

# LEKKA OBUDOWA

## Część 3 wymagania funkcjonalno-użytkowe



**dr hab. inż. Elżbieta Urbańska-Galewska**  
**dr inż. Dariusz Kowalski**  
Politechnika Gdańska

Ściana osłonowa powinna być wykonana z materiałów, które nie stanowią zagrożenia dla otoczenia, i spełniać szereg normowych wymagań funkcjonalno-użytkowych.

Ściana osłonowa powinna być wykonana z materiałów, które nie stanowią zagrożenia dla otoczenia (takich, które nie wydzielają żadnych szkodliwych gazów lub nieprzyjemnych zapachów). Ponadto powinna spełniać szereg wymagań funkcjonalno-użytkowych określonych szczegółowo w normie PN-EN 13830:2015 [N16], takich, jak podano w ramce obok.

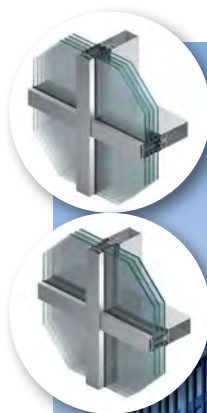
### Izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych

Każda ściana zewnętrzna, bez względu na swoją konstrukcję, musi charakteryzować się izolacyjnością akustyczną zapewniającą właściwy stopień ochrony pomieszczeń wewnątrz budynku przed przenikaniem hałasu zewnętrznego. Aktualne wymagania akustyczne w stosunku do ścian zewnętrznych i wewnętrznych w obiektach użyteczności publicznej ujęte są w normie PN-B-02151-3:2015-10 *Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych* [N1].

Wymagania akustyczne wobec przegród zewnętrznych i wewnętrznych w obiektach przemysłowych i handlowo-usługowych są ustalane indywidualnie, z uwzględnieniem [1]:

- kierunku transmisji dźwięku (ochrona obiektu przed przenikaniem dźwięków z zewnątrz i/lub ochrona środowiska przed przenikaniem dźwięków hałasu z obiektu do środowiska),
- dopuszczalnych poziomów hałasów (w zależności od potrzeb – w obiekcie lub w jego otoczeniu),
- występujących poziomów hałasów (w zależności od potrzeb – w obiekcie lub w jego otoczeniu).

Izolacyjność przegród zewnętrznych od dźwięków powietrznych należy określać za pomocą wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej,  $R'_{A,2}$ . W przypadku, gdy pomieszczenie ma jedną przegrodę zewnętrzną, to wartość wyżej wymienionego wskaźnika oblicza się z zależności:



System fasadowy Aluprof MB-TT50 lub System fasadowy Aluprof MB-SR50N HI+



### Wymagania funkcjonalno-użytkowe ścian osłonowych wg PN-EN 13830:2015 [N16]

1. izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych (ang. *airborne sound insulation*),
2. izolacyjność akustyczna ścian i stropów (ang. *flanking sound transmission*),
3. przewodnictwo cieplne (ang. *thermal transmittance*),
4. wodoszczelność (ang. *watertightness*),
5. przepuszczalność powietrza (ang. *air permeability*),
6. przepuszczalność pary wodnej (ang. *water vapour permeability*),
7. promieniowanie energii świetlnej (ang. *radiation properties*),
8. ekwipotencjalność (ang. *equipotentialization*).

PN-B 02151-3 (1) (1)

$$R'_{A,2} = L_{A,zew} - L_{A,wew} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) + 3$$

gdzie:

$L_{A,zew}$  – miarodajny poziom hałasu zewnętrznego przy danej przegrodzie zewnętrznej,

$L_{A,wew}$  – poziom odniesienia do obliczania izolacyjności akustycznej przegrody zewnętrznej,

$A$  – chłonność akustyczna pomieszczenia w oktaowym paśmie o środkowej częstotliwości  $f = 500$  Hz, określana bez wyposażenia pomieszczenia i obecności użytkowników,

$S$  – pole rzutu powierzchni przegrody zewnętrznej na płaszczyznę fasady lub dachu widzianej od strony pomieszczenia, przy czym:

PN-B 02151-3 (2) (2)

$$A = 0,16 \cdot \frac{V}{T}$$

gdzie:

$V$  – objętość pomieszczenia,

$T$  – przewidywany czas pogłosu  $T$ , w pomieszczeniu, w oktaowym paśmie o środkowej częstotliwości  $f = 500$  Hz.

