

dr inż. Paweł Sulik^{1*)}

mgr inż. Bartłomiej Sędlak²⁾

Bezpieczeństwo pożarowe przeszklonych elewacji

Fire safety of glazed facades

DOI: 10.15199/33.2015.09.04

Streszczenie. W nowoczesnym budownictwie, nie tylko wysokociściowym [1], powszechnie jako zewnętrzne przegrody budynków stosowane są przeszklone elewacje. Słupowo-ryglowe konstrukcje szkieletowe, w których przestrzenie pomiędzy metalowymi lub drewnianymi profilami wypełnione są taflami przezroczystego lub matowego szkła, tworzą lekkie, ciągłe pokrycie zewnętrzne budynku, które musi samodzielnie lub w połączeniu z konstrukcją budynku spełnić wszystkie funkcje nienośnej ściany zewnętrznej, w tym również te związane z bezpieczeństwem pożarowym. W artykule przedstawione zostały główne aspekty związane z bezpieczeństwem pożarowym szklanych elewacji. Omówiono wymagania stawiane tego typu elementom zgodnie z przepisami polskiego prawa oraz metodykę badań i sposób klasyfikacji odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych. Ponadto w artykule przedstawiono wnioski płynące z badań odporności ogniowej elementów tego typu prowadzonych na przestrzeni ostatnich lat przez Zakład Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej.

Słowa kluczowe: przeszklone elewacje, bezpieczeństwo pożarowe, odporność ogniowa, profile metalowe, profile drewniane, wkłady izolacyjne.

Abstract. In modern architecture, not only in skyscrapers [1], glazed facades are commonly used as an external skin of buildings. Mullion-transom structures in which the spaces between the metal or timber profiles are filled with transparent or opaque glass panes form a lightweight, continuous outer skin of the building, which must either alone or in combination with the building structure fulfill all of the normal functions of the non-loadbearing outer wall, including those related to fire safety. This paper presents the main issues related with fire safety of glazed facades. Provisions of Polish law, test method and way of classification this kind of elements has been presented. Moreover, the paper presents the conclusions from the tests of fire resistance of glazed facades conducted in the last years by the Fire Research Department of Building Research Institute.

Keywords: glazed facades, fire safety, fire resistance, steel profile, timber profile, insulation insert.

Przeszkłone elewacje z uwagi na łatwość montażu oraz estetykę są coraz częściej stosowane jako zewnętrzne ściany nowoczesnych budynków. Przegrody te, będące szkieletowymi konstrukcjami słupowo-ryglowymi, w których przestrzenie pomiędzy metalowymi lub drewnianymi profilami szkieletu wypełnione są zazwyczaj dużymi przeszkleniami, nazywane ścianami osłonowymi tworzą lekkie, ciągłe pokrycie zewnętrzne budynku, spełniające (samodzielnie lub w połączeniu z konstrukcją budynku) wszystkie funkcje nienośnej ściany zewnętrznej, w tym również związane z bezpieczeństwem pożarowym. W związku z tym w konstrukcjach tego typu stosowane są często specjalne rozwiązania umożliwiające powstrzymanie rozprzestrzeniania się pożaru, takie jak wkłady izolacyjne, uszczelki pęczniące, czy też przede wszystkim przeszklenia ogniochronne.

Wymagania

Przepisy dotyczące bezpieczeństwa pożarowego przeszklonych elewacji zestawione zostały w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]. W dokumencie tym podstawowym założeniem jest zapewnienie w czasie pożaru nośności konstrukcji przez określony czas, ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku, ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru na budynki sąsiednie, możliwości ewakuacji ludzi znajdujących się w obiekcie oraz bezpieczeństwa ekip prowadzących akcję ratowniczą. W rozporządzeniu ustanowiono pięć klas odporności pożarowej budynków oznaczonych literami od „A” (najwyższe wymagania) do „E” (najniższe wymagania), do których zaliczony być może dany obiekt lub jego część. W zależności od klasy odporności pożarowej budynku przeszklonym elewacjom stawiane są określone wymagania związane z bezpieczeństwem pożarowym. W wielu przypadkach elewacje szklane jako zewnętrzne

