

dr hab. inż. Robert Wójcik, prof. UWM\*  
mgr inż. Piotr Kosiński\*

# Jak zapewnić szczelność powietrzną poddaszy użytkowych

*Seeming airtightness of usable attics*

**Streszczenie.** Opisano stan cieplny poddaszy użytkowych. Przedstawiono problem uzyskania szczelności powietrznej przegród szkieletowych stanowiących obudowę poddaszy. Zwrócono uwagę na pozornie uzyskaną szczelność. Opisano straty ciepłe związane z przewiewaniem materiałów włóknistych wbudowanych w przegrody szkieletowe.

**Słowa kluczowe:** szczelność powietrzna, poddasza, infiltracja, materiały włókniste.

**Abstract.** The thermal state of usable attics is described. The work presents the problem of airtightness of frames structures forming the envelope of attics. The seeming resulting airtightness is highlighted. The heat loss associated with wind washing the fibrous materials embedded in timber structures is described.

**Keywords:** airtightness, attics, infiltration, fibrous materials.

Wraz z rosnącymi kosztami gruntów, budowy oraz eksploatacji obiektów, wznoszenie budynków z wydzielonymi częściami nieużytkowymi przestaje być racjonalne. Powszechne staje się wykorzystanie poddaszy w budynkach jedno- i wielorodzinnych. Podaje się również modernizacji poddasza budynków istniejących, w tym także podlegających ochronie konserwatorskiej, w których dużym utrudnieniem ograniczającym modernizację są skomplikowane układy więźb ciesielskich oraz konieczność wykonania okien połaciowych. O ile projektanci dość dobrze sobie radzą z opracowaniem nowej funkcji użytkowej takich przestrzeni, to już z ich ochroną cieplną jest znacznie gorzej. Poprawie tej sytuacji mają sprzyjać nowe zapisy zaktualizowanych Warunków Technicznych, w których zauważa się występowanie nadmiernych strat ciepła spowodowanych przewiewaniem. Wyrazem tego jest zalecenie projektowania szczelnych przegród oraz wykonywania badań w tym zakresie. Jednak bez sprecyzowania szczegółów dotyczących np. wskazywania etapu, w którym tego typu kontrolę należy przeprowadzić, oczekiwane efekty mogą być zaprzepaszczone.

W praktyce pomiary szczelności powietrznej są wykonywane sporadycznie i to głównie z inicjatywy wyzębionych i narzekających na wysokie koszty ogrzewania mieszkańców. Badania prowadzone na etapie użytkowania

mogą dawać jednak zniekształcone wyniki, bowiem wymagana szczelność powietrzna może być zapewniona jedynie dzięki ciągłości warstw materiałów zlokalizowanych bezpośrednio przy wewnętrznej powierzchni przegrody. Są to najczęściej płyty gipsowo-kartonowe oraz folie o różnorodnym i niekoniecznie paroizolacyjnym przeznaczeniu. Jeżeli warstwy te są ułożone poprawnie, badania szczelności powietrznej mogą dać satysfakcjonujący wynik, choć cała warstwa materiału termoizolacyjnego podlega cyklicznemu przewiewaniu na skutek wadliwego ułożenia lub braku zewnętrznej izolacji przeciwwietrznej. Takie sytuacje niestety obnaża najczęściej dopiero pierwszy sezon zimowy, podczas którego lokatorzy przy wietrznej pogodzie zauważają wyzębienie mieszkań. Nie są to przypadki odosobnione i dotyczą nawet całych nowo pobudowanych osiedli domów jedno- i wielorodzinnych, w których uzyskano jedynie **pozorną szczelność powietrzną**.

Omówioną sytuację dobrze ilustruje konkretny przypadek. W jednym z wielu badanych przez nas obiektów (niestety już w toku postępowania sądowego), świadomą rezygnację z izolacji przeciwwietrznej wykonawca osiedla domków jednorodzinnych tłumaczył: *potrzebą ochrony przyszłych mieszkańców przed chodzeniem w płaszczach ortalionowych w upalne dni*. Ta argumentacja, przygotowana na potrzeby procesu sądowego, nie ma nic wspólnego z rzeczywistą funkcją i właściwościami fizycznymi nowoczesnych izolacji przeciwwietrznych. Można zgo-

dzić się z tym, że w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku prekursorzy izolacji przeciwwietrznych stosowali materiały paroszczelne, np. popularny wówczas na terenie np. NRD parafinowany papier. Kilkadziesiąt lat rozwoju tej technologii doprowadziło jednak do opracowania membran w pełni otwartych dyfuzyjnie, a nawet transportujących kondensat wodny w kierunku zewnętrznym jednokierunkowo.

