

dr inż. Katarzyna Łaskawiec*

Parametry cieplne ścian z ABK oraz metodologia ich wyznaczania

Polska zajmuje pierwsze miejsce w Europie pod względem wielkości produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK), która stanowi ok. 10% produkcji światowej. Beton komórkowy ma najkorzystniejszą izolacyjność cieplną spośród materiałów izolacyjno-konstrukcyjnych stosowanych przy wznoszeniu ścian zewnętrznych. Naturalnym izolatorem zawartym w materiale jest powietrze. Każde obliczenia wymiany ciepła w budynkach powinny opierać się na znajomości zmierzonych parametrów λ , c_p i a materiałów, z których wykonano przegrody. Żle przyjęte parametry mogą spowodować nawet kilkudziesięcioprocentowe odchyłki od prawidłowo wykonanych obliczeń. Ma to ogromne znaczenie przy przyjmowaniu założeń do świadectwa charakterystyki energetycznej budynków. Konsekwencje popełnionych błędów mogą dotknąć nie tylko projektantów, ale również deweloperów lub inwestorów.

Istnieje wiele metod wyznaczania współczynnika przewodzenia ciepła począwszy od metod stacjonarnych, polegających na pomiarze strumienia ciepła przenikającego przez próbkę materiału w warunkach ustalonych, do metod nieustalonego strumienia ciepła, w których próbkę rozgrzewa się przez element grzejny lub impuls laserowy. Każda z metod charakteryzuje się pewnymi specyficznymi cechami określającymi jej przydatność. Bardzo dokładne metody stacjonarne wymagają stosunkowo dużych płasko-równoległych próbek, a ponadto czas pomiaru jest długi. Metody niestacjonarne pozwalają na stosunkowo szybki pomiar, jednak ze względu na dynamiczny charakter nie mają takiej dokładności jak metody stacjonarne. Obecnie ICiMB Centrum Badań Betonów CEBET i inne ośrodki w kraju wykonują pomiary przewodności cieplnej zgodnie z normą PN ISO 8301, której metodyka nie nadaje się do badania

materiałów wilgotnych. Badania przewodności cieplnej w warunkach stacjonarnej wymiany ciepła, tj. zgodnie z metodyką tej normy, wywołują migrację wilgoci w kierunku zimnej powierzchni próbki. Jedynie metody polegające na szybkim pomiarze przewodności cieplnej, przeprowadzone w warunkach niestacjonarnej wymiany ciepła, są częściowo pozbawione tych wad.

Sposoby określania deklarowanych wartości współczynnika λ

Współczynniki przewodzenia ciepła elementów murowych z betonu komórkowego w stanie suchym można przyjmować:

- z tablic załącznika A do EN 1745 – oznaczenie sposobu określenia parametru cieplnego S1 (wg EN 1745);
- z badań elementów murowych – oznaczenie sposobu określenia parametru cieplnego S2 (wg EN 1745);
- z badań murów, przy założeniu $\lambda_{10, dry, mor}$ (zaprawy) – oznaczenie sposobu określenia parametru cieplnego S3 (wg EN 1745).

Zdarza się, że współczynnik λ przyjmowany jest na podstawie wartości odczytanych z tablic materiałowych zamieszczonych w normie (już archiwalnej) PN-EN ISO 12524 *Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabele wartości obliczeniowe*. Jednak dla większości wyrobów z betonu komórkowego są one zdecydowanie gorsze niż uzyskiwane z badań.

Producenci najczęściej podają deklarowane wartości współczynników przewodzenia ciepła na podstawie badań wyrobów (materiałowych) i wówczas w deklaracji właściwości użytkowych (DoP) przy wartości $\lambda_{10, dry}$ powinno znaleźć się oznaczenie S2.