ściany budynku powinny mieć klasę odporności ogniowej od EI 30 (o↔i) do EI 120 (o↔i) w zależności od klasy odporności pożarowej budynku. Wymagania te, co prawda, dotyczą w głównej mierze obszaru pasa międzykondygnacyjnego wraz z połączeniem ze stropem, ale w przypadku bliskiego sąsiedztwa innego budynku dotyczyć mogą również całej ściany osłonowej.

Bardzo istotne jest zapewnienie odpowiedniego zamocowania okładzin elewacyjnych – nie mogą one odpadać przez określony czas w warunkach pożaru, ponieważ stanowiłyby zagrożenie dla ekip prowadzących akcję ratowniczą oraz ewakuujących się osób. Wymagane jest również, aby w przypadku budynków o wysokości przekraczającej 25 m, okładzina elewacyjna i jej zamocowania mechaniczne, znajdujące się na wysokości powyżej 25 m nad poziomem terenu, były wykonane z materiałów niepalnych.

Przeszkłone elewacje powinny również spełniać dodatkowo wymagania nierozprzestrzeniania ognia, przy czym w ściśle określonych przypadkach dopuszcza się słabo rozprzestrzeniające ogień.

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych, SGSP

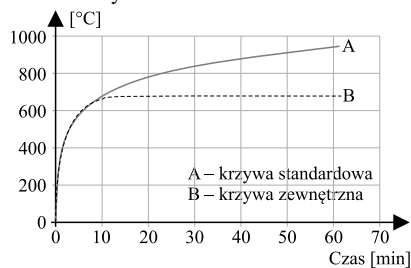
²⁾ Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Badań Ogniowych

^{*)} Autor do korespondencji:
e-mail: p.sulik@itb.pl

Badania odporności ogniowej

Przeszkłone elewacje, słupowo-ryglowe konstrukcje mocowane do czoła stropów należy badać zgodnie z PN-EN 1364-3 [3]. W normie badawczej zdefiniowane zostały dwa przypadki, w których określona być może odporność ogniowa – w warunkach nagrzewania od wewnątrz i od zewnątrz. Oba przypadki różnią się warunkami panującymi w piecu badawczym oraz konfiguracją elementu próbnego i sposobem jego zamocowania.

W przypadku nagrzewania od wewnątrz temperatura w danym czasie badania powinna być zgodna z krzywą standardową, właściwą do odzwierciedlenia pożaru wewnątrz budynku, natomiast w przypadku nagrzewania od zewnątrz z krzywą zewnętrzną. Krzywe nagrzewania przedstawiono na rysunku.



Krzywe nagrzewania
Temperature/time heating curves

Badanie przeprowadzane jest na elementach próbnym przeszklonych elewacji. Konstrukcja poddana badaniu składa się z elementu próbnego, dwóch płyt stropowych oraz dwóch zintegrowanych konstrukcji ściennych w przypadku nagrzewania od wewnątrz, natomiast w przypadku nagrzewania od zewnątrz konstrukcją badawczą stanowi tylko element próbny, ewentualnie dodatkowo rama badawcza. Na fotografii 1



Fot. 1. Widok nienagrzewanej powierzchni elementu próbnego w trakcie badania odporności ogniowej w przypadku nagrzewania od wewnątrz

[Fot. Zakład Badań Ogniowych, ITB]
Photo 1. The view of the unexposed surface of tested specimen during the fire resistance test in case of internal heating conditions

przedstawiono element próbny ściany osłownej w trakcie badania w przypadku nagrzewania od wewnątrz, a na fotografii 2 w przypadku nagrzewania od zewnątrz.



