

Andrzej Bobociński*

MOŻLIWOŚĆ PRZYSPIESZONEGO OSZACOWANIA ABSORPCJI WODY PRZY DŁUGOTRWAŁEJ DYFUZJI PARY WODNEJ PRZEZ STYROPIAN I POLISTYREN EKSTRUDOWANY

W artykule przedstawiono wyniki przebiegu absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej przez styropian (EPS) oraz polistyren ekstrudowany (XPS). Absorpcję wody określano po upływie 4, 7, 14 i 28 dni ekspozycji próbek w warunkach określonych w PN-EN 12088:2000. Celem badań było uzyskanie danych empirycznych do oszacowania wyniku badania 28-dniowego (normowego) po 4–14 dniach od rozpoczęcia badania. Potrzeba takiego oszacowania wynika ze względów praktycznych (optymalne określenie zakresu badań normowych) i została zgłoszona przez zleceniodawców. W artykule oprócz wyników podano również empiryczne parametry (mnożniki) pozwalające oszacować wyniki badania 28-dniowego po upływie 4, 7 i 14 dni od rozpoczęcia ekspozycji próbek. We wnioskach stwierdzono, że możliwe jest oszacowanie wyniku badania absorpcji, które w większości przypadków będzie na tyle jednoznaczne, że spełni oczekiwania zleceniodawców badań.

1. Opis badania

Badanie absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej, zwane dalej w skrócie „absorpcją wody”, w opisywanym tu kształcie zostało wprowadzone do praktyki laboratoryjnej normą PN-EN 12088 [1] w 2000 r., a następnie uwzględnione w normach przedmiotowych materiałów do zewnętrznych piankowych izolacji cieplnych [2], [3]. Zgodnie z normą [1] jest to symulacja nasiąkliwości wodą wyrobów poddanych z obu stron działaniu wilgotności względnej zbliżonej do 100% i różnicy ciśnień pary wodnej w długim czasie, na przykład dachów o odwróconej konstrukcji i niezabezpieczonej izolacji gruntu.

Zgodnie z normą [1] próbkę o wymiarach 500 × 500 mm i grubości płyty, z której próbka została wycięta, umieszcza się na stanowisku pomiarowym w ten sposób, że próbka szczelnie przykrywa zbiornik częściowo wypełniony wodą o temperaturze $50 \pm 1^\circ\text{C}$,

* dr inż. – Zakład Fizyki Ciepłej, Instalacji Sanitarnych i Środowiska ITB

a o górną powierzchnię próbki opiera się pokrywa wypełniona cyrkulującym środkiem chłodzącym, której temperatura wynosi stale $1 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Opisywana tu absorpcja wody nie symuluje typowych warunków rzeczywistych, gdyż zastosowano rozwiązanie wymuszające intensywną kondensację, która w warunkach umiarkowanej, a nawet mroźnej zimy w Europie centralnej z całą pewnością nie będzie tak intensywna. Wynika to z faktu, że różnica ciśnienia cząstkowego pary wodnej po obydwu stronach przegrody zewnętrznej w warunkach zimowych (od 0°C do około -20°C) wynosi 10–15 hPa, podczas gdy w trakcie przedmiotowej absorpcji wody – około 120 hPa, czyli jest kilkakrotnie większa. Wiadomo zaś, że od różnicy ciśnienia cząstkowego zależy między innymi masa pary wodnej dyfundującej przez przegrodę, a zatem i intensywność kondensacji.

2. Cel szybkiego oszacowania wyniku badania normowego (28-dniowego)

Bezpośrednim celem badań było uzyskanie danych odnośnie do przebiegu absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji, a szczególnie o ustalenie, jak w okresie normowej ekspozycji próbek, trwającej 28 dób, rozkłada się w czasie przyrost zawilgocenia badanych próbek.

Ostatecznie chodziło o oszacowanie wyniku badania po normowym, 28-dniowym wymiarze czasowym, na podstawie znanej absorpcji wody po ekspozycji ograniczonej do 4–14 dni.

Celem takiego oszacowania nie było dążenie do rezygnacji z wykonywania 28-dniowych badań normowych, lecz jedynie pomoc przy określaniu optymalnego ich zakresu na etapie tworzenia programu. Nie chodziło zatem o zmodyfikowanie metody badań laboratoryjnych poprzez zastąpienie metody 28-dniowej metodą krótszą, ale o wykorzystanie opisywanego tu oszacowania po upływie 4–14 dni ekspozycji, aby wyeliminować z pełnoterminowych badań te próbki lub pewne ich grubości, w przypadku których spodziewane wyniki byłyby gorsze od oczekiwanych zleceńodawcy. Wynika to z faktu, że z omawianą absorpcją wody przez dyfuzję wiąże się wiele problemów związanych ze specyfiką tego badania oraz uzyskiwanymi wynikami.

