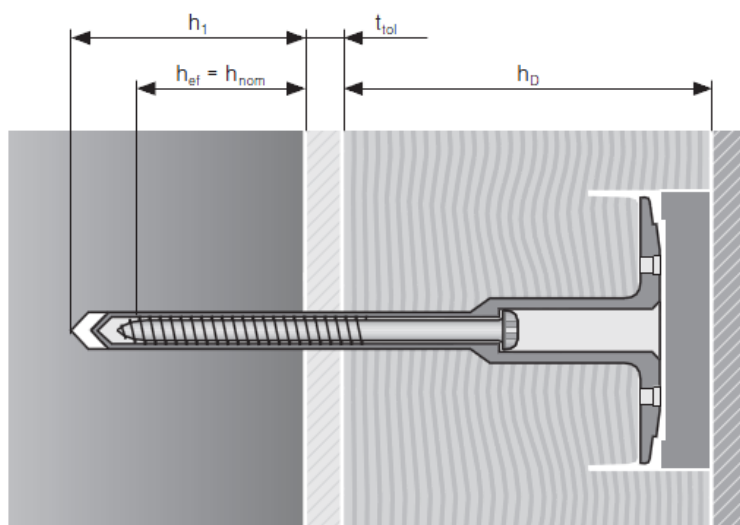


Rys. 1. Mocowanie ocieplenia z wykorzystaniem łącznika mechanicznego na podstawie wytycznych ETAG 014:2002 [4]: h - grubość warstwy podłoża; h_1 - głębokość wywierconego otworu; h_{ef} - efektywna głębokość osadzenia, zakotwienia; t_{fix} - łączna grubość warstwy ocieplenia i warstwy kleju

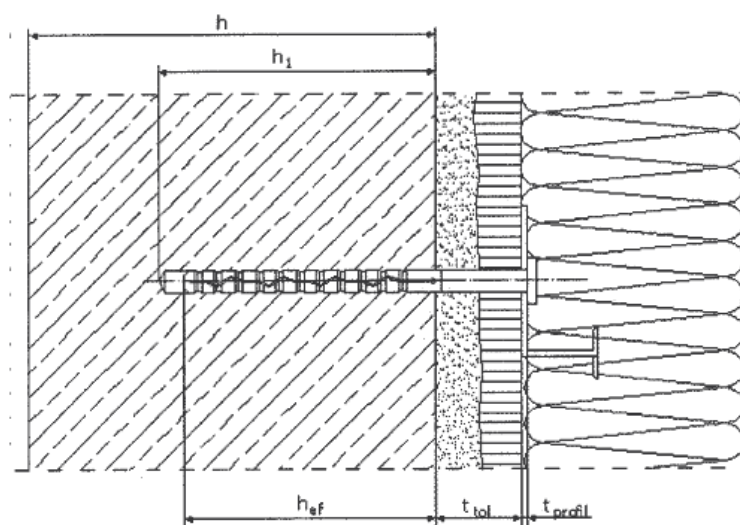
Tuleja tworzywowa i element rozporający stanowią komplet. Tuleja może być dociskana do ścianki wywierconego otworu elementem rozporowym przez zastosowanie:

- wkrętu (zamocowanie przez wkręcenie),
- trzpienia - gwoździa (zamocowanie przez wbicie).

Łączniki używane są do mocowania ocieplenia w podłożu wykonanym z różnych materiałów. Zgodnie z wytycznymi [4], łączniki przyporządkowuje się odpowiednim kategoriom użytkowania, uwzględniającym materiał lub rodzaj elementu monolitycznego lub drobnowymiarowego, stanowiącego podłoże dla systemu ETICS (tab. 1).