Zgodnie z PN-B 02151-3:2015 [N1] poziom odniesienia  $L_{A,wew}$  jest to poziom dźwięku  $A$  w pomieszczeniu, wyrażony w decybelach, który przyjmuje się przy obliczaniu wymaganego wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej  $R'_{A,2}$  przegrody zewnętrznej.

W przypadku, gdy pomieszczenie ma więcej niż jedną przegrodę zewnętrzną, to izolacyjność akustyczną każdej z tych przegród należy wyznaczyć indywidualnie, przestrzegając warunku, aby obliczony wypadkowy poziom hałasu zewnętrznego przenikającego do pomieszczenia przez wszystkie przegrody zewnętrzne nie przekroczył poziomu odniesienia  $L_{A,wew}$ .

Wartość składnika  $10 \lg S/A$  ze wzoru (1) należy przyjmować na podstawie danych podanych w Załączniku C normy PN-B 02151-3 [N1].

Bez względu na wynik obliczeń wykonanych zgodnie z zależnością (1) izolacyjność akustyczna przegrody zewnętrznej nie może być mniejsza niż  $R'_{A,2} = 30$  dB. Im wyższa wartość wskaźnika  $R'_{A,2}$ , tym lepsza dźwiękochłonność przegrody.

Rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne przegród zewnętrznych poza wymaganiami określonymi w normie PN-B 02151-3:2015 [N1] powinny także uwzględniać wpływ tych przegród na stopień bocznego przeniesienia dźwięku wg normy PN-EN 12354-1:2002 [N9].

Jeżeli przy obliczaniu izolacyjności akustycznej ściany zewnętrznej uwzględnia się kształt fasady budynku, to należy go określić wg normy PN-EN 12354-3:2003 [N13].

## Izolacyjność akustyczna od przenoszenia bocznego dźwięków

Jeżeli jest to wymagane, izolacyjność akustyczną przenoszenia bocznego dźwięków powietrznych i uderzeniowych (w kierunku poziomym i pionowym) należy określać zgodnie z normami PN-EN ISO 10848-1:2007 [N25] i PN-EN ISO 10848-2:2007 [N19]. Wyniki badań powinny być ocenione zgodnie z normą PN-EN ISO 717-1:2013-08 [N22].

## Przewodnictwo ciepłe

Zagadnienia ochrony cieplnej są związane z ruchem ciepła przez przegrody zewnętrzne budynku, powstającym w wyniku różnic temperatury powietrza wewnętrznego i zewnętrznego. Różnice temperatury wewnątrz i na zewnątrz budynków występują zarówno w lecie, jak i w zimie. Przegrody zewnętrzne w zakresie ochrony cieplnej spełniają takie funkcje jak :

- zapewnienie warunków komfortu cieplnego we wnętrzu zarówno zimą, jak i latem,
- ograniczenie zapotrzebowania na energię grzewczą lub chłodniczą,
- obniżenie kosztów ogrzewania lub klimatyzacji,
- zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza,

**Tablica 1. Wybrane wymagania prawne dotyczące izolacyjności przegród budowlanych nieprzeziernych wg Rozporządzenia Ministra Infrastruktury**

Lp.	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]		
		aktualne		przyszłe
		od 2014 r.	od 2017 r.	od 2021 r.
<b>Ściany zewnętrzne:</b>				
1	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45	0,45	0,45
	c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90	0,90
<b>Ściany wewnętrzne:</b>				
2	a) przy $\Delta t_i \geq 8^\circ\text{C}$ oraz oddzielające pomieszczenia ogrzewane od klatek schodowych i korytarzy	1,00	1,00	1,00
	b) przy $\Delta t_i < 8^\circ\text{C}$	bw	bw	bw
	c) oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,30	0,30	0,30
<b>Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:</b>				
3	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	0,70	0,70	0,70
<b>Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi:</b>				
4	a) przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25	0,25
	b) przy $8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
	c) przy $t_i < 8^\circ\text{C}$	1,00	1,00	1,00

bw – bez wymagań

- ochrona przed szkodami wywołanymi zawilgoceniem w wyniku wykroplenia się w pary wodnej w samej przegrodzie.

Izolacja cieplna przegród budynku ma chronić jego wnętrze przed wziębieniem w zimie, jak również przed przegrzaniem w lecie.