Badanie materiału w stanie suchym

Bardzo ważne jest odpowiednie przygotowanie próbek. Badania próbek w laboratorium przeprowadza się

w stanie suchym i temperaturze 10 °C (różnica temperatury pomiędzy zewnętrzną i wewnętrzną stroną ściany). Uzyskane wyniki w przypadku różnych betonów komórkowych można między sobą porównywać. Tę wartość współczynnika przewodzenia ciepła określa się jako deklarowaną i oznacza $\lambda_{10, dry}$. Pomiary można przeprowadzać również na próbkach sezonowanych do stałej masy w temperaturze 23 ± 2 °C oraz przy wilgotności ustabilizowanej $50 \pm 5\%$. Należy wówczas wartości zmierzone przeliczyć na wartości odpowiadające stanowi suchemu. Wartość deklarowana jest ustalana w ten sposób, że minimum 90% produkowanych wyrobów ma współczynnik przewodzenia ciepła niższy lub równy tej wartości. Należy pamiętać, że współczynnik przewodzenia ciepła materiału suchego (deklarowany) w warunkach rzeczywistych nie występuje.

Zaokrąglenie współczynnika przewodzenia ciepła λ

Pomierzone wartości są zamieszczane w DoP po odpowiednim zaokrągleniu. Wartości deklarowane należy podawać zgodnie z EN-ISO 10456:2008 *Materiały i wyroby budowlane – Procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych* i zasada:

- $\lambda \leq 0,08$, wówczas λ deklarowaną zaokrągla się z nadmiarem do 0,001 W/mK;
- $0,08 < \lambda \leq 0,20$, to λ deklarowaną zaokrągla się z nadmiarem do 0,005 W/mK;
- $0,20 < \lambda \leq 2,00$, to λ deklarowaną zaokrągla się z nadmiarem do 0,01 W/mK.

Jeżeli z badań uzyskano więc $\lambda_{10, dry} = 0,0755$ W/mK, to w deklaracji należy podać $\lambda_{10, dry} = 0,076$ W/mK, natomiast dla $\lambda_{10, dry} = 0,0855$ W/mK w deklaracji powinno być $\lambda_{10, dry} = 0,09$ W/mK.

Konwersja współczynnika deklarowanego na obliczeniowy

W DoP podawane są wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiału w stanie suchym ($\lambda_{10, dry}$). W budynku materiał w takim stanie

* ICiMB, Centrum Badań Betonów CEBET

nie występuje, ponieważ zawsze jest w nim wilgoć. Z tego powodu w obliczeniach należy uwzględniać wartości przyjmowane w stanie wilgotności ustabilizowanej. Po dwóch, trzech latach przegroda z betonu komórkowego, w zależności od sorpcji, stabilizuje się pod względem wilgotnościowym na poziomie 2 – 6% i to należy uwzględnić w obliczeniach. Producenci powinni podawać stopień sorpcji, by móc przekonwertować współczynniki przewodzenia ciepła z deklarowanych na obliczeniowe.

Do obliczeń współczynnika przenikania ciepła U przegrody należy przyjmować wartości obliczeniowe współczynnika przewodzenia ciepła λ_{design} . Wartość obliczeniowa jest to wartość w pewnych warunkach, uważanych za typowe, przy zastosowaniu materiału lub wyrobu w komponencie budowlanym. Wartość ta służy do projektowania przegród pod względem cieplno-wilgotnościowym. Oznacza to, że **należy dokonać konwersji współczynnika $\lambda_{10,dry}$ (w stanie suchym), na współczynnik λ_{design} (obliczeniowy)**. W przypadku betonu komórkowego takiej konwersji dokonuje się zgodnie z normą EN ISO 10456:2008 (konwersja z uwagi na temperaturę, wilgotność). Obliczeniowe wartości współczynnika przewodzenia ciepła i oporu cieplnego elementów murowych lub zaprawy uzyskuje się przez uwzględnienie współczynników przeliczeniowych wilgoci podanych w załączniku A (EN 1745) dla każdego typu materiału w określonym zastosowaniu:

$$\lambda_{design} = \lambda_{10,dry} * F_m \quad \text{lub} \quad R_{design} = \frac{R_{10,dry}}{F_m}$$

gdzie:

F_m – współczynnik przeliczeniowy konwersji wilgoci.