Rys. 2. Mocowanie ocieplenia z wykorzystaniem łącznika mechanicznego, z krążkiem materiału izolacyjnego osłaniającego talerzyk łącznika, ze szczeliną powietrzną między główką łącznika a talerzykiem, na podstawie Katalogu systemów mocowania termoizolacji na fasadach firmy EJOT: h_1 - głębokość wywierconego otworu; h_{ef} - efektywna głębokość kotwienia, równa h_{nom} - nominalnej głębokości kotwienia; t_{tol} - grubość warstwy tolerancji, warstwy kleju; h_D - grubość warstwy ocieplenia



Rys. 3. Mocowanie kształtownika za pomocą łącznika mechanicznego, do zamocowania ocieplenia, na podstawie wytycznych ETAG 014:2002 [4]: h - grubość warstwy podłoża; h_1 - głębokość wywierconego otworu; h_{ef} - efektywna głębokość osadzenia, zakotwienia; t_{tol} - grubość warstwy wyrównującej do skompensowania tolerancji powłoki nośnej; t_{profil} - grubość kształtownika - listwy montażowej

TABELA 1

Kategorie użytkowania łączników w zależności od rodzaju podłoża ETICS wg [2]

Kategoria użytkowania łączników	Materiał, elementy podłoża
A	beton zwykły monolityczny
B	murowe elementy ścienne pełne: cegła pełna, cegła silikatowa, bloczki betonowe, bloki kamienne itp.
C	murowe elementy zawierające pustki: cegły dziurawki, cegły kratówki, pustaki ceramiczne, pustaki silikatowe itp.
D	murowe elementy z betonu lekkiego: bloczki z betonu komórkowego, pustaki betonowe z lekkim kruszywem, np. keramzytowe itp.
E	autoklawizowany beton komórkowy

Wytyczne [2] dotyczą łączników mocowanych w podłożu na efektywnej głębokości 25 mm lub większej. Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż dane dotyczące dopuszczalnej minimalnej głębokości osadzenia łączników, zamieszczone są w aprobatach technicznych łącznika (danego producenta), uwzględniających również kategorię użytkowania (rodzaj podłoża), sięgają 50÷60 mm.

Niedopuszczalne jest mocowanie łączników w warstwach wykończeniowych lub wyrównawczych przegrody ze względu na często znacznie niższe parametry wytrzymałościowe zastosowanych tam materiałów i możliwość słabego, miejscowego związania ich z warstwą konstrukcyjną, stanowiącą właściwe podłoże.

Elementy rozpierające (trzpienie, wkręty) mogą być wykonane z tworzywa lub metalu (stali), natomiast tuleje wykonuje się z poliamidu PA, polietylenu PE, polipropylenu PP lub innych polimerów.

Zgodnie z wytycznymi [1], należy uwzględniać wpływ łączników mechanicznych z trzpieniami metalowymi, tworzącymi punktowe mostki cieplne, oraz profili lub listew metalowych stosowanych w danym systemie ETICS na wartość współczynnika przenikania ciepła U_C ocieplanej przegrody budowlanej:

$$U_C = U + \Delta U \quad (1)$$

gdzie:

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

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

$$U = \frac{1}{R_{ETICS} + R_{substrate} + R_{si} + R_{se}} \quad (2)$$

gdzie:

R_{ETICS} - opór cieplny ocieplenia wykonanego w systemie ETICS, $m^2 K/W$,

$R_{substrate}$ - opór cieplny podłoża (przegrody bez warstwy ocieplenia), $m^2 K/W$,

R_{si} ; R_{se} - opory przejmowania ciepła na powierzchni przegrody od strony interieru (si) i eksterieru (se), $m^2 K/W$,

ΔU - poprawka do współczynnika przenikania ciepła, uwzględniająca wpływ mostków cieplnych punktowych (od łączników z trzpieniami metalowymi) i mostków cieplnych liniowych (listwy, profile metalowe itp.):

$$\Delta U = \chi_p \cdot n + \Psi_i \cdot l_i \quad (3)$$

gdzie:

χ_p - współczynnik przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego od łącznika mechanicznego, W/K ; do obliczeń zaleca się przyjmować wg wytycznych [1] następujące wartości współczynnika χ_p :

- 0,002 W/K - dla łączników ze stali nierdzewnej z główką z tworzywa i łączniki ze szczeliną powietrzną przy główce;
- 0,004 W/K - dla łączników ze stali galwanizowanej z główką pokrytą tworzywem;
- 0,008 W/K - dla pozostałych łączników metalowych;

n - liczba łączników mechanicznych przypadających na $1 m^2$ przegrody;

Ψ_i - współczynnik przenikania ciepła i-tego liniowego mostka cieplnego od listwy, profilu lub in., $W/(m K)$, określony może być na podstawie obliczeń według normy PN-EN ISO 10211;

l_i - długość i-tego liniowego mostka cieplnego (listwy, profilu lub in.) przypadających na $1 m^2$ przegrody, m.

