

Blaski i cienie izolacji termicznych

Przegroda budowlana oddziela wewnątrz budynku od środowiska zewnętrznego. Warunki jakie panują zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz stale oddziałują na materiały, tworzące przegrodę oraz mają wpływ na ich właściwości użytkowe. Dlatego, w celu dokonania właściwego wyboru materiału, niezbędne jest zrozumienie zasad jego funkcjonowania.

Podjęwając decyzję dotyczącą wyboru rodzaju izolacji cieplnej stajemy przed dwoma pytaniami. Po pierwsze, należy scharakteryzować efekty czynników, mających wpływ na właściwości użytkowe materiału, Czynniki takie jak osiadanie izolacji celulozowej, starzenie pianek napełnionych gazem, efekt konwekcyjnego przepływu powietrza na izolacje z włókna szklanego o niskiej gęstości, wpływ zawilgocenia izolacji na ich właściwości użytkowe muszą być uwzględniane w ocenie materiałów izolacji cieplnej. Drugim ważnym aspektem jest opracowanie metody oceny, która pozwoliłaby na otrzymanie zależności w funkcji tych izolacji w rzeczywistych warunkach użytkowania w budynkach, nazwijmy to działalnością polową.

Naukowcy studiują wpływ różnych czynników środowiskowych on materiały budowlane, ale te studia rzadko prowadzi do praktycznych zaleceń użytkowania. Dlaczego? Głównym powodem jest fakt, iż producenci rywalizują ze sobą opierając się na relatywnych systemach oceny. Większość tych systemów została wypracowana dla porównania różnych materiałów sprzedawanych w tym samym celu i nie ma nic wspólnego z charakterystyką energetyczną danego budynku. Jeżeli chce zastąpić użycie włókna szklanego przez użycie włókna bazaltowego czy celulozowego to nie mam problemu – normy pozwalają na to. Jeśli chce zastąpić użycie włókna szklanego przez natryskową piankę poliuretanową – to nasze normy nie dają mi podstaw do decyzji. Odpowiedzialność za charakterystykę energetyczną budynków przejmuje projektant, chyba że zatrudni w tym celu odpowiedniego konsultanta. Projektant, jednakże nie otrzymuje żadnych wskazówek technicznych ze strony społeczności akademickiej.

Arbitralne, porównawcze testy

Jako przykład cytujemy fragment z normy, opracowanej przez ASTM (Amerykańskie Stowarzyszenie Badań i Materiałów) dotyczącej pianki poliuretanowej:

Zmiany wymiarów mierzone są po poddaniu trzech próbek następującym warunkom ekspozycji:

- A 28 dni w warunkach $(-20 \pm 3) ^\circ\text{C}$, $(50 \pm 5) \%$ wilgotności względnej;
- B 28 dni w warunkach $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(50 \pm 5) \%$ wilgotności względnej; oraz
- C 28 dni w warunkach $(70 \pm 3) ^\circ\text{C}$, $(97 \pm 3) \%$ wilgotności względnej;

Procentowa zmiana w objętości oraz długości powinna być określona dla wszystkich warunków ekspozycji oraz dla każdej badanej próbki. Wyniki należy przedstawiać jako "plus %" w wypadku wystąpienia rozszerzalności oraz jako "minus %", gdy mamy do czynienia ze skurczem.

Stabilność wymiarowa bez substratu: % zmiana objętości w temperaturze:	jednostka	min	max	sekcja 5.5.8
-20°C	%	-2	+5	
80°C		-2	+8	
70°C, (97 ± 3) % RH		-2	+14	

Dla wilgotnej pianki, przy jednoczesnym wysokim poziomie promieniowania słonecznego, któremu poddany jest budynek, dopuszcza się 14% ekspansji wymiarowej. Innymi słowy,

według norm, dla pianki poliuretanowej 3 m x 3 m x 100 mm (0.9 m³) standardowa przyjmowana jednorodna ekspansja w kierunku grubości i dwóch pozostałych wymiarów może wynosić 50 mm. Gdyby przytoczony przypadek był prawdziwy, taki materiał nie mógłby być używany w żadnym procesie budowlanym gdyż odkształcenie o 50 mm na 3 m długości jest nie do przyjęcia. Co więcej, po przetestowaniu szeregu pianek poliuretanowych w warunkach wilgotności względnej na poziomie 95- 97%, zaobserwowano bardzo niski poziom występujących w wyniku kondensacji odkształceń. Ponadto stabilność wymiarowa pianki pod wpływem gradientu temperatury jest inna niż stabilność mierzona w warunkach izotermicznych. Mając świadomość tych różnic, rodzi się pytanie: dlaczego komitet ASTM nie pracuje nad lepszą metodą badań?