Fot. 2. Widok nienagrzewanej powierzchni elementu próbnego w trakcie badania odporności ogniowej w przypadku nagrzewania od zewnątrz

[Fot. Zakład Badań Ogniowych, ITB]
Photo 2. The view of the unexposed surface of tested specimen during the fire resistance test in case of external heating conditions

Element próbny powinien być zaprojektowany i wykonany jako w pełni reprezentatywny dla konstrukcji stosowanej w praktyce lub zgodnie z określoną w normie [3] konfiguracją standardową w celu uzyskania najszerszego zakresu wykorzystania wyników badania. W przypadku standardowych próbek elewacji przeszklonych wyróżnione zostały próbki proste (sąsiednie tafle szklane umieszczone są w profilach słupów równolegle względem siebie) oraz narożne (sąsiednie tafle szklane umieszczone są w profilach słupów pod danym kątem względem siebie). Szczegółowe wytyczne dotyczące standardowych elementów próbnym zarówno w warunkach nagrzewania od wewnątrz, jak i od zewnątrz zestawione zostały w normie badawczej oraz omówione w literaturze [m.in. 4]. Najważniejsze, aby w elementach próbnym wykonane zostały przeszklenia o maksymalnych wymiarach przewidywanych do stosowania w praktyce oraz odpowiednio duży rozstaw pomiędzy elementami mocującymi słupy do czoła stropu, ponieważ to, co zostanie przebadane, będzie miało bezpośredni wpływ na późniejszy za-

kres zastosowania przedstawiony w klasyfikacji ogniowej.

Podczas badania odporności ogniowej sprawdzane są kryteria skuteczności działania, takie jak szczelność i izolacyjność ogniowa oraz promieniowanie.

Szczelność ogniowa jest zdolnością elementu konstrukcji, który pełni funkcję oddzielającą, do wytrzymania oddziaływania ognia tylko z jednej strony bez przeniesienia ognia na powierzchnię nienagrzewaną w wyniku przeniknięcia gorących gazów lub płomieni. Podczas badania sprawdzana jest wizualnie lub za pomocą szczelinomierzy i tamponu bawełnianego. Uznaje się, że szczelność jest zachowana, jeżeli penetracja (szczelinomierzem grubości 25 mm lub 6 mm na długości 150 mm) szczeliny powstałej w wyniku działania ognia nie była możliwa, tampon bawełniany nie uległ zapaleniu przez okres 30 s od momentu przyłożenia go do elementu próbnego i nie wystąpiło utrzymanie się płomienia po stronie nienagrzewanej (nie pojawił się tam ogień ciągły trwający dłużej niż 10 s).

Izolacyjność ogniowa jest zdolnością elementu konstrukcji do wytrzymania oddziaływania ognia tylko z jednej strony, bez przeniesienia ognia w wyniku przepływu ciepła ze strony nagrzewanej na stronę nienagrzewaną. Oceniana jest ona na podstawie przyrostu temperatury na nienagrzewanej powierzchni elementu próbnego. Przyrost temperatury średniej ograniczony jest do 140 K powyżej początkowej średniej temperatury (pomiar temperatury średniej prowadzony jest w przypadku przeszklonych elewacji tylko na taflach szklanych), natomiast przyrost temperatury maksymalnej w dowolnym punkcie badanego elementu ograniczony jest do 180 K powyżej temperatury początkowej. Podczas badania izolacyjność sprawdzana jest przez termoelementy zamocowane do nienagrzewanej powierzchni elementu próbnego oraz przez termoelement ruchomy, który może być użyty w każdym miejscu elementu próbnego, w którym występuje podejrzenie o przekroczenie kryterium.

Promieniowanie to zdolność elementu konstrukcji do wytrzymania oddziaływania ognia tylko z jednej strony tak, aby ograniczyć prawdopodobieństwo przeniesienia ognia w wyniku dużego wypromieniowania ciepła przez element lub z jego powierzchni nienagrzewanej do sąsiadujących materiałów. Promieniowanie oceniane jest na podstawie czasu, w którym maksymalna wartość promieniowania mierzonego zgod-

nie z normą PN-EN 1363-2 nie przekracza 15 kW/m². Badanie należy zakończyć w przypadku, gdy osiągnięte zostaną wybrane kryteria odporności ogniowej, gdy życzę sobie tego zleceniodawca badania oraz w przypadku kiedy dalsze prowadzenie badania stanowi zagrożenie dla wyposażenia badawczego lub personelu.