Wymagania ochrony cieplnej przegród zewnętrznych w budynkach w Polsce regulowane są treścią Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [P1].

Zgodnie z wymaganiami rozporządzenia MI [P1] wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_C$  dla ścian, dachów, stropów i stropodachów dla wszystkich rodzajów budynków, uwzględniające poprawki ze względu na pustki powietrzne w warstwie izolacji, łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną oraz opady na dach o odwróconym układzie warstw, obliczone zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi obliczania oporu cieplnego i współczynnika przenikania ciepła oraz przenoszenia ciepła przez grunt, nie mogą być większe niż wartości  $U_{C(max)}$  określone w powyższym rozporządzeniu.

W tablicy 1 przedstawiono wymagania w stosunku do przegród zewnętrznych nieprzeziernych, natomiast w tablicy 2 – dla przeziernych. Na uwagę zasługuje fakt zapisanego w przywołanym już akcie prawnym postępującego, krokowego zmniejszania wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród lokalizowanych w niektórych typach budynków lub wydzielnich w nich przestrzeniach o wyższych temperaturach użytkowych  $t_i$ .

Zgodnie z treścią rozporządzenia MI [P1] dopuszcza się dla budynku produkcyjnego, magazynowego i gospodarczego większe wartości współczynnika  $U$  niż  $U_{C(max)}$  oraz  $U_{(max)}$  określone w rozporządzeniu, jeżeli jest to uzasadnione rachunkiem efektywności ekonomicznej inwestycji, obejmującym koszty budowy i eksploatacji budynku.

Inne wymagania związane z oszczędnością energii, odnoszące się do powierzchni okien – przegród przeszklonych zostały określone w rozporządzeniu MI [P1].

W budynku mieszkalnym i zamieszkania zbiorowego pole powierzchni  $A_0$ , wyrażone w  $m^2$ , okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż  $0,9 \text{ W}/(m^2K)$ , obliczone według ich wymiarów modularnych nie może być większe niż wartość  $A_{0max}$  obliczona według wzoru:

$$A_{0max} = 0,15A_z + 0,03A_w \quad (3)$$

gdzie:

$A_z$  – jest sumą pól powierzchni rzutu poziomego wszystkich kondygnacji nadziemnych (w zewnętrznym obrysie budynku) w pasie o szerokości 5 m wzdłuż ścian zewnętrznych,

$A_w$  – jest sumą pól powierzchni pozostałej części rzutu poziomego wszystkich kondygnacji po odjęciu  $A_z$ .

W budynku użyteczności publicznej pole powierzchni  $A_0$ , wyrażone w  $m^2$ , okien oraz przegród szklanych i przezroczystych o współczynniku przenikania ciepła nie mniejszym niż  $0,9 \text{ W}/(m^2K)$ , obliczone według ich wymiarów modularnych, nie może być większe niż wartość  $A_{0max}$  obliczona według wzoru określonego powyżej. Powyższe zalecenie powinno być spełnione pod warunkiem, że nie jest sprzeczne z warunkami dotyczącymi zapewnienia niezbędnego oświetlenia światłem dziennym, określonymi w §57 rozporządzenia MI [P1].

W budynku produkcyjnym, magazynowym i gospodarczym łączne pole powierzchni okien oraz ścian szklanych i przezroczystych w stosunku do powierzchni całej elewacji nie może być większe niż:

- 1) w budynku jednokondygnacyjnym (halowym) – 15%;
- 2) w budynku wielokondygnacyjnym – 30%.

Ściany osłonowe najczęściej składają się z wielu różnych materiałów połączonych ze sobą w różny sposób. Złożona konstrukcja przegrody zwiększa prawdopodobieństwo powstawania mostków cieplnych w konstrukcji ściany osłonowej. W normie PN-EN ISO 12631:2013-03 *Ciepłota właściwości użytkowe ścian osłonowych – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła* [N20] określono metodę obliczania współczynnika przenikania ciepła  $U_{cw}$  ścian osłonowych składających się z paneli oszklonych i/lub nieprzeźroczystych włożonych w ramy lub połączonych z nimi. Obliczenia obejmują:

- różne typy oszklania, np. szkło lub tworzywa sztuczne, oszklenie pojedyncze lub wielokrotne, z powłoką o niskiej emisyjności lub bez niej, ze szczelinami wypełnionymi powietrzem lub innymi gazami,
  - ramy (z wszelkich materiałów) z mostkami cieplnymi lub bez nich,
  - różne typy okładzin paneli nieprzeźroczystych zawierające metal, szkło, ceramikę lub różne inne materiały.
- Należy podkreślić, że w normie tej nie uwzględniono obliczeń dotyczących:
- efektów promieniowania cieplnego,
  - przenoszenia ciepła spowodowanego wyżywaniem powietrza,
  - obliczenia kondensacji,
  - efektu zastosoowania żaluzji,
  - dodatkowego przenoszenia ciepła na narożach i krawędziach ściany osłonowej,
  - połączeń ze strukturą główną,
  - systemów ścian osłonowych z ogrzewaniem integralnym.

W normie PN-EN ISO 12631:2013-03 [N20] podano dwie metody obliczania współczynnika przenikania ciepła:

1. zbiorczą metodę oceny,
2. składnikową metodę oceny.

**Metoda zbiorcza** opiera się na szczegółowych obliczeniach komputerowych przenoszenia ciepła przez kompletną konstrukcję zawierającą słupki okienne, naświetla drzwiowe i elementy wypełniające (tzn. element szklący, panel nieprzeźroczysty). Wielkość strumienia ciepła (miedzy dwiema liniami adiabatycznymi) oblicza się przez modelowanie każdego połączenia cieplnego między dwoma elementami wypełniającymi (panel nieprzeźroczysty i/lub element szklący) z zastosoowaniem dwu- lub trójwymiarowego programu do analizy metodą elementów skończonych. Całkowitą wartość współczynnika U fasady można obliczyć, stosując ważne powierzchniowo wartości U połączeń cieplnych i elementów wypeł-

**Tablica 2. Wybrane wymagania prawne dotyczące izolacyjności przegród budowlanych przezroczystych wg rozporządzenia Ministra Infrastruktury**

Lp.	Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	Współczynnik przenikania ciepła $U_{(max)}$ [ $W/(m^2K)$ ]		
		aktualne		przyszłe
		od 2014 r.	od 2017 r.	od 2021 r.
1	<b>Okna (z wyjątkiem okien połaciowych), drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne:</b>			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ C$	1,3	1,1	0,9
	c) przy $t_i < 16^\circ C$	1,8	1,8	1,8
2	<b>Okna połaciowe</b>			
	a) przy $t_i \geq 16^\circ C$	1,5	1,3	1,1
	c) przy $t_i < 16^\circ C$	1,8	1,6	1,4

niających. Niniejsza metodę można stosować do każdego systemu ścian osłonowych.

**Składnikowa metoda oceny** dzieli element reprezentatywny na pola powierzchni o różnych właściwościach cieplnych, np. elementy szklące, panele nieprzeźroczyste i ramy. Całkowitą wartość współczynnika U fasady można obliczać, stosując ważne powierzchniowo wartości U tych elementów z dodatkowymi czynnikiem korekcyjnymi opisującymi wzajemne oddziaływanie cieplne między tymi elementami. Niniejszą metodę można stosować do systemów osłonowych, takich jak systemy połączone w całość. Metoda ta nie dotyczy strukturalnego oszklania silikonowego, ekranów deszczowych i oszklania strukturalnego [N20].

W składnikowej metodzie oceny współczynnik przenikania ciepła pojedynczego elementu ściany osłonowej  $U_{cw}$  należy obliczać zgodnie z równaniem (4):

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t + \sum I_{f,g} \Psi_{f,g} + \sum I_{m,g} \Psi_{m,g} + \sum I_{t,g} \Psi_{t,g} + \sum I_p \Psi_p + \sum I_{m,f} \Psi_{m,f} + \sum I_{t,f} \Psi_{t,f}}{A_{cw}} \quad (4)$$

$$U_{cw} = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum A_m U_m + \sum A_t U_t + \sum I_{f,g} \Psi_{f,g} + \sum I_{m,g} \Psi_{m,g} + \sum I_{t,g} \Psi_{t,g} + \sum I_p \Psi_p + \sum I_{m,f} \Psi_{m,f} + \sum I_{t,f} \Psi_{t,f}}{A_{cw}}$$

w którym:

- $U_g, U_p$  – współczynniki przenikania ciepła oszklania (*glass*) i paneli (*panel*),
- $U_f, U_m, U_t$  – współczynniki przenikania ciepła ram (*frames*), słupków okiennych (*mullions*) i rygli (*transoms*),
- $\Psi_{t,g}, \Psi_{m,g}, \Psi_{t,g}, \Psi_p$  – liniowe współczynniki przenikania ciepła spowodowane połączeniami efektami cieplnymi elementu szklącego (*glass*) i ramy (*frame*) lub słupka okiennego (*mullion*) lub rygla (*transom*), lub samego panelu (*panel*),
- $\Psi_{m,f}, \Psi_{t,f}$  – liniowe współczynniki przenikania ciepła spowodowane połączeniami efektami cieplnymi „rama – słupek okienny” lub „rama – rygiel”.

