

Tematyka artykułu była omawiana podczas III Ogólnopolskiej Konferencji Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego pt. *Problemy techniczno-prawne utrzymania obiektów budowlanych*, która odbyła się w styczniu 2014 r.

dr hab. inż. Halina Garbalińska, prof. ZUT*

Nowatorskie technologie umożliwiające poprawę energetycznych walorów ścian zewnętrznych

Zgodnie z dyrektywą 2010/31/UE, opublikowaną 19 maja 2010 r. [1], stanowiącą nowelizację dokumentu z 2002 r., od stycznia 2019 r. budynki użyteczności publicznej będą musiały być projektowane i wykonywane jako zeroenergetyczne, natomiast wszystkie nowo wznoszone budynki – od stycznia 2021 r. Tak rygorystyczne przepisy, ograniczające praktycznie do zera bilans cieplny nowo projektowanych budynków, budzą uzasadnione wątpliwości wielu ekspertów, przedstawione m.in. w [2]. Autor tego opracowania, po dokonaniu analizy jakości energetycznej budynków w Polsce, uwarunkowań klimatycznych oraz opłacalności wyraża wątpliwości, czy projekty przygotowane przez UE są dla Polski odpowiednie. Czy będzie nas stać na takie działania? I czy jesteśmy przygotowani do projektowania i wznoszenia budynków zero- lub prawie zeroenergetycznych?

Problem określenia zapotrzebowania na energię w budynku staje się zadaniem wieloaspektowym i zależy od wielu czynników, omówionych m.in. w [3]. Nawet zagadnienia związane z rozwiązaniami wprowadzanymi w przegrodach zewnętrznych budynków stają się zdecydowanie bardziej skomplikowane niż dotychczas. Zmiany w przepisach w okresie ostatnich dziesięcioleci praktycznie wymagały jedynie stopniowego pogrubienia warstwy izolacji termicznej w poszczególnych przegrodach zewnętrznych, przy jednoczesnym wymuszeniu poprawy parametrów cieplnych stosowanych materiałów izolacyjnych. Natomiast przepisy ograniczające niemal do zera bilans cieplny budynku wiążą się z koniecznością uzyskania wartości współczynników przenikania ciepła przegród zewnętrznych na poziomie bliskim $0,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, a w pewnych wypadkach nawet ujemnym. Zakładany efekt jest niemożliwy do uzyskania z zastosowaniem tradycyjnych materiałów budowlanych oraz przy tradycyjnym podejściu do określania współczynnika przenikania ciepła przegrody, który jest de facto współczynnikiem strat ciepła całego systemu ściennego [4]. Pojawia się więc konieczność wprowadzenia zaawansowanych materiałów i wdrażania technologii, które umożliwią uzyskiwanie bliskich zera lub wręcz ujemnych wartości ekwiwalentnych współczynników przenikania ciepła, wynikających z dodatniego bilansu energetycznego przegrody. W artykule zaprezentowano wybrane nowatorskie technologie służące radykalnemu podniesieniu energetycznych walorów ścian zewnętrznych, takie jak: izolacje transparentne, bariery termiczne oraz podwójne fasady.

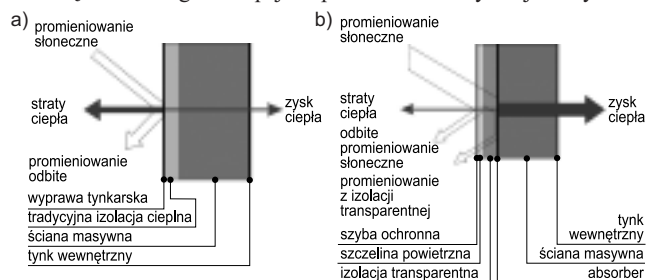
Izolacje transparentne

Izolacje transparentne (TI – Transparent Insulation) uznawane są za wielofunkcyjne izolacje energetyczne nowej generacji, które nie tylko ograniczają straty energii cieplnej, ale umożliwiają dodatko-

wo wykorzystanie energii promieniowania słonecznego. Dzięki temu poprawia się bilans energetyczny budynku i zmniejszają się koszty jego eksploatacji.

Na czym polega zasadnicza różnica między izolacją tradycyjną a transparentną? Otóż klasyczne izolacje cieplne wykonywane są z materiałów nieprzezroczystych dla promieniowania słonecznego i znajdują zastosowanie w przegrodach pełnych. Transparentne izolacje cieplne stwarzają warunki do zatrzymania, przechowania przez jakiś czas, a następnie skierowania do ogrzewanego pomieszczenia ciepła zaabsorbowanego przez przegrodę pełną lub system kolektorowo-akumulacyjny.

