

mgr inż. Jerzy Zembrowski\*

# Ocieplenia stropodachów niewentylowanych w budynkach energooszczędnych

Świat budownictwa w Polsce staje przed nowym podejściem do projektowania, wznoszenia i użytkowania obiektów. Dyrektywa EPBD (the Energy Performance of Buildings Directive) 2002/91/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z 16 grudnia 2002 r. wprowadziła konieczność uzyskiwania świadectw energetycznych budynków od 1 stycznia 2009 r. Już obowiązuje dyrektywa 93/76/EWG dotycząca ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> oraz obowiązku certyfikacji budynków w tym zakresie. Najnowsza dyrektywa 2006/32/WE nakazuje uzyskanie 9% oszczędności zużycia energii w latach 2008 – 2016. Dyrektywy te nie są wynikiem mody, lecz wynikają z dwóch ważnych aspektów współczesnego świata: powstrzymania efektu cieplarnianego wokół naszej planety oraz oszczędności zużycia energii z powodu wyraźnie kurczących się zasobów energetycznych Ziemi.

Wielkimi krokami zbliża się wznoszenie wyłącznie budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię, co wymusza przestawienie się projektantów na nową metodykę projektowania. Będzie także mocno ograniczona swoboda wykonawców i inwestorów w wyborze technologii i materiałów. Przed oddaniem budynku do eksploatacji ekspert wykona stosowne obliczenia i określi charakterystykę energetyczną obiektu.

## Nowa metodyka projektowania

Podstawą projektowania domów energooszczędnych jest analiza określająca ekonomicznie uzasadnione wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  poszczególnych przegród budynku. Analizę taką wykonuje się po sporządzeniu wstępnego projektu architektonicznego oraz po uzgodnieniu z inwestorem oczekiwanej przez niego klasy energetycznej obiektu. Model bu-

dynku energooszczędnego i jego zapotrzebowanie na energię cieplną przedstawiono na rysunku 1. Podstawowym celem jest minimalizacja sumarycznego zapotrzebowania na ciepło, tj. znalezienie minimum sumy  $Q_s + Q_o + Q_d + Q_f + Q_p + Q_w + Q_{cwu}$ . Człon  $Q_w$  oraz  $Q_{cwu}$  (notabene mający największy udział w bilansie energetycznym domów energooszczędnych) wymaga oddzielnego omówienia. Po ostatecznym zbilansowaniu zapotrzebowania budynku na ciepło określa się poziom odniesienia. Jest nim przegroda o największym udziale w stratach cieplnych, dla której oblicza się ekonomicznie uzasadnioną wartość współczynnika przenikania ciepła  $U_e$  oraz wynikającą stąd grubość i rodzaj warstwy termoizolacyjnej. Zwykle przegrodą odniesienia są ściany zewnętrzne lub stropodach i ich straty ciepła przez przenikanie  $Q_s$  lub  $Q_d$ . Następnie przystępuje się do analizy cieplno-wilgotnościowej tych przegród w aspekcie uniknięcia kondensacji pary wodnej lub jej minimalizacji i wyklu-



Stropodach ocieplony płytami Steinodur® PSN LD

czenia korozji biologicznej oraz zawilgocenia termoizolacji. W dalszej kolejności ustala się rozwiązania materiałowe i przystępuje do fazy właściwego projektu budowlanego oraz wykonawczego.

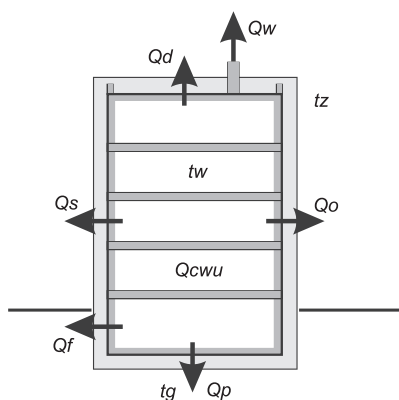
## Układy stropodachów niewentylowanych

W budownictwie stosuje się dwa rodzaje stropodachów niewentylowanych:

- w układzie klasycznym (termoizolacja po stronie suchej);
- w układzie tzw. odwróconym (termoizolacja po stronie mokrej).