Z kolei według normy PN-EN ISO 6946:2008 [5], wpływ łączników mechanicznych na skorygowaną wartość współczynnika przenikania ciepła U_c można uwzględnić poprawką ΔU_f według jednej z dwóch zależności:

1. Pierwsza - szczegółowa, jest identyczna do podanej w wytycznych [1], zaleca się w niej stosować współczynnik przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego χ , przy czym musi on być określony dokładnie na podstawie obliczeń według metodologii zamieszczonej w normie PN-EN ISO 10211.
2. Druga - przybliżona, stosowana może być w przypadku, gdy łączniki nie są uwzględnione innymi metodami. W normie [5] mowa jest o tym, że należy ją stosować do: kotwi ściennych w murach wielowarstwowych, łączników dachowych lub łączników w złożonych systemach paneli. Nie wymieniono tam docieplenia w systemie ETICS, co należy uznać za niedopatrzenie autorów normy, gdyż oczywiste jest, że przypadek mostków punktowych tworzonych przez łączniki dachowe jest identyczny z przypadkiem łączników w systemach ETICS z tą tylko różnicą, iż pierwsze są mocowane pionowo, a drugie poziomo.

W normie [5] podano, że nie należy stosować poprawki ΔU_f w przypadku łączników wykonanych z materiału o przewodności cieplnej mniejszej od $1 W/(m K)$. Z tego wynika, iż nie trzeba jej uwzględniać w przypadku łączników z tworzywa sztucznego, ale należy w przypadku łączników wykonanych z metalu. W systemie ETICS z metalu mogą być wykonane elementy rozpierające (wkręty, trzpienie).

Łączniki tego rodzaju stosowane muszą być w przypadku ocieplenia przegrody ciężkimi materiałami izolacyjnymi (np. wełną mineralną). Jednak czasami istnieje potrzeba ich zastosowania również przy ocieplaniu przegrody lżejszym materiałem (np. styropianem). Mocowanie ocieplenia ze styropianu łącznikami metalowymi stosowane musi być np. przy słabej nośności podłoża dla kleju, doklejenia dodatkowego docieplenia na już istniejące lub w obszarach charakteryzujących się dużymi obciążeniami wiatrowymi (ssanie wiatru na przegrodach, w budynkach usytuowanych w obszarach o wysokiej wietrzności).

Zależność na poprawkę ΔU_f określoną w sposób przybliżony ma następującą postać:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} \left(\frac{R_1}{R_{T,h}} \right) \quad (4)$$

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;

$R_{T,h}$ - opór cieplny komponentu (przegrody) z pominięciem wpływu mostków cieplnych, m² K/W.

3. Wpływ punktowych mostków cieplnych na wartość współczynnika przenikania ciepła

Według wytycznych [1], łączniki mechaniczne w systemie ETICS, tworzące punktowe mostki cieplne, należy uwzględniać w obliczeniach strat ciepła przez przenikanie. Przy tym zaleca się stosowanie rozwiązań technicznych służących zminimalizowaniu niekorzystnego efektu od występowania punktowych mostków cieplnych. Równie istotnym zagadnieniem jest kwestia dokładnego określenia wpływu punktowych mostków cieplnych na intensywność procesu przenikania ciepła.

W celu oceny wpływu punktowych mostków cieplnych na izolacyjność cieplną przegród docieplonych systemem ETICS wykonano obliczenia współczynnika przenikania ciepła przykładowej przegrody budowlanej, stosując dwie metodologie, jedną z wytycznych [1], drugą z normy [5].