Odpowiedź jest prosta – normy są stworzone dla producentów, przeprowadzających analizę porównawczą poszczególnych pianek, nie mającą nic wspólnego z badaniem właściwości materiału w warunkach polowych. Przykłady można by mnożyć, lecz ten jest wystarczający, by podkreślić różnicę między charakterystyką energetyczną a analizą porównawczą materiałów.

Pianki izolacyjne ze środkiem porotwórczym

W wyniku produkcji pianki izolacyjne takie jak pianka poliuretanowa (PU), pianka z ekstrudowanego polistyrenu (XPS) czy pianka poliizocyanurowa (PIR) nie posiadają w porach powietrza, a jedynie środki tworzące pory. Powietrze zewnętrzne dyfunduje do wnętrza i stężenie środka porotwórczego maleje w wyniku absorpcji pary przez ścianki pianki oraz niewielką, lecz ciągłą dyfuzję na zewnątrz materiału. Razem ze zmianą składu gazu w porach, zmienia się również charakterystyka termiczna materiału. W wyniku zmiany ciśnienia w porach, pianka będzie się rozszerzać bądź kurczyć.

Metodologia badań długotrwałych właściwości termicznych została stworzona w latach 1990. W celu zredukowania czasu trwania badania, zakładała poddanie testom w różnych warunkach środowiska cienkich (od 5 do 10 mm) warstw materiału. Następnie otrzymane w wyniku testów na cienkich warstwach wyniki przedstawiano jako funkcję od czasu dla obliczenia własności określających 15 lat funkcjonowania w warunkach polowych. Ta metodologia została zweryfikowana na podstawie ekspozycji różnych pianek w rzeczywistych warunkach funkcjonowania. Na jej podstawie utworzono normy ASTM oraz ISO, które jednak są zadko używane ze względu na brak formalnych wymagań długotrwałej analizy działania izolacji termicznej.

W Stanach Zjednoczonych, dla izolacji z włókien mineralnych, narodowe kryteria zatwierdzania materiału używają dużej ilości próbek. Używać 3 próbki pozwala na otrzymanie średniej przeprowadzonych testów kwalifikujących na poziomie 10% niższym niż deklarowana wartość na etykiecie. Kanadyjskie normy oparte są na pomiarach 3 próbek a Europejskie uwzględniają statystykę pobierania próbek. W wyniku różnych sposobów pobierania próbek, różnice między kanadyjskimi i europejskimi wartościami w normach oscylują w granicy 1 %, zaś małe partie amerykańskich produktów mają 6 – 8 % niższą charakterystykę termiczną niż europejskie.

Izolacje termiczne wytwarzane in situ (w terenie)

W USA płyty z włókna szklanego oraz izolacje celulozowe wciąż mają gęstość na poziomie połowę mniejszym niż 20 lat temu. Ta redukcja (a co za tym idzie pogorszenie charakterystyki termicznej) stworzyła niszę rynkową dla innych materiałów, wytwarzanych na placu budowy

(takich jak natryskowa pianka poliuretanowa czy natryskowa izolacja z włókna mineralnego czy cellulozowy), które wypełniają nieregularne przestrzenie przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu oporu cieplnego. Jednakże, jakość produktu zależy od wiarygodności instalatora, który podczas aplikacji izolacji z włókna celulozowego musi wziąć pod uwagę 21-procentowy wskaźnik korekcyjny dla osiadania izolacji celulozowej.

Testy nie odnoszą się do rzeczywistych warunków w eksploatacji

W Europie technicy podjęli próbę zredukowania luki między charakterystyką materiałów budowlanych w laboratorium i w terenie poprzez wprowadzenie dwóch mierników właściwości termicznych: deklarowanych oraz projektowych. Wartość deklarowana jest szacunkiem statystycznym i oznacza spodziewaną wartość charakterystyki termicznej materiału budowlanego lub produktu, otrzymaną poprzez pomiar wartości w temperaturze odniesienia i danej grubości, wyrażoną na określonym poziomie ufności. Wartość projektowana jest szacowana wartością charakterystyki termicznej materiału budowlanego lub produktu, daną w warunkach odpowiadających typowej instalacji w budynkach zgodnie z klimatem, w którym są położone oraz ich warunkami użytkowania.