Każdy z nich ma wady i zalety. Cechą charakterystyczną stropodachu w układzie klasycznym jest lokowanie warstwy termoizolacyjnej między paroizolacją leżącą na stropie a hydroizolacją przykrywającą stropodach (rysunek 2). W ten sposób dąży się do uniezależnienia otoczenia termoizolacji od warunków wewnętrznych i zewnętrznych. Biorąc pod uwagę fakt, iż zarówno warstwa paroizolacyjna, jak i hydroizolacyjna mają nie przepuszczać wilgoci, zakłada się, że warstwa termoizolacji będzie eksploatowana w warunkach powietrzno-suchych. Jest to niewątpliwie zaletą układu, ale przy spełnieniu dwóch warunków:

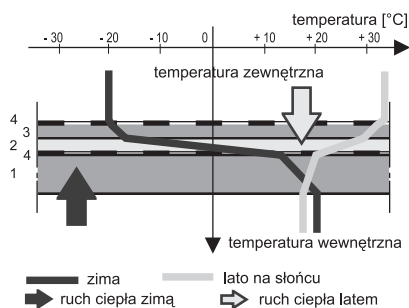
- 1) podczas prac dachowych termoizolacja nie zostanie zamoczona;
- 2) podczas eksploatacji obiektu nie dojdzie do kondensacji pary wodnej między paroizolacją a hydroizolacją.



tw - temperatura wewnętrzna  
tz - temperatura zewnętrzna  
tg - temperatura gruntu  
Qs - straty ciepła ścian  
Qo - straty ciepła okien i drzwi  
Qd - straty ciepła stropodach  
Qf - straty ciepła fundamentu  
Qp - straty ciepła podłóg na gruncie  
Qw - zapotrzebowanie ciepła na wentylację  
Qcwu - zapotrzebowanie ciepła na ciepłą wodę użytkową

Rys. 1. Model izolacji termicznej obiektu energooszczędnego

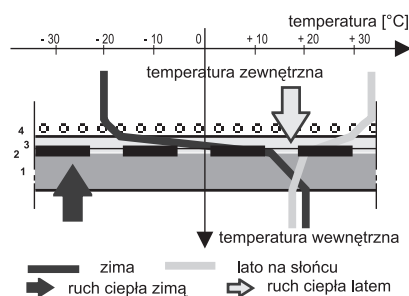
\* Baza Doradztwa Budowlanego BDB  
www.bdb.com.pl



Rys. 2. Rozkład temperatury latem i zimą w warstwach stropodachu w układzie klasycznym: 1 – płyta stropowa; 2 – termoizolacja; 3 – warstwa dociskowa (alternatywnie); 4 – papa bitumiczna lub membrana dachowa

Należy podkreślić, że w układzie klasycznym stropodachu mamy do czynienia z największą amplitudą zmian temperatury występującej na warstwie hydroizolacyjnej: od  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  i więcej zimą do ponad  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  latem w cieniu, a na stronie wystawionej na słońce nawet sięgającej  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tak duże zmiany temperatury hydroizolacji wymuszają na projektancie dużą staranność w doborze materiałów oraz opracowanie detali rozwiązań dylatacji hydroizolacji.

Cechą charakterystyczną stropodachu w układzie odwróconym jest lokalizacja warstwy hydroizolacyjnej bezpośrednio na stropie (rysunek 3). Siłą rzeczy warstwa termoizolacji znajduje się po stronie mokrej. Wynika z tego konieczność stosowania materiałów termoizolacyjnych o jak najmniejszej nasiąkliwości. W stropodachu w układzie odwróconym warstwa hydroizolacji podlega znacznie mniejszym wahaniom temperatury, ale wobec dłuższego jej kontaktu z wodą i mikroorganizmami zalegającymi pod termoizolacją musi cechować się zwiększoną odpornością na korozję biologiczną. Natomiast warstwa termoizolacji podlega znacznie



Rys. 3. Rozkład temperatury latem i zimą w warstwach stropodachu w układzie odwróconym: 1 – płyta stropowa; 2 – papa; 3 – warstwa termoizolacyjna; 4 – warstwa dociskowa

większym ruchom termicznym niż w rozwiązaniu poprzednim.