W szczególności absorpcja wody zależy w dużym stopniu od grubości badanej próbki, a w mniejszym stopniu także od jej gęstości. Materiały izolacyjne w formie płyt produkowane są zwykle w kilku, a nawet kilkunastu grubościach, a w przypadku każdej z nich wynik będzie inny (im mniejsza grubość próbki, tym względna absorpcja wody liczona na jednostkę objętości jest większa, a z zasady jest także większa w wymiarze bezwzględnym). Zmiana grubości płyty nawet o 1 cm może wpłynąć w sposób niepomijalny na wynik badania.

Określenie absorpcji wody dla pełnego asortymentu wyrobów nie wchodzi raczej w rachubę ze względu na łączny czas badań oraz ich koszt. W tej sytuacji zakres badań musi być starannie zaplanowany, tak aby uzyskany wynik lub wyniki mogły zostać przeniesione także na większe grubości bez zbytniego pogorszenia charakterystyki wyrobu w zakresie absorpcji. Jest to istotne również dlatego, że zwykle producenci nawet ze względów reklamowych nie są zainteresowani dużymi wartościami absorpcji wody, które

są często uzyskiwane przez próbki cienkie (o grubości 30–50 mm, a niekiedy nawet 80 mm). Z drugiej strony chcieliby oni ograniczyć liczbę badań, zwłaszcza że przy wstępnych badaniach typu należy zbadać próbki z czterech dat produkcji (łącznie 8 próbek; czas badania – 4 miesiące).

W tej sytuacji znaczenia nabiera możliwość szybkiego oszacowania spodziewanych wyników, tak aby był możliwy optymalny wybór grubości i gęstości badanych próbek do właściwych 28-dniowych badań normowych. W kontekście tak zarysowanego problemu widoczna jest celowość szybkiego oszacowania wyników badań 28-dniowych.

3. Prezentacja wyników badań

3.1. Zakres badań

Zakres badań obejmował:

- a) badania płyt styropianowych (EPS) o grubości 50–150 mm i gęstości 20–35 kg/m³,
- b) badania płyt z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) o grubości 30–120 mm i gęstości 31–36 kg/m³.

3.2. Wyniki badań

Poniżej przedstawiono podsumowanie wyników absorpcji wody po 4, 7 i 14 dniach ekspozycji. Osobno podano wyniki dotyczące EPS (polistyrenu ekspandowanego) i XPS (polistyrenu ekstrudowanego), grupując dodatkowo wyniki uzyskane w przypadku wyrobów o zbliżonej gęstości. Zrezygnowano natomiast z grupowania wyników według grubości badanych próbek, ponieważ przebieg absorpcji nie wykazywał zależności od grubości. Dokładne wyniki pomiarów zostały podane w pracy statutowej [4].

- Po 4 dniach absorpcji wody (14,3% czasu 28-dniowej ekspozycji normowej) uzyskano następujące zawilgocenie próbek (wyrażone jako procent całkowitego 28-dniowego zawilgocenia):

EPS o gęstości 19–22 kg/m ³	średnio: 21,1%,	rozrzut: 14,0% – 28,0%
EPS o gęstości 27–29 kg/m ³	średnio: 19,1%,	rozrzut: 14,7% – 22,2%
EPS o gęstości 31–36 kg/m ³	średnio: 20,2%,	rozrzut: 16,6% – 22,5%
XPS o gęstości 31–36 kg/m ³	średnio: 17,5%,	rozrzut: 13,6% – 21,7%

- Po 7 dniach absorpcji (25,0% czasu 28-dniowej ekspozycji normowej) zawilgocenie badanych próbek (wyrażone jako procent całkowitego 28-dniowego zawilgocenia) wynosiło:

EPS o gęstości 19–22 kg/m ³	średnio: 33,4%,	rozrzut: 24,8% – 41,8%
EPS o gęstości 27–29 kg/m ³	średnio: 28,4%,	rozrzut: 24,7% – 32,6%
EPS o gęstości 31–36 kg/m ³	średnio: 32,8%,	rozrzut: 29,8% – 37,2%
XPS o gęstości 31–36 kg/m ³	średnio: 28,0%,	rozrzut: 23,5% – 31,7%

- Po 14 dniach absorpcji (50,0% czasu 28-dniowej ekspozycji normowej) uzyskano zawilgocenie badanych próbek (wyrażone jako procent całkowitego 28-dniowego zawilgocenia) wynoszące:

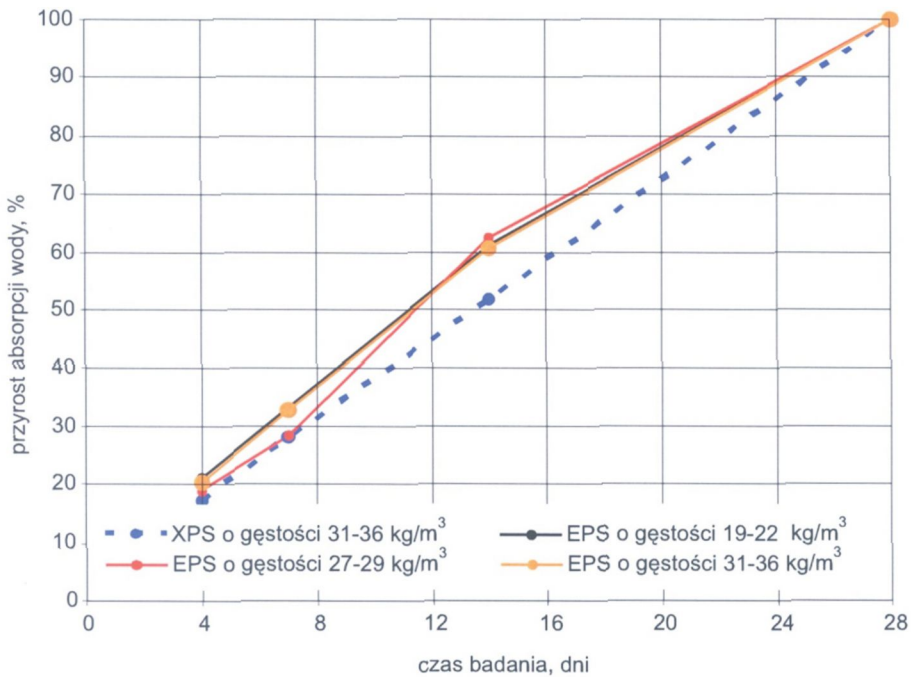
EPS o gęstości 19–22 kg/m ³	średnio: 61,3%,	rozrzut: 52,6% – 68,9%
--	-----------------	------------------------

EPS o gęstości 27–29 kg/m³ średnio: 62,6%, rozrzut: 60,3% – 64,6%
 EPS o gęstości 31–36 kg/m³ średnio: 60,7%, rozrzut: 55,5% – 64,3%
 XPS o gęstości 31–36 kg/m³ średnio: 52,0%, rozrzut: 50,7% – 53,3%

Na rysunku 1 przedstawiono graficzną prezentację podanych wyżej wyników badań.

Termin „przyrost absorpcji wody” oznacza udział aktualnej absorpcji w absorpcji całkowitej (28-dniowej) i wyrażony jest w procentach.

Widać wyraźnie, że w przypadku polistyrenu ekstrudowanego zależność absorpcji od czasu jest niemal liniowa, podczas gdy w przypadku styropianu w początkowym okresie badania przebiega ona szybciej.



Rys. 1. Zależność przyrostu absorpcji wody (wartości średnie) od czasu badania

Fig. 1. Dependence of absorption growth (mean values) on test time

4. Przyspieszone oszacowanie wyniku badania normowego

Poniżej podano zasady postępowania prowadzące do oszacowania wyniku badania normowego (28-dniowego) absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji na podstawie wyników badań skróconych (4–14-dniowych) wykonanych przez autora.

- Dla danego rodzaju materiału termoizolacyjnego należy określić grubość wyrobu, która będzie przedmiotem zainteresowania, a następnie trzeba przygotować przynajmniej dwie próbki o wymiarach 500 × 500 mm i pełnej grubości.

- Próbki, o których mowa, należy dostarczyć do laboratorium akredytowanego w celu oznaczenia absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej, zgodnie z normą [1]. W Instytucie Techniki Budowlanej oznaczenie takie można wykonać w Laboratorium Izolacji Termicznych, Instalacji Sanitarnych i Środowiska (LFS).

- Ekspozycję próbek należy rozpocząć zgodnie z normą [1]. Po upływie czterech dób należy wyjąć próbki ze stanowiska, dokonać pomiaru masy oraz obliczyć masę zaabsorbowanej wody oraz średnią objętościową zawartość wilgoci.

- Jeżeli badany jest styropian, to obliczoną średnią zawartość wilgoci należy pomnożyć przez 5,0, a uzyskany wynik będzie najbardziej prawdopodobną zawartością wilgoci po upływie 28 dni. Otrzymaną wartość absorpcji można również pomnożyć przez 7,0, a uzyskany wynik należy uznać za maksymalną absorpcję wody (najgorszą, jakiej można się spodziewać po upływie 28-dni – na podstawie dotychczasowych wyników badań wykonanych przez autora). W przypadku polistyrenu ekstrudowanego odpowiednie mnożniki to 6,0 i 7,5.