**Poddasza charakteryzuje duży udział powierzchni przegród zewnętrznych szczególnie narażonych na przewiewanie.** Badania szczelności powietrznej wykazują, że poddasza, szczególnie te adaptowane na cele mieszkalne, w których układanie poszczególnych warstw jest utrudnione, są przestrzeniami bardzo podatnymi na przenikanie powietrza, często nawet w stopniu uniemożliwiającym utrzymanie minimalnych wymagań termicznych. Wynika to głównie ze szczególnie niekorzystnego położenia tej części budynku, narażonej na silne oddziaływanie czynników atmosferycznych, zwłaszcza wiatru. W obrębie poddaszy parcie oraz ssanie wiatru powodują powstawanie stref o różnych wartościach ciśnienia. Dodatkowo, nagrzewanie i chłodzenie połączy dachowej wywołuje ruch powietrza przy powierzchni dachu, a to, podobnie jak w przypadku wiatru, sprzyja powstawaniu stref nieizobarycznych. Również ruch powietrza wewnątrz pomieszczeń jest przyczyną różnorodności pól ciśnienia na powierzchni przegród. Różnica wysokości, a przez to temperatury i gęstości powietrza, między parte-

\* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli

rem a poddaszem powoduje konwekcyjny, pionowy ruch powietrza w budynku zwany efektem kominowym. Im wyższy budynek, tym oddziaływania te stają się bardziej niekorzystne.

Różnice ciśnienia między budynkiem a jego otoczeniem przyjmują zmienne wartości, jednak występują praktycznie przez cały rok. Skuteczne zabezpieczenie przegród budowlanych przed filtracją powietrza powinno uwzględniać notoryczność i zmienność kierunku przepływu. Przegrody szkieletowe, a do takich należy zaliczyć połąć dachową, wymagają zastosowania materiałów powietrzno-szczelnych. Konstrukcja szkieletowa powinna zawierać dwie osłony: wewnętrzną i zewnętrzną zabezpieczające przegrody budynku przed różnym oddziaływaniem. Na rynku budowlanym dostępne są systemy wielofunkcyjnych membran paroizolacyjnych oraz paroprzepuszczalnych wiatroizolacji, charakteryzujących się zmiennym oporem dyfuzyjnym, zależnym od parametrów wilgotnościowych i temperatury powietrza. Dostępne są również katalogi techniczne uszczelnień narożników, węzłów, gniazd, przepustów instalacyjnych itd., które niestety w praktyce są rzadko stosowane, pomimo że Warunki Techniczne nakładają obowiązek projektowania i wykonywania przegród pod kątem uzyskania przez nie całkowitej szczelności na przenikanie powietrza.

**Pomiary szczelności** powietrznej można przeprowadzać metodą ciśnieniową oraz mniej popularnymi metodami zaniku, stałej iniekcji lub stałego stężenia gazu znacznikowego. Ze względu na krótki czas badań, a przez to niższy koszt oraz łatwą identyfikację szczelin korzystne jest wykonanie badań metodą ciśnieniową. Zgodnie PN-EN 13829:2002 *Właściwości cieplne budynków – Określanie przepuszczalności powietrznej budynków – Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora* pomiarami powinny zostać objęte klimatyzowane lub wentylowane mechanicznie pomieszczenia. W praktyce sprowadza się to najczęściej do całego nadziemnego obiektu. Ciśnieniowe pomiary szczelności powietrznej mogą zostać przeprowadzone po zakończeniu wykonania obudowy budynku. Należy podkreślić, że wstępne pomiary szczelności dają większą możliwość usunięcia nie-

szczelności niż po zakończeniu prac budowlanych.