Schemat wymiany ciepła ścian z izolacją tradycyjną i transparentną przedstawiono na rysunku 1. Promieniowanie słoneczne padające na powierzchnię przegrody tradycyjnej ulega znacznemu odbiciu – głównie jest oddawane do otoczenia na drodze konwekcji i promieniowania długofalowego, a w bardzo niewielkiej ilości przechodzi w kierunku do wnętrza pomieszczenia. W przypadku przegrody wyposażonej w izolację transparentną (rysunek 1b), promieniowanie słoneczne padające na powierzchnię przegrody ulega odbiciu w nieznacznym stopniu i w znacznej części jest oddawane do otoczenia, natomiast w większości ulega absorpcji na powierzchni masywnej ściany.



Rys. 1. Wymiana ciepła w ścianie: a) z tradycyjną izolacją cieplną; b) z transparentną izolacją cieplną [5, 6]

Izolacja transparentna to pakiet wypełnień komórkowych, przylegających do elewacji zewnętrznej budynku, pomalowanej na czarny kolor. Czasami między pakietem a ścianą wprowadza się szczelinę powietrzną. Pakiet od strony otoczenia jest zabezpieczony półprzezroczystą powłoką chroniącą go przed zanieczyszczeniami, wykonaną ze szkła lub z półprzezroczystego tynku na bazie poliuretanu. Budowa i zasada działania izolacji transparentnej w okresie letnim i zimowym została opisana w [7].

Idea działania izolacji transparentnej latem polega na tym, że promieniowanie słoneczne, wchodzące pod znacznym kątem do paneli, w większości odbija się od nich i nie przekazuje im swojej energii. Natomiast zimą, przy mniejszym kącie padania promieniowania słonecznego (bardziej prostopadłym do osłonowej płyty szklanej), udział

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Architektury

promieniowania odbitego jest znacznie mniejszy niż pochłoniętego. Tym sposobem energia promieniowania dociera do dna komórek wypełnienia izolacji transparentnej, gdzie na czarnej powierzchni ulega absorpcji i konwersji w energię cieplną. W efekcie izolacja taka, spełniając funkcje typowego izolatora energii słonecznej, dodatkowo umożliwia dogrzanie domu energią słoneczną, której zimą nie zatrzymuje, a latem odbija, chroniąc wnętrze przed przegrzaniem. Przykłady praktycznego wykorzystania izolacji transparentnych w budownictwie w odniesieniu do różnych obszarów zastosowań przedstawiono w [8].

Barierzy termiczne

Spośród różnych energooszczędnych rozwiązań odnoszących się do przegród zewnętrznych, niewątpliwie na uwagę zasługuje koncepcja pośredniego systemu ogrzewania i chłodzenia budynków, zwana barierą termiczną (BT), opisana np. w [9, 10]. Bariera termiczna, wykorzystując energię słoneczną, gwarantuje nie tylko oszczędności w zużyciu energii konwencjonalnej, ale również służy utrzymaniu komfortu cieplnego we wnętrzu budynku, przy jednoczesnym udziale wewnętrznych źródeł ciepła, tj. ludzi i pracujących urządzeń. W technologii tej w przestrzeni między dachówkami i izolacją cieplną lokowany jest system przewodów rurowych z wodnym roztworem glikolu, tworzący prosty solar dachowy. Energia pozyskana ze Słońca ulega konwersji na ciepło w kolektorze dachowym, które następnie jest kierowane przez system przewodów do gruntowego akumulatora energii cieplnej. System rur wprowadzany jest również do rdzenia ścian zewnętrznych budynku. Ciepło zakumulowane w zasobniku gruntowym, w okresie poza sezonem grzewczym, jest w trakcie sezonu grzewczego transportowane za pomocą nośnika i przekazywane do systemu rur w rdzeniu nośnym ściany. Tym samym wewnątrz ściany tworzy się bariera temperaturowa, która blokuje ucieczkę ciepła z wnętrza budynku do otoczenia. System ten może też pełnić funkcję odwrotną, ograniczając napływ ciepła do wnętrza w upalne dni. Zatem w sezonie grzewczym bariera termiczna pozwala ograniczyć zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania budynku, a w okresie letnim umożliwia chłodzenie przegród zewnętrznych budynku.

Zasada działania systemu polega na tym, że ciepło pozyskiwane z baterii dachowych ułożonych pod dachówkami transportowane jest układem rur do pętli znajdujących się w płycie żelbetowej położonej na gruncie. W efekcie grunt nagrzewa się, uzyskując temperaturę powyżej 20 °C. Dostarczona energia magazynowana jest w zbiorniku cieplnym znajdującym się w płycie fundamentowej oraz ulokowanym pod nią gruncie i wykorzystywana w okresie zimy do utworzenia bariery cieplnej wewnątrz ściany systemowej.