W każdym z omawianych układów stropodachu, na skutek ruchów termicznych, w różny sposób będą się zmieniać wymiary liniowe poszczególnych warstw, co musi być ujęte w projekcie w postaci rozwiązań detali dylatacji każdej warstwy. Przykładowo papa bitumiczna lub membrana dachowa PVC mające współczynnik rozszerzalności termicznej ok.  $0,16\text{ mm/mK}$  przy wzroście temperatury o  $40\text{ }^{\circ}\text{K}$  rozszerzą się na długości  $100\text{ m}$  aż o  $640\text{ mm}$ . Styropian mający współczynnik rozszerzalności termicznej ok.  $0,07\text{ mm/mK}$  rozszerzy się w tych samych warunkach o  $280\text{ mm}$ , a beton o  $50\text{ mm}$ .

### Dobór termoizolacji

Materiał stosowany do ocieplania stropodachów niewentylowanych musi spełniać znacznie ostrzejsze wymagania niż termoizolacja innych przegród budowlanych. Te wymagania to:

- niska wartość współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$ ;
- możliwie najmniejsza zależność przewodności cieplnej od wilgotności;
- możliwie najmniejsza nasiąkliwość;
- duża wytrzymałość na ściskanie;
- duża odporność na procesy biologiczne;
- niepalność.

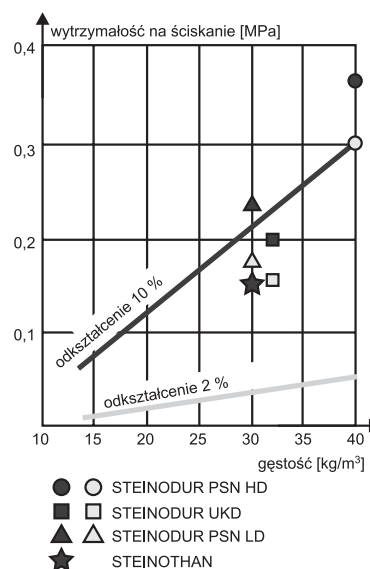
Potrzeba jak najniższej przewodności cieplnej termoizolacji wynika z chęci uzyskania możliwie najmniejszej grubości tej warstwy, co nie tylko obniża koszty inwestycyjne, ale także mniej komplikuje rozwiązania konstrukcyjne stropodachu. Dobre materiały termoizolacyjne mają współczynnik przewodności cieplnej  $\lambda$  poniżej  $0,04\text{ W/mK}$ . Jak największe uniezależnienie się przewodności cieplnej od wilgotności termoizolacji powoduje uzyskiwanie podczas eksploatacji budynków strat ciepła przez przenikanie zgodnych z obliczeniowymi. Taki komfort zapewniają wyłącznie materiały, które są nienasiąkliwe.

Duża wytrzymałość na ściskanie termoizolacji wynika z konieczności stosowania jeśli nie łączników dociskających termoizolację do podłoża, to warstw dociskających. Wielkość docisku jest tym większa, im wyżej nad poziomem terenu został wyniesiony stropodach, gdyż większa jest wówczas siła ssąca wiatru, która na wysokości  $55\text{ m}$  nad poziomem terenu osiąga wartość nawet

$170\text{ kG/m}^2$ . Innym obciążeniem ściskającym termoizolację jest ciężar warstwy dociskowej (do  $300\text{ kG/m}^2$ ) oraz zalegająca zimą śnieg.

Odporność termoizolacji na procesy biologiczne jest szczególnie ważna w przypadku stropodachów w układzie odwróconym lub dachów zielonych. W tych przypadkach mamy do czynienia z długim zaleganiem sączącej się wody w kierunku odpływów z dachu. Są to wody opadowe przepływające warstwę balastową lub substraty zieleni, a więc zawierające ogromne ilości mikroorganizmów i związków mineralnych. Korozja biologiczna niszczy właściwości termoizolacyjne i rozszerza się na sąsiadujące warstwy: hydroizolacji; paroizolacji lub podłoża. Niepalność a przynajmniej nierozprzestrzenianie ognia i brak toksyczności na wypadek pożaru wynika z potrzeby ochrony pożarowej budynków.