Opisane procedury mają zastosowanie do przeszklonych elewacji montowanych do czoła stropu. Trochę inaczej sytuacja wygląda w przypadku wypełniających elewacji montowanych pomiędzy stropami. Elewacje tego typu, z punktu widzenia badawczego oraz klasyfikacyjnego, traktowane są w taki sam sposób jak ściany działowe.

Przeszkłone elewacje są bardzo często wyposażone w drzwi, którym również stawiane są wymagania dotyczące odporności ogniowej, a w określonych przypadkach również dymoszczelności. Elementy te również podlegają badaniu odporności ogniowej i/lub dymoszczelności. Badanie jednak przeprowadzane jest wg innej normy badawczej. Elementem próbnym są wtedy dane drzwi, a przeszklona elewacja stanowi zintegrowaną (w przypadku odporności ogniowej) lub uzupełniającą (w przypadku dymoszczelności) konstrukcję mocującą. Przypadki tego typu oraz metodyka badania odporności ogniowej przedstawione zostały m.in. w artykułach [1, 5, 6], a dymoszczelności m.in. w artykule [7].

Klasyfikacja ogniowa

Klasy odporności ogniowej nadawane są wg normy PN-EN 13501-2 [8] na podstawie badań przeprowadzonych wg odpowiedniej normy badawczej (tabela). Przy jej przyznawaniu brane są pod uwagę opisane wcześniej kryteria skuteczności działania (szczelność ogniowa, izolacyjność ogniowa i promieniowanie). W normie klasyfikacyjnej [8] zdefiniowane zostały klasy odporności ogniowej zestawione w tabeli 1.

Klasy odporności ogniowej wg [6]

Fire resistance class [6]

E	15	30	60	90	120
EI	15	30	60	90	120
EW	20	30	60		

Dodatkowo, zgodnie z normą PN-EN 13501-2+A1, każdorazowo dla danej klasy odporności ogniowej przeszklonej elewacji podane jest oznaczenie wskazujące na rodzaj badania, na podstawie którego została nadana klasyfikacja. W przypadku szklanych fasad badanych od wewnątrz oraz od zewnątrz stosuje się oznaczenie „o↔i”. W wypadku pojedyn-

czego badania danej klasy, przy nagrzewaniu od wewnątrz stosuje się oznaczenie „i → o”, a przy nagrzewaniu od zewnątrz oznaczenie „o → i”.

Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne

Przeszkłone elewacje wykonywane są najczęściej jako słupowo-ryglowe konstrukcje szkieletowe, w których przestrzenie pomiędzy drewnianymi lub metalowymi profilami wypełniane są taflami szklanymi.

Profile drewniane wykonywane są zazwyczaj z drewna klejonego, które z reguły musi być dodatkowo impregnowane specjalnymi preparatami powstrzymującymi rozprzestrzenianie się ognia. Profile metalowe wykonywane są najczęściej z kształtowników stalowych lub aluminiowych, wypełnionych specjalnymi wkładami izolacyjnymi, najczęściej z płyt krzemianowo-wapniowych, gipsowo-kartonowych lub silikatowo-cementowych. Rodzaj zastosowanego wkładu ma ogromny wpływ na izolacyjność ogniową danej ściany osłonowej.

Bardzo istotnym elementem jest odpowiednie zamocowanie przeszkleń w profilach. Zazwyczaj mocowane są one za pomocą stalowych listew dociskowych, przykręconych odpowiednimi śrubami do danego profilu. Przestrzeń pomiędzy szybą i profilem mocującym uszczelniana jest za pomocą uszczelek montowanych po obwodzie szyby, wykonanych najczęściej z kauczuku syntetycznego EPDM. Ponadto po obwodzie szyb mocowane są specjalne uszczelki pęczniące.