Pole powierzchni ściany osłonowej należy obliczać zgodnie z równaniem (5)

$$A_{cw} = A_g + A_p + A_f + A_m + A_t \quad (5)$$

w którym:

- $A_{cw}$  – pole powierzchni ściany osłonowej,
- $A_g$  – całkowite pole powierzchni oszklania,
- $A_p$  – całkowite pole powierzchni paneli,
- $A_f$  – całkowite pole powierzchni ram,
- $A_m$  – całkowite pole powierzchni słupków okiennych,
- $A_t$  – całkowite pole powierzchni rygli okiennych.

Opór cieplny oraz współczynnik przenikania ciepła przegród pełnych (płyty warstwowe) oblicza się obecnie wg normy PN-EN ISO 6946:2008 *Kompo-*

enty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania [N21]. Przedstawiona metoda obliczania oporu cieplnego oraz przenikania ciepła dotyczy komponentów i elementów składających się z warstw jednorodnych cieplnie, tzn. warstw o stałej grubości i o właściwościach, które można uznać za jednorodne. Metoda to polega na:

- określeniu oporu cieplnego dla każdej jednorodnej cieplnie części komponentu,
  - zsumowaniu tych poszczególnych oporów tak, aby uzyskać całkowity opór cieplny komponentu, łącznie (w miarę potrzeby) z oporami przemieszczania ciepła na powierzchni,
  - obliczeniu współczynnika przenikania ciepła jako odwrotności całkowitego oporu cieplnego.
- Opór cieplny warstwy jednorodnej oblicza się z zależności (6):

$$PN-EN ISO 6946: 2008 (1) \quad R = \frac{d}{\lambda} \quad (6)$$

gdzie:

d – grubość warstwy materiału w komponencie,

$\lambda$  – obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła materiału obliczony zgodnie z normą PN-EN ISO 10456:2009 [N24] albo przyjęty z wartości tabelarycznych.

Całkowity opór cieplny  $R_T$  płaskiego komponentu budowlanego składającego się z warstw jednorodnych cieplnie i prostopadłych do strumienia ciepła należy obliczyć z równania (7):

$$PN-EN ISO 6946: 2008 (4) \quad (7)$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

gdzie:

$R_{si}$  – opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni,

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – obliczeniowe opory cieplne każdej warstwy,

$R_{se}$  – opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni.

Norma PN-EN ISO 6946:2008 [N21] podaje również sposób wyznaczenia wartości całkowitego oporu cieplnego  $R_T$  płaskiego komponentu budowlanego składającego się z warstw cieplnie jednorodnych i niejednorodnych, równoległych do powierzchni. Znając całkowity opór cieplny, wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  można wyznaczyć z zależności (8):

$$PN-EN ISO 6946: 2008 (10) \quad U = \frac{1}{R_T} \quad (8)$$

Na koniec obliczeń należy, w miarę potrzeby, uwzględnić poprawki dotyczące współczynnika przenikania ciepła  $U$ , zgodnie z załącznikiem „D” normy, uwzględniające:

- pustki powietrzne w izolacji,
- łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną,
- straty ciepła w stropodachach odwróconych, spowodowane wodą deszczową wpływającą przez złącza izolacji i dochodzącą do membrany wodochronnej.

Wymagania odnośnie do trwałości przewodności cieplnej szyb określone są w normie PN-EN 13830:2015 [N16] w pkt. 4.19.3 i 5.18.3. Trwałość niskoemisyjnego pokrycia szyb jest definiowana jako odporność na:

- działanie czynników chemicznych w powietrzu (oceniana wg normy PN-EN 1096-2:2012 [N2]),
- degradację pod wpływem promieniowania UV (oceniana wg normy PN-EN 1096-3:2012 [N3]).