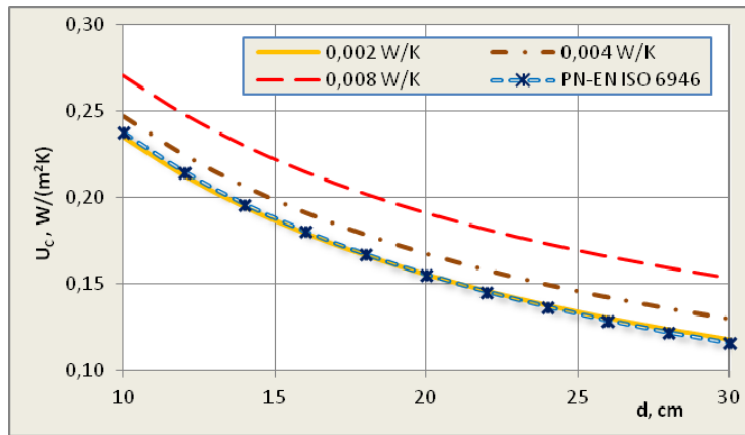
Do analizy przyjęto przegrodę składającą się z muru grubości 24 cm, wykonanego z betonu komórkowego, o przewodności cieplnej 0,135 W/(m K), ocieplone-

go izolacją cieplną o przewodności cieplnej $0,04 \text{ W}/(\text{m K})$, o grubości zmieniającej się od 10 do 30 cm. Od strony interieru i eksterieru przegroda wykończona jest tynkiem cienkowarstwowym o oporze cieplnym $0,02 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Izolacja cieplna mocowana jest do muru, na 1 m^2 przegrody, za pomocą sześciu łączników mechanicznych, ze stalowymi trzpieniami, o średnicy 5 mm. Przyjęto dla nich współczynnik przewodzenia ciepła stali $50 \text{ W}/(\text{m K})$. Zgodnie z wytycznymi [1], można dla tego typu łącznika przyjąć współczynnik punktowego mostka cieplnego równy $0,004 \text{ W}/\text{K}$.

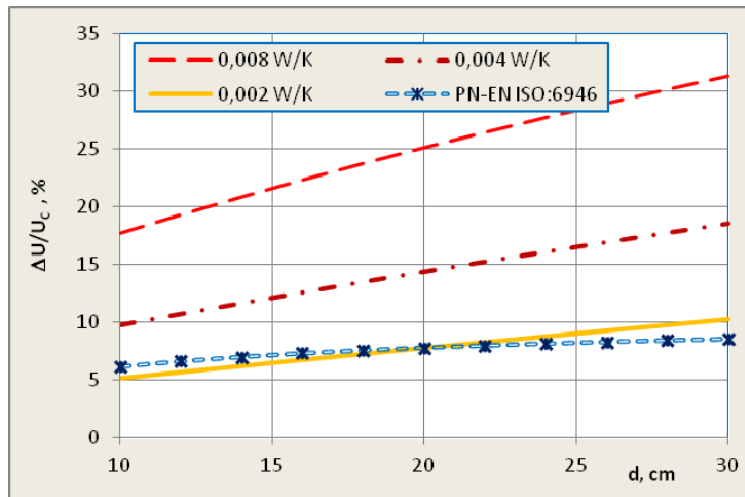
Jak wynika z porównania zamieszczonego w opracowaniu [6] dwóch przyjętych do analizy metodologii, w przypadku wytycznych [1] wartość poprawki ΔU_f jest stała, niezależna od grubości warstwy izolacji cieplnej. Natomiast według metodologii z normy [5], wartość poprawki ΔU_f wyraźnie obniża się wraz ze wzrostem grubości warstwy izolacji cieplnej. Obniżanie się wartości ΔU_f przy wzroście grubości przebijanej łącznikiem warstwy izolacji cieplnej właściwie odzwierciedla proces przewodzenia ciepła w obrębie tego elementu. Wraz ze wzrostem grubości rośnie wartość oporu cieplnego samego łącznika i słabnie możliwość odpływu ciepła z powierzchni łącznika. Dla przyjętego zakresu grubości warstwy izolacji cieplnej od 10 do 30 cm różnica w uzyskanych wartościach ΔU_f jest znacząca. Według wytycznych [1], uzyskano stałą wartość $0,024 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, natomiast według normy [5] wartość ΔU_f spada z $0,015 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ do $0,010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Pomimo tego, że bezwzględna wartość poprawek ΔU_f jest niewielka, to przekracza dopuszczalne 3% wartości współczynnika U , które zgodnie z wytycznymi normy [5] należy uwzględniać w obliczeniach strat ciepła przenikającego przez przegrodę.