Materiałami spełniającymi wymienione wymagania są niewątpliwie styropiany grupy STEINODUR® produkowane przez firmę IZOTERM, których współczynnik przewodzenia ciepła wynosi ok.  $0,034\text{ W/mK}$ , a nasiąkliwość wodą zaledwie  $0,3\%$ . Na uwagę zasługuje bardzo duża wytrzymałość na ściskanie tych wyrobów, które przy odkształceniu  $2\%$  uzyskują wytrzymałość, jak inne materiały na rynku przy odkształceniu  $10\%$  (rysunek 4) oraz dość niska wartość współczynnika oporu dyfuzyjnego  $\mu$  wynosząca ok.  $60$ , co znacznie ułatwia dyfuzję pary wodnej przez stropodach do atmosfery.



Rys. 4. Wytrzymałość na ściskanie produktów firmy IZOTERM na tle produktów dostępnych na rynku

## Rola paroizolacji w układzie klasycznym

Paroizolacja leżąca bezpośrednio na stropie ma za zadanie jeśli nie wyeliminować, to maksymalnie zmniejszyć przenikanie pary wodnej z pomieszczeń leżących pod stropodachem do warstwy termoizolacyjnej. W praktyce spotyka się wiele odstępstw od tego rozwiązania spowodowanych szukaniem oszczędności. Taka beztroška wynika z faktu, iż nikt nie sprawdza podczas eksploatacji, czy charakterystyka cieplna stropodachu spełnia projektowane parametry. Z chwilą, gdy cytowane na wstępie artykułu przepisy wejdą w życie, użytkownik lub nabywca lokalu czy całego budynku będzie miał prawo żądać albo przywrócenia projektowanych parametrów cieplnych, albo rekompensaty w kosztach eksploatacji. Certyfikat energetyczny to nie będzie tylko kawałek papieru, lecz podstawowy dokument wartości obiektu.

Przeanalizujemy konkretny stropodach w Warszawie. Na stropie żelbetowym grubości 20 cm ułożona jest termoizolacja z płyt STEINODUR® PSN LD grubości 20 cm i warstwa hydroizolacji, np. samoprzylepna papa bitumiczna. Jeśli nie zastosuje się paroizolacji na stropie (co jest częstym przypadkiem), uzyska on następujące parametry w warunkach stacjonarnych:

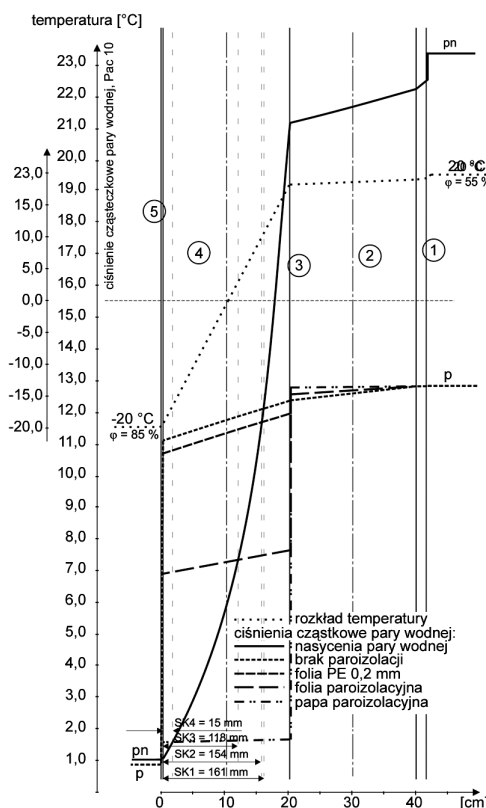
- współczynnik przenikania ciepła  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- gęstość przenikającego strumienia ciepłego  $q = 6,477 \text{ W/m}^2$ ;
- gęstość strumienia dyfuzji pary wodnej  $q_v = 0,0067 \text{ g/m}^2\text{h}$ ;
- sumaryczny opór dyfuzyjny stropodachu  $R_v = 179 \text{ 256 m}^2\text{hPa/g}$ .

Rozkład temperatury oraz ciśnień cząstkowych pary wodnej w stropodachu przedstawia rysunek 5, na którym widać negatywne skutki pominięcia paroizolacji, gdyż na całej niemal grubości termoizolacji powstaje strefa kondensacji pary wodnej SK1 = 161 mm. Taki stan jest niedopuszczalny.