Z kolei trwałość szyb zespolonych (ang. *Insulated Glass Unit*) jest definiowana jako:

- odporność na penetrację wody (oceniana wg normy PN-EN 1279-2:2012 [N14]),
- szybkość ubytku gazu w szybach zespolonych (oceniana wg normy PN-EN 1279-3:2004 [N15]),
- utrzymanie wytrzymałości uszczelnień obrzeży (oceniana wg normy PN-EN 1096-4:2006 [N4]).

## Wodoszczelność

Wodoszczelność jest to zdolność ściany osłonowej do zachowania szczelności na przenikanie wody. Badania wodoszczelności należy przeprowadzić zgodnie z PN-EN 12155:2004 *Ściany osłonowe – Wodoszczelność – Badania laboratoryjne pod ciśnieniem statycznym* [N8], a wyniki przedstawić zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12154:2004 *Ściany osłonowe – Wodoszczelność – Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja* [N7], w której to podano klasyfikację wodoszczelności. Badanie wodoszczelności polega na natrykiwaniu stałego, nieprzerwanego strumienia wody na zewnętrzną powierzchnię licową odpowiednio przygotowanej próbki, przy rosnących skokach dodatnich statycznych ciśnień próbnych przykładowych w określonych odstępach czasu.

Próbki przepuszczające wodę przy ciśnieniu poniżej 150 Pa nie mogą być klasyfikowane.

**Tablica 3. Klasyfikacja wodoszczelności wg PN-EN 12154: 2004**

Wielkość / miara	Klasyfikacja / miara				
	R4	R5	R6	R7	RE xxx
Klasa wodoszczelności					
Wartość maksymalnego ciśnienia próbnego $P_{max}$ [Pa]	150	300	450	600	> 600

Próbki nieprzepuszczające wody przy ciśnieniu powyżej 600 Pa są klasyfikowane jako E (wyjątkowe).

Dla klasy RE xxx zaleca się, aby przyjęto wyjątkowe ciśnienie próbne jako najniższą wartość 0,25 obliczeniowego ciśnienia wiatru, jeżeli obliczona wartość ciśnienia wiatru wynosi powyżej 2400 Pa.

Norma PN-EN 13830:2015 [N16] w pkt. 4.19.2 i 5.18.2 odnosi się bardzo szczegółowo do zagadnienia trwałości wodoszczelności. Trwałość wszelkiego rodzaju uszczelek i uszczelnień, określana jako zdolność do odzyskiwania wymiaru ich początkowej wysokości (po usunięciu obciążenia) w maksymalnej temperaturze eksploatacji, powinna stanowić długotrwałą właściwość materiałów z których są wykonane. Trwałość uszczelek należy badać zgodnie z normą PN-EN 12365-4:2006 – *Okucia budowlane – Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych – Część 4: Metoda badania powrotu poodkształceniowego po przyspieszonym starzeniu* [N12], a wyniki badań przedstawiać zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12365-1:2006 – *Okucia budowlane – Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych – Część 1: Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja* [N10], natomiast trwałość mas uszczelniających (kitów) należy określać bez starzenia i po starzeniu, zgodnie z odpowiednimi normami określonymi w PN-EN 12365-1:2006 [N10] i PN-EN 12365-2:2006 – *Okucia budowlane – Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych – Część 2: Metoda badania liniowej sily ściskającej* [N11].

## Przepuszczalność powietrza

Pojęcie „przepuszczalność powietrza” (ang. *air permeability*) oznacza przenikanie powietrza przez konstrukcję ściany osłonowej na skutek różnicy ciśnień po obu stronach przegrody.

Przepuszczalność określa się za pomocą tzw. współczynnika przepuszczalności powietrza „a”, który podaje ilość powietrza w  $m^3$  przenikającego przez przegrodę w czasie 1 godziny ( $m^3/m^2 \times h$ ). Współczynnik ten odnosi się do całej powierzchni ściany osłonowej.