Porównanie zależności skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła U_C analizowanej przegrody od grubości warstwy izolacji cieplnej, przy założeniu trzech wartości współczynnika przenikania ciepła punktowego mostka cieplnego χ_p zgodnie z wytycznymi ETAG [1] i wyznaczonej według normy [5] (rys. 4), wykazuje zbieżność krzywej normowej z uzyskaną dla współczynnika χ_p równego $0,002 \text{ W}/\text{K}$.

Jednakże trudno tutaj mówić o właściwej zbieżności uzyskanych wyników, gdyż, jak podają wytyczne [1], współczynnik χ_p równy $0,002 \text{ W}/\text{K}$ należy przyjmować w przypadku łączników wykonanych ze stali nierdzewnej, a taka stal charakteryzuje się znacznie niższą, rzędu $17 \text{ W}/(\text{m K})$, wartością współczynnika przewodzenia ciepła λ niż inne gatunki stali. W analizowanym w danym opracowaniu przypadku do obliczeń według metodologii z normy [5] przyjęto dla stali łączników współczynnik λ równy $50 \text{ W}/(\text{m K})$. Z kolei dla takiego rodzaju stali łączników, zgodnie z wytycznymi [1], można przyporządkować współczynnik χ_p równy $0,004 \text{ W}/\text{K}$. Przy tym, jak już wcześniej stwierdzono, przyjęcie stałej wartości dla współczynnika χ_p , niezależnej od grubości warstwy izolacji cieplnej przebitej łącznikiem, nie odzwierciedla właściwie fizyki procesu przepływu ciepła i może przyczyniać się do uzyskania niedokładnego wyniku obliczeń strat ciepła przez przegrodę budowlaną.



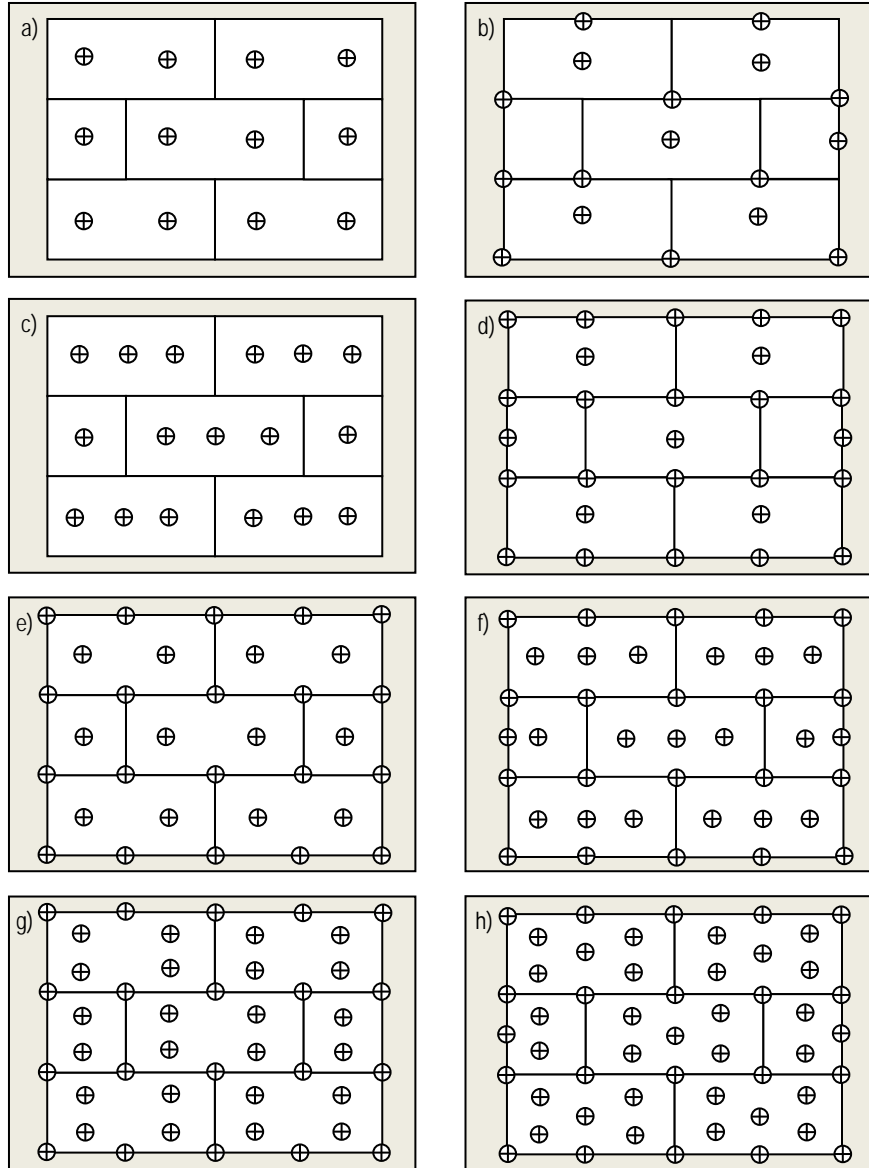
Rys. 4. Zależność skorygowanej wartości współczynnika przenikania ciepła analizowanej przegrody od grubości warstwy izolacji cieplnej przy założeniu trzech wartości współczynników przenikania ciepła punktowych mostków cieplnych według wytycznych ETAG i określonej według normy PN-EN ISO 6946