Rozważmy inny przypadek – niezwykle często spotykany w krajowych projektach, a mianowicie zastosowanie folii PE grubości 0,2 mm jako paroizolacji. Wówczas gęstość strumienia dyfuzji pary wodnej wynosi  $q_v = 0,0064 \text{ g/m}^2\text{h}$  (mniejsza za ledwie o 4,5%), natomiast strefa kondensacji SK2 = 154 mm (zmalowała tylko o 7 mm). Wniosek stąd

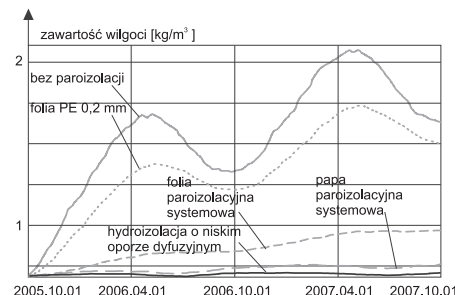
taki, że zwykła folia PE grubości 0,2 mm nie stanowi paroizolacji stropodachu, a jej stosowanie jest fikcją! Jeśli zastosuje się systemową folię paroizolacyjną, np. o oporze  $S_d = 80 \text{ m}$ , gęstość strumienia dyfuzji pary wodnej zmniejszy się do wartości  $q_v = 0,0039 \text{ g/m}^2\text{h}$  (o 42%), a strefa kondensacji SK3 = 118 mm (zmniejszy się o 43 mm). Jest to duża poprawa, ale wynik niesatysfakcjonujący. Dopiero zastosowanie systemowej paroizolacyjnej papy bitumicznej z wkładką aluminiową, np. o oporze  $S_d = 1500 \text{ m}$ , pozwala uzyskać spadek gęstości strumienia dyfuzji pary wodnej do wartości  $q_v = 0,00046 \text{ g/m}^2\text{h}$  (mniejszy o 93%) i strefę kondensacji SK4 = 15 mm (zmaleje aż o 146 mm).

Wnioski z analizy pracy stropodachu w cieplno-wilgotnościowych warunkach stacjonarnych są podstawą jedynie do wstępnego doboru materiałów poszczególnych warstw. Ostateczne rozwiązania określa się wyłącznie na podstawie symulacji zachowania się stropodachu w warunkach rzeczywistych, czyli występujących w danej lokalizacji budynku.



Rys. 5. Rozkład temperatury i ciśnienia cząstkowych pary wodnej w stropodachu w warunkach stacjonarnych: 1 – tynk gipsowy 15 mm; 2 – płyta żelbetowa 20 cm; 3 – paroizolacja; 4 – STEINODUR PSN LD 20 cm; 5 – 2 x papa zgrzewalna

Obecnie można tego dokonać, korzystając z programu WUFI. Wilgotności warstwy termoizolacyjnej w stropodachu w omawianych czterech przypadkach na przestrzeni kolejnych 24 miesięcy przedstawiono na rysunku 6. Wniosek jest jednoznaczny: **brak paroizolacji na stropie lub zastosowanie zwykłej folii PE wyklucza takie rozwiązania, gdyż ilość wilgoci zdolnej do odparowania latem jest znacznie mniejsza niż ilość kondensującej pary wodnej zimą i zachodzi niedopuszczalna kumulacja wilgoci w warstwie termoizolacyjnej.** Przez



Rys. 6. Rzeczywista wilgotność warstwy styropianu w stropodachu, w kolejnych dwóch latach, z zastosowaniem różnych materiałów paroizolacyjnych

zwiększenie oporu dyfuzji paroizolacji nie osiągnie się już więcej korzyści, gdyż na tym stropodachu trzeba zastosować hydroizolację o możliwie najmniejszym oporze dyfuzji pary wodnej.

## Wnioski

Na podanym przykładzie widać jasno, iż wkrótce do lamusa pójdą obecne zakresy projektów budowlanych i wykonawczych, w których nie precyzuje się parametrów technicznych i fizycznych dobieieranych materiałów i technologii, podając jedynie ogólnikowe i enigmatyczne zapisy dające szerokie pole manewru wykonawcom i inwestorom. Jest to największa szkoda, jaką można wyrządzić nie tylko budynkom, ale przede wszystkim kieszeniom nabywców mieszkań i domów.

Producentów także czeka nowe podejście. Muszą w szybkim tempie wykonać wiele badań określających brakujące dane fizyczne produkowanych wyrobów budowlanych, potrzebne do solidnego projektowania.