Badania przepuszczalności należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN 12153:2004 *Ściany osłonowe – Przepuszczalność powietrza – Metoda badania* [N6], a wyniki przedstawić zgodnie z wymaganiami normy PN – PN-EN 12152:2004 *Ściany osłonowe – Przepuszczalność powietrza*

**Tablica 4. Klasy przepuszczalności powietrza w odniesieniu do powierzchni całkowitej, wg PN-EN 12152: 2004**

Wielkość / miara	Klasyfikacja / miara				
	A1	A2	A3	A4	A5
Klasa przepuszczalności					
Wartość maksymalnego ciśnienia próbnego $P_{max}$ [Pa]	150	300	450	600	> 600
Przepuszczalność powietrza $m^3/m^2 \times h$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

– Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja [N5], w której to podano klasy przepuszczalności powietrza w odniesieniu do powierzchni całkowitej ( $a < 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$ ) i w odniesieniu do długości szczelin stałych ( $a < 0,5 \text{ m}^3/\text{m} \times \text{h}$ ).

Wymagania dotyczące trwałości przepuszczalności powietrza określone są w normie PN-EN 13830:2015 [N16] w pkt. 4.19.4 i 5.18.4. Są one sprawdzane zgodnie z tymi samymi normami co trwałość z uwagi na wodoszczelność (pkt. 3.6.4).

## Przepuszczalność pary wodnej

Przepuszczalność pary wodnej to zjawisko dyfuzji (ruchu) cząsteczek pary wodnej przez przegrody zmierzające do wyrównania stężenia pary po obu stronach przegrody. Proces dyfuzji pary wodnej przez przegrodę budowlaną zależy od różnicy temperatury i wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu i na zewnątrz.

Opór dyfuzyjny przegrody jest miarą odporności przegrody na przenikanie pary wodnej. Jest tym większy, im grubsze są poszczególne warstwy przegrody, a tym mniejszy, im materiały są bardziej paroprzepuszczalne. Dyfuzyjność pary wodnej określa współczynnik przepuszczalności pary wodnej  $\delta$ :

$$\delta = \frac{m \cdot d}{F \cdot t \cdot \Delta p} \quad (9)$$

gdzie:

$\delta$  – współczynnik przepuszczalności pary wodnej [ $\text{g}/\text{m} \times \text{h} \times \text{Pa}$ ],

$m$  – masa pary wodnej [ $\text{g}$ ] przenikająca przez przegrodę w czasie  $t$ ,

$d$  – grubość przegrody lub warstwy materiału [ $\text{m}$ ],

$F$  – powierzchnia przegrody [ $\text{m}^2$ ],

$t$  – czas [ $\text{h}$ ] przenikania pary wodnej przez przegrodę,

$\Delta p$  – różnica ciśnień [ $\text{Pa}$ ] pary wodnej po obu stronach przegrody.

Zastosowane izolacje paroszczelne muszą być dostosowane do warunków hydrotermicznych budynku.

## Promieniowanie energii świetlnej

Określenie całkowitego przenikania promieniowania słonecznego oraz przenikania światła przez przezroczyste lub półprzezroczyste szkło powinno być dokonane zgodnie z normą PN-EN 410:2011 *Szkło w budownictwie – Określanie świetlnych i słonecznych właściwości oszklenia* [N23], a jeśli jest to potrzebne, wg normy PN-EN 13363-1+A1:2010 [N17] lub PN-EN 13363-2:2006 [N18] odnośnie do konieczności stosowania urządzenia ochrony przeciwsłonecznej w połączeniu z oszkleniem stosowanych na elewacjach budynków.

## Ekwipotencjalność

Pojęcie „ekwipotencjalny” oznacza „o tym samym / równym potencjale elektrycznym”. Ściana osłonowa powinna być tak zaprojektowana, aby metalowe elementy szkieletu ściany były połączone w sposób przewodzący prąd, tj. aby wszystkie elementy pionowe i poziome szkieletu oraz elementy wypełniające z okładzinami metalowymi uzyskały połączenia ekwipotencjalne, które z kolei powinny być połączone z najbliższym obwodem uziemiającym budynku.

Wymaganie uziemienia dotyczy wszystkich ścian osłonowych o konstrukcji metalowej, zainstalowanych w budynku o wysokości powyżej 25 m. Oporność elektryczna ściany osłonowej nie powinna przekraczać  $10\Omega$  przy badaniu zgodnie z załącznikiem „A” normy PN-EN 13830:2015 [N16].

Przy wykonywaniu połączeń ekwipotencjalnych należy zachować ostrożność w celu uniknięcia korozji kontaktowej, która mogłaby osłabić ich efektywność. ■

## Bibliografia

[1] Korycki O., Mateja K., Zasady oceny lekkich ścian osłonowych. w: Naprawy i wzmocnienia konstrukcji metalowych, lekkiej obudowy i posadzek przemysłowych, XV Ogólnopolska Konferencja Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, Ustroń 23-26 lutego 2000r., Tom 3, 2000, s. 93–143.