Rys. 5. Udział poprawki uwzględniającej straty ciepła przez punktowe mostki cieplne w wartości skorygowanego współczynnika przenikania ciepła

Na ile znaczący może być udział procentowy poprawki uwzględniającej wpływ punktowych mostków cieplnych w skorygowanej wartości współczynnika U_c , wskazują krzywe na rysunku 5. Dla przyjętego do obliczeń przykładowego rozwiązania konstrukcyjnego i przedziału grubości izolacji cieplnej wynik obliczeń według normy [5] kształtuje się w przedziale 6,2÷8,5%. Natomiast przy przyjętych według wytycznych [1] wartościach współczynników χ_p 0,004 W/K i 0,008 W/K jest znacznie większy i może dochodzić do 18,5 i 31,3%, przy grubości warstwy izolacji cieplnej sięgającej 30 cm.

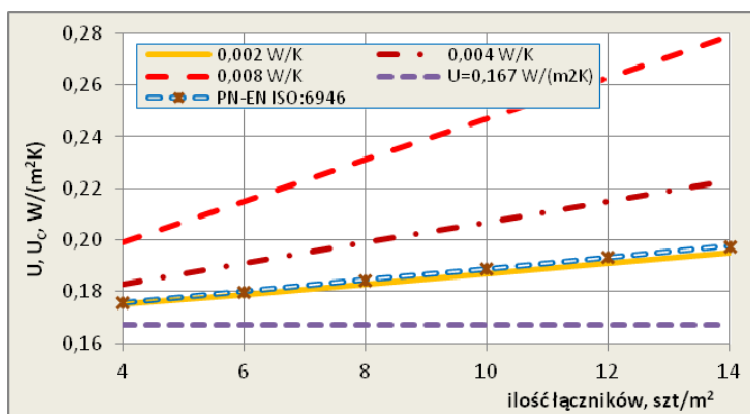
Na wartość współczynnika przenikania ciepła ocieplonej przegrody U_C ma również wpływ liczba łączników przypadających na 1 m^2 . Liczba ta zależy od lokalizacji obiektu, wytrzymałości podłoża, wysokości miejsca montażu nad poziom terenu i usytuowania względem stref narożnych. Przykładowe warianty rozmieszczenia łączników na ocieplanej przegrodzie są widoczne na rysunku 6 [7].