Warto zaznaczyć, że w przypadku metalowych profili rozwiązania tego typu stosowane są również w konstrukcji dachów. Przeszkłone świetliki dachowe wykonywane są z dokładnie takich samych profili jak przeszklone elewacje.

Podsumowanie

W nowoczesnej architekturze coraz częściej jako zewnętrzne ściany budynków stosowane są przeszklone słupowo-ryglowe konstrukcje szkieletowe, w których przestrzenie pomiędzy metalowymi lub drewnianymi profilami wypełnione są przeszkleciami, które muszą spełniać m.in. wymagania związane z bezpieczeństwem pożarowym, w tym m.in. z odpornością ogniową. Nie można ocenić czy obliczyć rzeczywistej klasy odporności ogniowej danej elewacji szklanej na podstawie jej projektu lub innej specyfikacji. Jedynym sposobem jest przeprowadzenie badania odporności ogniowej wg odpowiedniej normy badawczej. Nale-

ży pamiętać, że nawet niewielka zmiana konstrukcyjna w danej fasadzie szklanej może w znaczny sposób wpłynąć na jej właściwości związane z odpornością ogniową, dlatego też określenie rzeczywistej klasy odporności ogniowej danej elewacji szklanej możliwe jest wyłącznie na podstawie wyników badań odporności ogniowej odpowiednich elementów próbnych. Na klasę odporności ogniowej wpływać może wiele czynników, takich jak np. rodzaj zastosowanych profili szkieletu i wkładów izolacyjnych wewnątrz profili, sposób ich mocowania do stropu, rozstaw pomiędzy punktami mocowania, a także rodzaj zastosowanego szkła, rozmiary tafl szklanych, współczynnik kształtu szyb oraz rodzaj i sposób zamocowania przeszkleń. Istotnym problemem jest również zachowanie bezpieczeństwa elewacji w trakcie pożaru, czyli ich nieodpadanie [9], co pozwala straży pożarnej prowadzić akcję gaśniczą bez dodatkowych utrudnień i niepotrzebnego narażania życia.

Literatura

- [1] Sulik P., Sędlak B., Turkowski P., Węgrzyński W. (2014): Bezpieczeństwo pożarowe budynków wysokich i wysokościowych. [W:] A. Halicka, Budownictwo na obszarach zurbanizowanych, Nauka, praktyka, perspektywy, Politechnika Lubelska 2014, pp. 105 – 120.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 z 15 czerwca 2002 r., poz. 690).
- [3] PN-EN 1364-3:2014 Badanie odporności ogniowej elementów nienośnych – Część 3: Ściany osłonowe pełna konfiguracja (kompletny zestaw).
- [4] Sędlak B. (2014): Badania odporności ogniowej przeszklonych ścian osłonowych wg nowego wydania normy PN-EN 1364-3. „Świat Szkła”, R. 19 (nr 7-8), 49 – 53.
- [5] Izydorezyk D., Sędlak B., Sulik P. (2014): Fire Resistance of timber doors – Part I: Test procedure and classification. „Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology”, No. 86, 125 – 128.
- [6] Izydorezyk D., Sędlak B., Sulik P. (2014): Fire Resistance of timber doors – Part II: Technical solutions and test results. „Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology”, No. 86, 129 – 132.
- [7] Izydorezyk D., Sędlak B., Sulik P. (2014): Problematyka prawidłowego odbioru wybranych oddzieleń przeciwpożarowych. „Materiały Budowlane”, nr 11, 62 – 64.
- [8] PN-EN 13501-2+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 2: Klasyfikacja na podstawie badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnych.
- [9] Kinowski J., Sulik P. (2014): Bezpieczeństwo użytkowania elewacji. „Materiały Budowlane”, nr 9, 38 – 39.

Przyjęto do druku: 10.08.2015 r.