## Normy, instrukcje i wytyczne

- [N1] PN-B-02151-3:2015-10 Akustyka budowlana – Ochrona przed hałasem w budynkach – Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych
- [N2] PN-EN 1096-2:2012 Szkło w budownictwie – Szkło powlekane – Część 2: Wymagania i metody badania powłok kategorii A, B i S
- [N3] PN-EN 1096-3:2012 Szkło w budownictwie – Szkło powlekane – Część 3: Wymagania i metody badania powłok kategorii C i D
- [N4] PN-EN 1096-4:2006 Szkło w budownictwie – Szkło powlekane – Część 4: Ocena zgodności wyrobu z normą
- [N5] PN-EN 12152:2004 Ściany osłonowe – Przepuszczalność powietrza – Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja
- [N6] PN-EN 12153:2004 Ściany osłonowe – Przepuszczalność powietrza – Metoda badania
- [N7] PN-EN 12154:2004 Ściany osłonowe – Wodoszczelność – Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja
- [N8] PN-EN 12155:2004-12 Ściany osłonowe. Wodoszczelność. Badania laboratoryjne pod ciśnieniem statycznym
- [N9] PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana – Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów – Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami
- [N10] PN-EN 12365-1:2006 Okucia budowlane – Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych – Część 1: Wymagania eksploatacyjne i klasyfikacja
- [N11] PN-EN 12365-2:2006 Okucia budowlane – Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych – Część 2: Metoda badania liniowej siły ściskającej
- [N12] PN-EN 12365-4:2006 Okucia budowlane – Uszczelki i taśmy uszczelniające do drzwi, okien, żaluzji i ścian osłonowych – Część 4: Metoda badania powrotu poodkształceniowego po przyspieszonym starzeniu
- [N13] PN-EN 12354-3:2003 Akustyka budowlana – Określanie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów – Część 3: Izolacyjność od dźwięków powietrznych przenikających z zewnątrz
- [N14] PN-EN 1279-2:2004 Szkło w budownictwie – Szyby zespolone izolacyjne – Część 2: Długotrwała metoda badania i wymagania
- [N15] PN-EN 1279-3:2004 Szkło w budownictwie – Szyby zespolone izolacyjne – Część 3: Długotrwała metoda badania i wymagania dotyczące szybkości ubytku gazu oraz tolerancje koncentracji gazu
- [N16] PN-EN 13830:2015-06 Ściany osłonowe – Norma wyrobu
- [N17] PN-EN 13363-1+A1:2010 Urządzenia ochrony przeciwsłonecznej połączone z oszkleniem – Obliczanie współczynnika przenikania promieniowania słonecznego i światła – Część 1: Metoda uproszczona
- [N18] PN-EN 13363-2:2006 Urządzenia ochrony przeciwsłonecznej powiązane z oszkleniem – Obliczanie współczynnika przenikania całkowitej energii promieniowania słonecznego i światła – Część 2: Szczegółowa metoda obliczania
- [N19] PN-EN ISO 10848-2:2007 Akustyka – Pomiary laboratoryjne przenoszenia bocznego dźwięków powietrznych i uderzeniowych pomiędzy przylegającymi komorami – Część 2: Dotyczy lekkich elementów w przypadku małego wpływu złącza
- [N20] PN-EN ISO 12631:2013-03 Ciepne właściwości użytkowe ścian osłonowych – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła
- [N21] PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania
- [N22] PN-EN ISO 717-1:2013-08 Akustyka – Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych
- [N23] PN-EN 410:2011 Szkło w budownictwie – Określanie świetlnych i słonecznych właściwości oszklenia
- [N24] PN-EN ISO 10456:2009 Materiały i wyroby budowlane – Właściwości cieplno-wilgotnościowe – Tabelaaryczne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych
- [N25] PN-EN ISO 10848-1:2007 Akustyka – Pomiary laboratoryjne przenoszenia bocznego dźwięków powietrznych i uderzeniowych pomiędzy przylegającymi komorami – Część 1: Dokument ramowy

## Przepisy

- [P1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (t.j. Dz. U. 2015, poz. 1422)