Rys. 6. Warianty rozmieszczenia łączników mechanicznych mocujących izolację cieplną na fragmencie przegrody ocieplonej systemem ETICS, którym odpowiada liczba łączników na jednostkę ocieplonej powierzchni przegrody, odpowiednio około: a) 3 szt./m², b) 4 szt./m², c) 5 szt./m², d) 6 szt./m², e) 7 szt./m², f) 9 szt./m², g) 10 szt./m², h) 12 szt./m²

W celu oceny stopnia wpływu liczby łączników przypadających na 1 m^2 ocieplenia na wartość współczynnika przenikania ciepła wyznaczono ten współczynnik, przyjmując zmienną liczbę łączników od 4 do 14 szt./m^2 . Obliczenia wykonano dla konstrukcji ściany zewnętrznej analizowanej wcześniej, przyjmując stałą grubość warstwy ocieplenia 16 cm . Dla analizowanego rozwiązania konstrukcyjnego uzyskano wartość współczynnika U równą $0,167 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Do analizy wykorzystano podobnie jak we wcześniej wykonanych ocenach metodologię obliczeń na podstawie normy [5], porównując wyniki z uzyskanymi według wytycznych dotyczących uwzględniania punktowych mostków cieplnych w systemach ETICS [1].

Stwierdzono wyraźny wzrost wartości współczynnika U_C wraz ze wzrostem liczby łączników (rys. 7), szczególnie w przypadku korzystania z wytycznych [1]. Przykładowo, przy przyjęciu maksymalnej zalecanej wartości współczynnika punktowego mostka cieplnego $\chi_p = 0,008 \text{ W/K}$ wartość U_C wzrasta z $0,199$ do $0,279 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Wyniki obliczeń według metodologii normy [5] nie wykazują tak znacznego wzrostu, tj. następuje zmiana z $0,176$ do $0,198 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Wyniki ostatnich obliczeń według normy [5] są zbliżone do wartości współczynnika uzyskanego według wytycznych [1] przy założeniu współczynnika punktowego mostka cieplnego $\chi_p = 0,002 \text{ W/K}$. Jednak, jak już wcześniej to stwierdzono, tenże współczynnik odpowiada innemu rodzajowi stali, o niższej przewodności cieplnej (możliwemu do zastosowania w punktowych mostkach cieplnych), niż ten, który ostatecznie przyjęto w obliczeniach.



Rys. 7. Zależność wartości współczynnika przenikania ciepła U_C od liczby łączników mechanicznych na 1 m^2 ocieplenia dla przegrody o współczynniku $U = 0,167 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Wnioski

1. Potrzeba dokładnego wyznaczania wartości parametrów charakteryzujących izolacyjność cieplną przegród budowlanych, w tym współczynnika przenikania ciepła, jest szczególnie konieczna w przypadku projektowania i realizowania obiektów energooszczędnych, niskoenergetycznych, pasywnych, zeroenerge-