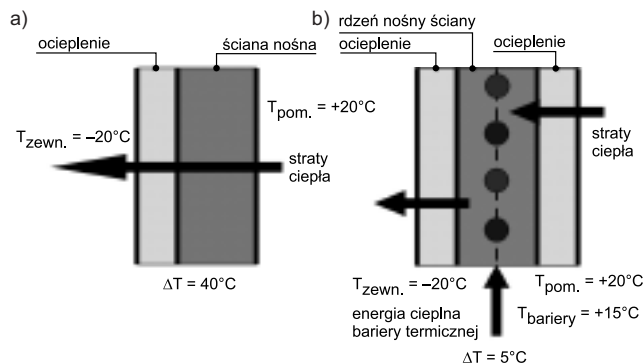
W lecie bariery termiczne ścian nie współpracują ze zbiornikiem energii cieplnej, lecz bezpośrednio z obiegiem chłodzenia do temperatur +14 °C, +18 °C, tj. obwodami klimatyzacyjnymi ułożonymi w gruncie na głębokości 2 – 3 m, na zewnątrz budynku.

Kolektor dachowy zaczyna przekazywać ciepło do zbiornika energii cieplnej wówczas, gdy temperatura otaczającego go powietrza przewyższy temperaturę utrzymywaną przez cały system bariery termicznej. W systemie przeciętnie przyjmuje się wartość +18 °C odpowiadającą maksymalnej temperaturze bariery termicznej. Żelbetowa płyta fundamentowa ma zawsze dodatnią i stałą temperaturę. Nawet przy bardzo niskiej temperaturze zewnętrznej (do -20 °C), temperatura ścian i dachu wewnątrz bariery termicznej utrzymuje się na stałym poziomie 12 ÷ 18 °C.

Barierę termiczną tworzy system rurek polipropylenowych umieszczonych w betonowym trzonie ściany zewnętrznej. Przez obwody rurek przepływa nośnik energii solarnej (tzw. płyn solarny), który transportując energię z gruntowego systemu gromadzenia ener-

gii, utrzymuje kontrolowaną automatycznie, żadaną temperaturę bariery, redukując straty ciepła o połowę lub nawet o 75%.

Na rysunku 2 zilustrowano różnice występujące w procesie przepływu ciepła przez dwuwarstwową ścianę tradycyjną bez bariery termicznej oraz ścianę trójwarstwową wyposażoną w BT.



Rys. 2. Schematyczny przepływ ciepła w sezonie grzewczym przez ścianę zewnętrzną: a) rozwiązana w sposób tradycyjny; b) wyposażona w barierę termiczną [9]

Istotą działania bariery termicznej jest utrzymanie stałej średniej temperatury powierzchni, tworzonej przez system rurek, przez cały rok, niezależnie od zmieniających się warunków atmosferycznych. Duże znaczenie ma położenie przewodów z czynnikiem grzejącym. Najczęściej przewody z rur PP, w których płynie czynnik grzewczy, lokowane są w osi przegrody.

Fasady podwójne

W przypadku budynków reprezentacyjnych jednym z bardziej rozpowszechnionych rozwiązań obudowy zewnętrznej są systemy wykorzystujące ściany osłonowe pokryte szkłem.

Główna idea poprawy energooszczędności fasad szklanych wywodzi się z koncepcji ograniczenia różnicy temperatury pomiędzy przestrzenią wewnętrzną o regulowanej temperaturze a środowiskiem zewnętrznym. W efekcie wypracowano rozwiązanie alternatywne do fasad pojedynczych SSF (ang. Single Skin Facade). Stanowią je systemy fasad podwójnych DSF (ang. Double Skin Facade), kwalifikowane do grupy systemów dynamicznych. Od wielu lat prowadzone są prace badawcze nad analizą i optymalizacją tego typu rozwiązań [11 – 15]. W bardzo obszerny sposób kwestie optymalizacji fasad podwójnych, z uwagi na oszczędność energii i jakość środowiska wewnętrznego, omówione zostały w [16].

Transparentna fasada podwójna to pionowa przegroda zewnętrzna budynku, składająca się z dwóch transparentnych kurtyn szklanych, oddzielonych od siebie pustką powietrzną, pełniącą funkcję wentylowanego kanału. Definicja ta wyróżnia trzy podstawowe elementy: zewnętrzną konstrukcję powłoki budynku, transparentność tej powłoki oraz wentylowaną pustkę powietrzną, która w pewnych warunkach może być całkiem lub czasowo zamknięta.