Metodologia obliczania współczynnika przenikania ciepła U

Zasady obliczania wartości współczynnika przenikania ciepła U przegród określa norma PN-EN ISO 6946 *Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania*. Współczynnik U oblicza się ze wzoru:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \frac{d}{\lambda} + R_{se}}$$

gdzie:

R_{si} , R_{se} – jednostkowe opory cieplne przemieszczania ciepła [m^2K/W] – dla ścian: $R_{si} = 0,13 m^2K/W$, $R_{se} = 0,04 m^2K/W$;
 d – grubość warstwy materiału w komponencie;
 λ – obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła materiału (λ_{design}).

Uzyskaną wartość współczynnika przenikania ciepła U należy zaokrąglić „w górę”, czyli z nadmiarem. Natomiast jeśli obliczony został współczynnik oporu cieplnego R, to powinno się go zaokrąglić z niedomiarem. Zaokrągła się zawsze nie więcej niż do dwóch miejsc po przecinku lub trzech cyfr znaczących.

Porównanie wartości współczynnika U ścian obliczonego przy różnych, źle przyjętych założeniach przedstawiono w tabeli. Dotyczy ono ściany jednowarstwowej z betonu komórkowego grubości 48 cm. Na czarno zaznaczono

błędnie przyjęte parametry, a kolorem szarym poprawnie.

Wnioski

Zasady prawidłowego określania wartości współczynników przewodzenia ciepła λ oraz współczynnika przenikania ciepła U nie są skomplikowane. Na wielu etapach obliczeń można jednak przyjmować błędne założenia, m.in.:

- błędnie zadeklarowaną wartość współczynnika λ ;
- niezgodne z przepisami zaokrąglenie wartości deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda_{10,dry}$;
- brak przekonwertowania wartości deklarowanego współczynnika przewodzenia ciepła ($\lambda_{10,dry}$) na wartość obliczeniową (λ_{design});
- przyjęcie współczynnika przewodzenia ciepła ($\lambda_{10,dry}$) do obliczeń wartości deklarowanej;
- błędne zaokrąglenie współczynnika przenikania ciepła U.

Porównanie wartości współczynnika U ścian obliczonego przy różnych założeniach

Przyjęty sposób obliczania	Wartość współczynnika λ uzyskana z badań [W/mK]	Przyjęta wartość współczynnika $\lambda_{10,dry}$ (deklarowanego) [W/mK]	Współczynnik λ_{design} (obliczeniowy) [W/mK]	Obliczony współczynnik U [W/m ² K]	Zaokrąglenie współczynnika U	Wynik końcowy – współczynnik U [W/m ² K]	Różnica w stosunku do prawidłowego wyniku [%]
Nieprawidłowo zmierzony współczynnik λ , nieprawidłowe zaokrąglenie $\lambda_{10,dry}$, brak konwersji $\lambda_{10,dry}$ na λ_{design} , nieprawidłowe zaokrąglenie współczynnika U	0,0755	0,0755	0,0755	0,1532	brak	0,15	-25,0%
Prawidłowo zmierzony współczynnik λ , nieprawidłowe zaokrąglenie $\lambda_{10,dry}$, brak konwersji $\lambda_{10,dry}$ na λ_{design} , nieprawidłowe zaokrąglenie współczynnika U	0,0855	0,0855	0,0855	0,1729	brak	0,17	-15,0%
Prawidłowo zmierzony współczynnik λ , prawidłowo zaokrąglony współczynnik $\lambda_{10,dry}$, brak konwersji $\lambda_{10,dry}$ na λ_{design} , nieprawidłowe zaokrąglenie współczynnika U	0,0855	0,090	0,090	0,1817	brak	0,18	-10,0%
Prawidłowo zmierzony współczynnik λ , prawidłowo zaokrąglony współczynnik $\lambda_{10,dry}$, prawidłowa konwersja $\lambda_{10,dry}$ na λ_{design} , nieprawidłowe zaokrąglenie współczynnika U	0,0855	0,090	0,095	0,1915	brak	0,19	-5,0%
Prawidłowo zmierzony współczynnik λ , prawidłowo zaokrąglony współczynnik $\lambda_{10,dry}$, prawidłowa konwersja $\lambda_{10,dry}$ na λ_{design} , prawidłowe zaokrąglenie współczynnika U	0,0855	0,090	0,095	0,1915	uwzględniono	0,20	wynik prawidłowy