Wstępne pomiary szczelności, przeprowadzane na etapie układania paroizolacji lub tzw. opóźniacza przepływu pary, bądź już konstruowania rusztu i suchych tynków, umożliwiają lokalizację szczelin znajdujących się w warstwach wewnętrznych przegrody, ale nie wnoszą informacji na temat szczelności warstw zewnętrznych. Materiały włókniste, głównie używane jako termoizolacje połąć dachowych, są szczególnie podatne na przewiewanie. Specyficzna budowa tych materiałów (ponad 90% porowatości) wymaga więc dodatkowego zabezpieczenia ich przed przepływem powietrza. Na fotografii 1a pokazano w powiększeniu mikroskopem elektronowym budowę luźnej wełny mineralnej. W celu łatwiejszej obserwacji ułożenia włókien pozyskany obraz przekształcono algorytmem wykrywania krawędzi. Duża porowatość oraz chaotyczność ułożenia włókien sprzyjają filtracji powietrza. W związku z tym szczególnie termoizolacje włókniste powinny być osłonięte membraną wiatroszczelną od strony zewnętrznej. W przeciwnym przypadku, pomimo występowania izolacji powietrzno-szczelnej od wnętrza pomieszczenia, będą ulegały przewiewaniu. Na fotografii 1b, w tym samym powiększeniu i przy zastosowaniu tej samej techniki, pokazano otwartą dyfuzyjnie dla pary wodnej wiatroizolację wykonaną z włókien polipropylenowych. Wiatroszczelne izolacje membranowe powinny przepuszczać parę wodną w kierunku zewnętrznym, jednocześnie blokując przepływ powietrza. Materiał ten składa się z wielo-

#### Charakterystyka poszczególnych warstw analizowanej przegrody

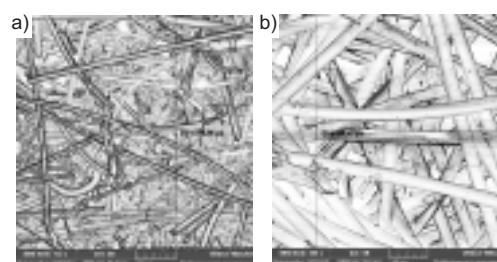
Warstwa	Współczynnik $\lambda$ [W/mK]	Grubość d [m]	Szczelność powietrzna	Przepuszczalność powietrzna $\kappa$ [m <sup>2</sup> ]
Płyta g-k	0,22	0,0125	tak	–
Membrana paroizolacyjna	–	–	tak	–
Wełna mineralna	0,40	0,20	nie	$6,62 \cdot 10^{-6}$
Membrana wiatroizolacyjna	–	–	tak	–

warstwowej siatki grubych włókien, która dynamicznie opiera się podmuchom powietrza.

Izolacje powietrzno-szczelne, wewnętrzne i zewnętrzne, musi cechować ciągłość. Pozostawianie szczelin między arkuszami membrany lub między membraną a innymi elementami przegrody jest niedopuszczalne i prowadzi

do intensyfikacji strat ciepłych. Na fotografii 2 pokazano połąć dachową z nieprawidłową ochroną przeciwwietrzną. Chociaż zastosowano membranę paroizolacyjną od wnętrza pomieszczenia, a po stronie zewnętrznej użyto wiatroizolacji jako membrany dachowej, nie zadbano o szczelność połączeń. Wbudowana w połąć wełna mineralna była przewiewana, co jest widoczne na termogramie.

Symulację cieplną przegrody szkieletowej poddanej filtracji powietrza wykonano za pomocą programu Delphin. W tabeli zestawiono parametry przegrody wykorzystane do symulacji. Analizowany przekrój składał się z płyty



Fot. 1. Powiększenie: a) włókien luźnej wełny mineralnej; b) polipropylenowej membrany wiatroizolacyjnej; przekształcone algorytmem wykrywania krawędzi



Fot. 2. Przewiewana połąć dachowa izolowana wełną mineralną

gipsowo-kartonowej od strony wewnętrznej, membrany paroizolacyjnej, wełny mineralnej i membrany wiatroizolacyjnej. W związku z tym, że udział membrany w procesie przewodzenia ciepła jest znikomy, ich obecność decydowała wyłącznie o filtracji powietrza przez przegrodę. Symulacje przeprowadzono przy temperaturze  
(dokończenie na str. 6)