- Jeżeli uzyskane wyniki oszacowania są zadowalające (najbardziej prawdopodobny wynik badania nie przekracza około 75% maksymalnej absorpcji akceptowanej przez zleceniodawcę), to ekspozycję próbek należy zakończyć. Ekspozycję w zasadzie trzeba również zakończyć, jeżeli wynik najbardziej prawdopodobny jest znacznie (o co najmniej około 25%) gorszy od oczekiwanego. W tym drugim przypadku należy powtórzyć procedurę przy większej grubości próbek lub zmodyfikować technologię produkcji materiału w kierunku ograniczenia absorpcji. Autorowi znane są przypadki, gdy producent potrafił poprawić swój produkt, ograniczając nawet dwu-, trzykrotnie jego podatność na absorpcję.

- Jeżeli wyniki oszacowania są niejednoznaczne w stosunku do oczekiwań (zwłaszcza gdy graniczna wartość absorpcji wody, jaką producent może zaakceptować, znajduje się pomiędzy oszacowanymi wartościami: najbardziej prawdopodobną i maksymalną) – zaleca się wydłużenie okresu ekspozycji próbek o następne trzy dni, tj. do łącznie siedmiu. Jeżeli sytuacja się powtórzy, to ekspozycję należy wydłużyć do czternastu dni, tj. do połowy czasu badania normowego. Jeżeli nawet wtedy uzyskany wynik oszacowania jest zbliżony do maksymalnej wartości, jaka może być zaakceptowana przez zleceniodawcę, wówczas należy uznać, że izolacja charakteryzuje się absorpcją wody na granicy możliwej akceptacji i oszacowanie jej wyniku nie jest miarodajne.

5. Zestawienie parametrów do oszacowania 28-dniowej absorpcji pary wodnej

W tabelicy 1 zestawiono parametry określone w wyniku opisanych badań autora. Aby uzyskać oszacowanie wyniku badania 28-dniowego, należy wynik badania 4, 7 lub 14-dniowego (zawilgocenie wyrażone w % obj.) pomnożyć przez odpowiedni parametr z tabelicy 1.

Tablica 1. Parametry do oszacowania normowej absorpcji przez dyfuzję
 Table 1. Parameters for estimation of standard absorption by diffusion

Rodzaj materiału izolacyjnego	Rodzaj oszacowania 28-dniowej absorpcji wody	Parametry do oszacowania 28-dniowej absorpcji wody po początkowym okresie ekspozycji wynoszącym:		
		4 dni	7 dni	14 dni
Styropian (EPS)	absorpcja wody najbardziej prawdopodobna	5,0	3,2	1,6
	absorpcja wody najgorsza spodziewana	7,0	4,2	2,0
Polistyren ekstrudowany (XPS)	absorpcja wody najbardziej prawdopodobna	6,0	3,5	1,9
	absorpcja wody najgorsza spodziewana	7,5	4,3	2,0

6. Wnioski

- Przebieg absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej w początkowym okresie ekspozycji (4–14 dni) nie jest jednakowy dla wszystkich badanych próbek, ale wyniki zawierają się w niezbyt szerokim przedziale. Umożliwia to oszacowanie wyniku badania 28-dniowego, co jest wystarczające na etapie tworzenia programu badań.
- Opisany w niniejszym artykule sposób oszacowania wyniku badania 28-dniowego ma charakter metody pomocniczej i zawiera się w obszarze określanym czasem jako „współpraca instytutu z przemysłem”. Nie jest zatem alternatywą dla 28-dniowego badania normowego, ale tylko oszacowaniem (opartym na przedstawionych wynikach pomiarów), przydatnym na etapie planowania badań.

Bibliografia

- [1] PN-EN 12088:2000 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Określanie absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji
- [2] PN-EN 13163:2004 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja
- [3] PN-EN 13164:2003 Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja
- [4] Praca badawcza NF-70/2009 Ocena wybranych przegród budowlanych z uwzględnieniem kondensacji pary wodnej. Sprawozdanie roczne 2009. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 2009 r., maszyn., biblioteka ITB

ASSESSMENT OF TEST RESULTS OF LONG TERM (28 DAYS)
WATER ABSORPTION BY DIFFUSION FOR EXPANDED AND EXTRUDED
POLYSTYRENE – ON THE BASIS OF SHORT TIME RESULTS

Summary

This paper describes test results of water absorption by diffusion after 4, 7, 14 and 28 days for expanded polystyrene (EPS) and extruded polystyrene (XPS). Conditions of test are defined in standard PN-EN 12088:2000. The purpose of this tests was to obtain the experimental data for assessment of 28 days standard absorption on the basis of results received during 4–14 days from the beginning of test. Empirical parameters for estimation of full time test result, based on this experimental data, are presented in paper.

Praca wpłynęła do Redakcji 15 V 2010 r.