- tycznych itp. Wiąże się to ściśle m.in. z wytycznymi Dyrektywy 2010/31/UE Parlamentu Europejskiego i Rady z 19 maja 2010 r., ustalającej nowe standardy jakości energetycznej budynków i wyznaczającej kierunki oraz ogólne wymagania w zakresie projektowania i realizacji obiektów o niemal zerowym zużyciu energii.
2. Stwierdzono zasadniczą różnicę w podejściu do uwzględniania wpływu punktowych mostków cieplnych występujących w systemach ETICS według wytycznych i według normy PN-EN ISO 6946:2008. W pierwszym dokumencie ETAG 004:2008 podaje się trzy orientacyjne wartości współczynników przenikania ciepła punktowych mostków cieplnych dla trzech typów łączników. Przy tym wartość tych współczynników nie jest zależna od grubości warstwy izolacji cieplnej, przez którą one przechodzą. W drugim, poprawka na łączniki zależna jest od grubości warstwy izolacji cieplnej oraz uwzględnia szereg dodatkowych czynników związanych z konstrukcją i mocowaniem izolacji. Ta ostatnia metodologia poprawniej odwzorowuje proces przepływu ciepła w łączniku i w jego otoczeniu niż bardzo uproszczona metoda w postaci stałej wartości współczynnika χ_p .
 3. Wyniki obliczeń współczynnika przenikania ciepła ocieplonej przegrody według normy PN-EN ISO 6946:2008 i wytycznych ETAG 004:2008, przy założeniu wartości współczynnika $\chi_p = 0,002 \text{ W/K}$, są podobne. Jednakże zbieżność ta jest przypadkowa, gdyż uzyskana została przy odmiennych założeniach w zakresie przewodności cieplnej stali łącznika. W przypadku normy PN-EN ISO 6946:2008 przyjęta została przewodność na poziomie 50 W/(m K) , kiedy współczynnik $\chi_p = 0,002 \text{ W/K}$ odpowiada łącznikowi ze stali nierdzewnej, a więc charakteryzującej się przewodnością na poziomie 17 W/(m K) .
 4. Wraz ze wzrostem grubości izolacji cieplnej przebijanej przez łącznik mechaniczny wzrasta udział poprawki ΔU_f korygującej wartość współczynnika przenikania ciepła ocieplonej przegrody budowlanej U_C . W analizowanym przypadku może dochodzić on nawet do $20\div 30\%$ wartości U_C z uwzględnieniem wytycznych ETAG 004:2008. Natomiast według metodologii z normy PN-EN ISO 6946:2008 udział ten kształtuje się na poziomie $6\div 8,5\%$ wartości U_C .
 5. Stwierdzono znaczący przyrost wartości współczynnika U_C wraz ze wzrostem liczby łączników, efekt ten jest większy w przypadku korzystania z wytycznych ETAG 004:2008 niż w przypadku korzystania z wytycznych normy PN-EN ISO 6946:2008. Dla analizowanej przegrody budowlanej przy przyjęciu wartości współczynnika punktowego mostka cieplnego $\chi_p = 0,008 \text{ W/K}$ wartość U_C wzrasta z $0,199$ do $0,279 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, natomiast z obliczeń normowych uzyskano zmianę wartości U_C z $0,176$ do $0,198 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Literatura

- [1] ETAG 004:2008 Złożone systemy izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi ETICS.
- [2] ZUAT-15/V.03.2010 Zestawy wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych z zastosowaniem styropianu jako materiału termoizolacyjnego i pocienionej wyprawy elewacyjnej (ETICS).
- [3] ZUAT-15/V.04.2003 Zestawy wyrobów do wykonywania ociepleń ścian zewnętrznych z zastosowaniem wełny mineralnej jako materiału termoizolacyjnego i pocienionej wyprawy elewacyjnej (ETICS).
- [4] ETAG 014:2002 Łączniki tworzywowe do mocowania warstwy izolacyjnej ociepleń warstw zewnętrznych.
- [5] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metoda obliczania.
- [6] Ujma A., Wasil A., Wpływ punktowych mostków cieplnych na izolacyjność cieplną przegród wykonanych w systemie BSO - ETICS. *WARSTWY Dachy. Ściany* 2011, 3(64), 10-13.
- [7] Ujma A., Dachy, stropodachy, ściany, podłogi i wykończenia. Rozdz. 7.6. Izolacje budowlane. Podrozdz. 7.6.3.1. Systemy izolacji cieplnej ścian zewnętrznych, [w:] *Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych. Poradnik projektanta, kierownika budowy i inspektora nadzoru. Stan prawny 2011*, Zespół autorów pod red. A. Ujmy, Wydawnictwo Verlag Dashöfer, Warszawa 2011.

Streszczenie

Niską wartość współczynnika U, czyli współczynnika przenikania ciepła ścian lub innych przegród zewnętrznych budynków można osiągnąć, stosując zewnętrzną izolację cieplną - External Thermal Insulation Composite System (ETICS). Niniejszy artykuł przedstawia analizę wpływu punktowych mostków cieplnych na izolacyjność cieplną systemu ETICS. Grubość izolacji i ilość punktowych mostków cieplnych może istotnie wpłynąć na izolacyjność cieplną konstrukcji budowlanej.

Analysis of the impact of point losses on ETICS system thermal insulating capacity

Abstract

Low U-factor or coefficient of heat transmission for walls or other of building construction can be achieved using external insulation - External Thermal Insulation Composite System (ETICS). This paper presents analysis of the impact thermal point losses in the system ETICS of the heat thermal insulation. The thickness of the insulation and the quantity of thermal point losses may materially affect the insulation capacity thermal of building construction.