Sposób przepływu strumienia powietrza przez fasadę stanowi jedno z głównych kryteriów klasyfikacji DSF. Punktem odniesienia jest źródło oraz przeznaczenie powietrza transportowanego przez przestrzeń szczeliny. Wyróżnia się następujące rozwiązania [16], zilustrowane schematycznie na rysunku 3:

a) bufor powietrzny – brak wymiany powietrza. Obydwie powłoki szklane tworzące fasadę są wykonane w sposób szczelny, bez otworów;

b) wewnętrzna kurtyna powietrzna – między pomieszczeniem i fasadą występuje wewnętrzna cyrkulacja powietrza, często wspie-

rana mechanicznie; przepływające powietrze wytwarza kurtynę otaczającą wewnętrzną część fasady;

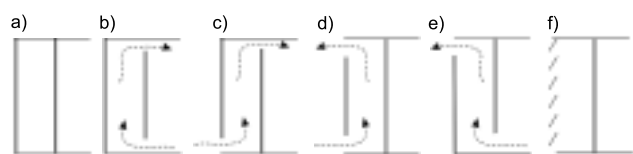
c) czerpnia powietrza – w tym przypadku świeże powietrze pobierane jest z zewnątrz przez szczelinę wentylacyjną i wprowadzane do wnętrza pomieszczeń o kontrolowanej temperaturze;

d) zewnętrzna kurtyna powietrzna – przepływające w fasadzie powietrze jest pobierane, a następnie wyrzucane na zewnątrz fasady, gdzie tworzy kurtynę;

e) wyrzutnia powietrza – zużyte powietrze wyciągane jest z wnętrza i wyrzucane na zewnątrz przez kanał wentylacyjny;

f) rozwiązanie charakteryzujące się nieuszczelną powłoką zewnętrzną, umożliwiającą regulację stopnia nieuszczelnności.

Rozwiązania b) oraz c) zalecane są w okresie grzewczym, gdyż pozwalają na bezpośrednie wykorzystanie zysków ciepła od promieniowania słonecznego, natomiast rozwiązania d) oraz e) wspomagają system chłodzenia pomieszczeń.



Rys. 3. Schematy obrazujące różne sposoby wentylowania fasad podwójnych DSF [16]

Podsumowanie

Producenci materiałów budowlanych, wychodząc naprzeciw stale zastrzonym przepisom, oferują wyroby o ulepszonych parametrach termicznych. Dysponowanie materiałami izolacyjnymi o niskim współczynniku przewodzenia ciepła oraz rozwiązaniami gwarantującymi dobrą akumulacyjność cieplną przegród nie zwalnia nas jednak z poszukiwań jeszcze wydajniejszych technologii. Do takich korzystnych pod względem energetycznym rozwiązań można zaliczyć izolacje transparentne. Ich zastosowanie w znaczny sposób skutkuje oszczędnością energii, ale też wykazuje wiele walorów, spośród których należałoby wskazać na możliwość pozytywnego oddziaływania na komfort cieplny pomieszczeń, prostotę oraz dużą trwałość, brak potrzeby dodatkowej obsługi i nadzoru oraz na fakt odciążania środowiska naturalnego dzięki pozyskiwaniu energii odnawialnej, co prowadzi do powiększenia zakresu niezależności od konwencjonalnych źródeł energii. Obok niezaprzeczalnych korzyści płynących ze stosowania izolacji transparentnej, pojawiają się również istotne mankamenty, głównie związane z niebezpieczeństwem przegrzewania pomieszczeń, w sytuacji nie do końca prawidłowego zastosowania tego typu rozwiązań, wysokie koszty wykonania izolacji, jak również występujące w praktyce ograniczenia skuteczności jej działania, do których przyczynia się gęsta zabudowa, zadrzewienie oraz niekorzystne ukształtowanie terenu.

Ciekawą próbę wykorzystania promieniowania słonecznego jako źródła darmowej energii stanowią tzw. bariery termiczne. Przy opracowaniu koncepcji wykorzystania niskotemperaturowego czynnika w ogrzewaniu ściennym starano się uwzględnić specyficzne problemy pojawiające się przy konwersji energii słonecznej na użyteczne ciepło. Oczywiście bowiem jest fakt, że nawet przy dużej całkowitej wydajności systemu pozyskiwania, energię słoneczną trzeba przechowywać, ponieważ dostępna jest na ogół wówczas, gdy jej nie potrzebujemy, szczególnie do celów grzewczych.