Użycie tych dwóch koncepcji może zilustrować przykład szwedzki. Według Szwedzkiego Prawa Budowlanego (SBN), projektowana przewodność cieplna wstępnie formowanych izolacyjnych płyt pilśniowych klasy A różni się w zależności od starzenia, zawartości wilgoci oraz typowych warunków wykonania. Na przykład norma dopuszcza projektowaną przewodność cieplną na poziomie 0.038 W/(m °K) dla płyt przytwierdzonych do arkuszy nieprzepuszczających powietrza i używanych ponad poziomem gruntu; 0.040 W/(m °K) dla innych zastosowań materiału, używanych ponad poziomem gruntu; 0.042 W/(m °K) dla materiału przeznaczonego na strop na gruncie w wypadku zapewnionego drenażu powierzchniowego; oraz 0.060 W/(m °K) dla materiału na zewnątrz ściany piwnicy w wypadku zapewnionego odwodnienia fundamentów.

Podczas gdy niektóre z tych wartości mogą być kontrowersyjne, wartości te są zdecydowanie bliższe rzeczywistej charakterystyce niż wartości laboratoryjne. Co więcej, technicy nie badają charakterystyki w terenie; zajmują się jedynie szukaniem zależności między szacunkami laboratoryjnymi a danymi z pomiarów terenowych.

Podsumowując, na rynku północno-amerykańskim można zaobserwować rosnącą popularność pianek poliuretanowych aplikowanych in-situ, nawet mimo wysokiej ceny. Produkty te mogą łączyć w sobie funkcję bariery powietrznej, izolacji termicznej oraz kontroli wilgoci, a także – w przeciwieństwie do izolacji celulozowych – nie muszą być chronione przed działaniem warunków atmosferycznych (z wyjątkiem promieniowania UV). Biorąc pod uwagę ekologiczność rozwiązania, liderem są płyty izolacyjne z włókien drzewnych, wytworzone z włókien dwuskładnikowych lub spoiw polimerowych. W przeciwieństwie do płyt z włókien mineralnych, wymagających znaczącej ilości włókien rozmieszczonych prostopadle, płyty z włókna drzewnego współpracują z tynkiem zewnętrznym. Dzięki właściwościom akustycznym i cieplno-wilgotnościowym materiały te zaczynają konkurować z piankami. Nano-materiały oraz panele izolowane próżniowo, ze względu na cenę, wciąż jeszcze nie są brane pod uwagę.

W przypadku materiałów używanych w kontroli środowiskowej istnieje duży niedobór danych dotyczących ich funkcjonowania, ze względu na niewielki popyt na tego typu testy i badania. Większość uwagi projektantów pochłaniało bezpieczeństwo ogniowe projektowanych budynków, co przyczyniło się do zmarginalizowania problemów fizyki budowli.

Efektywność izolacji termicznych

Indeks efektywności cieplnej to stosunek rzeczywistego, wielowymiarowego przepływu ciepła przez przegrodę do sumy oporów cieplnych wszystkich warstw to jest jednowymiarowego

przepływu ciepła przez wirtualną przegrodę bez żadnych mostków cieplnych. Poniżej ukazano charakterystykę termiczną typowej ściany o drewnianej konstrukcji szkieletowej bez oraz z zewnętrzną izolacją cieplną.

Współczynnik efektywności w ścianie o drewnianej konstrukcji szkieletowej 28x89 mm bez oraz z izolacją zewnętrzną

współczynnik materiału W/mK	Opór cieplny warstwy izolacji m ² K/W	Opór cieplny ściany, center of cavity m ² K/W	Zastępczy opór cieplny z 2D m ² K/W	Redukcja z wartości nominalnej oporu cieplnego,	Indeks efektywności cieplnej ---
0.046	1.94	2.26	2.00	11.3%	0.89
0.036	2.47	3.79	2.36	15.5%	0.85
0.024	3.70	4.02	3.06	23.9%	0.76
Jak wyżej	Opór cieplny izolacji zew.	Jak wyżej	Jak wyżej	Jak wyżej	Jak wyżej
0.046	1.0	3.25	3.01	7.4%	0.93
0.046	1.6	3.85	3.61	6.2%	0.94

Powyższa tabela ukazuje, iż redukcja współczynnika przenikalności cieplnej jest większa w przypadku zastosowania bardziej efektywnych izolacji wewnątrz ściany oraz że użycie ciągłej izolacji zewnętrznej jest prostym sposobem na poprawienie efektywności cieplnej przegrody. Zostało przyjęte, iż $R_{si} = 1.0$, ponieważ ta wartość odpowiada grubości 1.5 cala typowej pianki EPS. Jest oczywiste, że wymaganie ciągłej zewnętrznej warstwy izolacji dla konstrukcji szkieletowych jest całkowicie uzasadnione.

W podsumowaniu możemy stwierdzić, że projektant musi wymagać od producentów izolacji termicznej więcej niż laboratoryjne badania porównawcze, musi wymagać także informacji o trwałości material w terenie, odkształceniach cieplnych i wilgotnościowych oraz takich danych fizycznych jak przenikanie ciepła, powietrza i wilgoci.