W literaturze wskazuje się na następujące zalety systemu BT, który w opinii jego zwolenników odznacza się doskonałą izolacyjnością cieplną oraz akustyczną, zapobiega wykraplaniu się pary wodnej

w przegrodzie, znacznie redukuje straty ciepła w wyniku przenikania ciepła przez przegrodę, obniża zapotrzebowanie budynku na energię, eliminuje mostki cieplne i efekt „zimnej ściany”, nie wymaga dogrzewania, a latem może schładzać ściany. Niewątpliwie koncepcja bariery termicznej wymaga dalszego testowania, w celu usprawnienia systemu i uwiarygodnienia uzyskiwanych korzyści energetycznych, a także ekonomicznych.

Interesująca pod względem energetycznym jest również koncepcja fasad podwójnych (DSF). Nowoczesne rozwiązania budynków wyposażonych w systemy DSF spełniają wymagania dotyczące odpowiedniej przepuszczalności światła dziennego przez fasadę przy jednoczesnej minimalizacji nakładów energetycznych na ogrzewanie i chłodzenie oraz przy założeniu wysokiego komfortu termicznego obiektu. Fasady podwójne w porównaniu ze standardowymi, całkowicie przeszklonymi fasadami pojedynczymi, wykazują wiele zalet. Najważniejsze z nich to: wzrost efektywności energetycznej; poprawa jakości środowiska wewnętrznego przez zapewnienie właściwego komfortu cieplnego; zapewnienie komfortu wizualnego oraz akustycznego; poprawa jakości powietrza. Podwójne fasady są na świecie dość powszechnie stosowane, jednak mimo pozornej prostoty ich budowy poprawne zaprojektowanie i wykonanie całego systemu stanowi duże wyzwanie, tym bardziej że współcześnie coraz częściej realizowane są one jako tzw. fasady inteligentne.

Literatura

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (DzUrz L 153 z 18.6.2010, s. 13 – 35).
- [2] Żurawski J.: Budownictwo zero- lub prawie zeroenergetyczne w warunkach polskich. Konferencja „Izolacje 2012”, Warszawa 1 – 2 marca 2012, s. 31 – 41.
- [3] Kisilewicz T.: Wpływ izolacyjnych, dynamicznych i spektralnych właściwości przegród na bilans cieplny budynków energooszczędnych. Seria Inżynieria Lądowa, Monografia 364, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [4] Heim D.: Izolacyjność termiczna przegród pełnych i jej wpływ na charakterystykę energetyczną budynków. Konferencja „Izolacje 2012”, Warszawa 1 – 2 marca 2012, s. 51 – 62.
- [5] Pogorzelski J. A.: Materiały Budowlane 1/2002, s. 59 – 60.
- [6] Radziszewska-Zielina E.: Transparentna izolacja cieplna (TIC). Przegląd Budowlany 1/2004, s. 38 – 41.
- [7] Lewandowski W. M., Lewandowska-Iwaniak W.: Bilans cieplny w budynku. Zastosowanie izolacji transparentnych (cz. 1). Rynek Instalacyjny 12/2010.
- [8] Lewandowski W. M., Lewandowska-Iwaniak W.: Bilans cieplny w budynku. Zastosowanie izolacji transparentnych (cz. 2). Rynek Instalacyjny 1-2/2011, s. 34 – 36.
- [9] Leciej-Pirczewska D., Szaflik W.: Wykorzystanie niskotemperaturowego czynnika w ogrzewaniu ściennym. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 41/5 (2010), s. 168 – 172.
- [10] Leciej-Pirczewska D., Szaflik W.: Wykorzystanie niskotemperaturowego czynnika w ogrzewaniu ściennym – cz. II. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 41/12 (2010), s. 455 – 459.
- [11] Bielek B., Bielek M., Palko M.: Dvojte transparentne fasady budov. Coreal, Bratislava 2002.
- [12] Heim D., Janicki M.: Wpływ podwójnych fasad przeszklonych na energooszczędność obiektów. „Materiały Budowlane” 2012, nr 1, s. 66 – 69.
- [13] Heim D., Janicki M.: Izolacyjność fasad podwójnych. „Izolacje” 2010, nr 7/8.
- [14] Jaworska-Michałowska M.: Szklane fasady w budynkach kształtowanych przez klimat – wybrane zagadnienia. „Przegląd Budowlany” 2010, nr 7 – 8, s. 43 – 46.
- [15] Poirazis H.: Double Skin Facades for Office Buildings. Lund Institute of Technology, Lund University, 2004.
- [16] Optymalizacja fasad podwójnych pod kątem oszczędności energii i jakości środowiska wewnętrznego. Praca zbiorowa pod red. D. Heima, Politechnika Łódzka 2013.