SCIENTIFIC STUDIES
Monographs

PRACE NAUKOWE
Monografie

Bartłomiej Sędłak

Bezpieczeństwo pożarowe pionowych przegród przeszklonych

Efekt skali w ocenie odporności ogniowej

Fire safety of vertical glazed partitions

Scale effect in the assessment of fire resistance

Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa 2022

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor naczelny	prof. dr hab. inż. Lech Czarnecki
Zastępcy redaktora naczelnego	prof. dr inż. Lesław Brunarski
	dr hab. inż. Jadwiga Fangrat, prof. instytutu
Sekretarz	dr Michał Gajownik
Członkowie	dr hab. inż. Paweł Lewiński, prof. instytutu
	dr inż. Teresa Możaryn
	mgr inż. Jan Sieczkowski
	dr inż. Ewa Szewczak
	dr inż. Sebastian Wall

Recenzenci
dr hab. inż. Marcin Kozłowski, prof. uczelni
mł. bryg. dr hab. inż. Paweł Ogrodnik, prof. uczelni

Redakcja
dr Michał Gajownik

Opracowanie komputerowe
AnnGraf Anna Szeląg

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2022

Czterysta siedemdziesiąta trzecia pozycja
„Prac Naukowych ITB”

ISBN 978-83-249-8642-2 (PDF)

Wydawca i Autorzy dołożyli wszelkich starań, aby publikowane informacje pochodziły z rzetelnych źródeł. Wydawca nie ponosi odpowiedzialności ani też nie zaciąga zobowiązań w wyniku wykorzystania przez użytkowników treści niniejszej publikacji. W szczególności nie ponosi odpowiedzialności w stosunku do czytelników i/lub strony trzeciej za jakiekolwiek poniesione straty, wydatki i szkody bezpośrednie i pośrednie, łącznie z utratą zysku i innych korzyści majątkowych, które mogły powstać lub być związane bezpośrednio lub pośrednio z treściami opublikowanymi, w tym ewentualnymi błędami lub pominięciami zawartymi w publikowanych materiałach.

Instytut Techniki Budowlanej
Dział Wydawnictw Naukowych
02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 843 35 19
tel.: 22 56 64 208, e-mail: wydawnictwa@itb.pl, www.itb.pl

Spis treści

Streszczenie 5
Summary 7
Od Autora 9
Symbole i jednostki 11
1. Wprowadzenie 13
   1.1. Przeszklone przegrody przeciwpożarowe 13
   1.2. Problem naukowy 16
   1.3. Struktura monografii 18
2. Bezpieczeństwo pożarowe przeszklonych ścian działowych 21
   2.1. Przeciwpożarowe ściany działowe 21
   2.2. Wymagania polskiego prawa budowlanego 21
   2.3. Rozwiązania techniczne 23
   2.4. Metodyka badań w zakresie odporności ogniowej 27
   2.5. Zachowanie się przeszklonych ścian działowych w badaniach odporności ogniowej 50
   2.6. Klasyfikacja ogniowa 51
3. Stan wiedzy dotyczącej oceny odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych z uwzględnieniem efektu skali 57
   3.1. Analiza dostępnej literatury 57
   3.2. Analiza dostępnych badań przeszklonych ścian działowych 77
4. Zakres badań eksperymentalnych oraz przyjęte założenia 79
   4.1. Założenia dotyczące badań 79
   4.2. Elementy próbne 80
   4.3. Pomiary prowadzone podczas badań oraz po ich zakończeniu 82
   4.4. Warunki badania 88
5. Wyniki przeprowadzonych badań 91
   5.1. Szczelność i izolacyjność ogniowa oraz obserwacje w trakcie badania 91
   5.2. Temperatura na nienagrzewanej powierzchni 104

5.3. Temperatura wewnątrz profili 106
5.4. Deformacje 107
5.5. Zmiany mikrostruktury 108
5.6. Analiza wyników badań 118
6. Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych 123
6.1. Deformacja przegród w zależności od sztywności słupów . . . 123
6.2. Obliczenie minimalnej sztywności słupa dla danej ściany . . 124
6.3. Obliczenie dopuszczalnej maksymalnej wysokości ścian oraz minimalnego momentu bezwładności przekroju słupa ściany 126
6.4. Współczynnik wyrażający efekt skali w ocenie odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych 127
6.5. Algorytm postępowania przy określaniu odporności ogniowej ściany przeszklonej o założonej wysokości 128
7. Podsumowanie i wnioski 131
Bibliografia 135

BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE PIONOWYCH PRZEGRÓD PRZESZKLONYCH. EFEKT SKALI W OCENIE ODPORNOŚCI OGNIOWEJ

Streszczenie

Praca dotyczy zagadnień związanych z odpornością ogniową przeszklonych ścian działowych. Wewnętrzne ściany budynku, które nie stanowią jego konstrukcji, czyli nie mają właściwości nośnych, nazywane są ścianami działowymi. Głównym zadaniem elementów tego typu jest wydzielenie pomieszczeń w budynku, dlatego też powinny być one zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby zapewnić między innymi spełnienie wymagań dotyczących odporności ogniowej. Badanie odporności ogniowej ma na celu ocenę zachowania próbki elementu konstrukcji budowlanej poddanej określonym warunkom nagrzewania i ciśnienia. Pozwala to na ilościową ocenę zdolności elementu do wytrzymania oddziaływania wysokiej temperatury poprzez ustalenie kryteriów, za pomocą których można między innymi ocenić funkcje nośności, zdolności do powstrzymywania ognia (szczelności) i przenoszenia ciepła (izolacyjności).

Metodologia przeprowadzonych badań oparta jest na procedurach badawczych obowiązujących powszechnie w Europie. Określają one minimalne wymiary elementów próbnych, na których należy przeprowadzić badanie. Badania elementów próbnych o minimalnych wymiarach pozwalają na ocenę odporności ogniowej elementów o rozmiarach nieznacznie większych. Nie rozwiązuje to jednak realnego problemu stosowania odpornych ogniowo przeszklonych oddzieleń o wysokości znacznie przewyższającej wymiary ścian zweryfikowanych badawczo. Oznacza to, że w wielu obiektach, głównie użyteczności publicznej, stosowane są rozwiązania, których skuteczność ochrony przed działaniem ognia nie została potwierdzona badaniami.

W monografii opracowano model umożliwiający, na podstawie badań elementów próbnych o wymiarach 3 × 3 m, ocenę odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych wykonanych z profili aluminiowych o wymiarach znacznie je przewyższających. Model został opracowany na podstawie wyników badań ośmiu elementów próbnych przeszklonych ścian działowych. Do badań wytypowano ścianki najczęściej spotykane na polskim rynku – słupowo-ryglowe przeszklone ściany działowe o aluminiowych profilach trzykomorowych.

Dodatkowo w pracy zostały przedstawione wymagania polskiego prawa budowlanego związane z odpornością ogniową przeszklonych ścian działowych, procedura badania oraz sposób klasyfikacji elementów tego typu, jak również stosowane w nich rozwiązania konstrukcyjne. Ponadto szeroko omówiono literaturę związaną z tematyką monografii.

Najważniejszy wniosek przedstawiony w monografii dotyczy możliwości oszacowania według wyprowadzonych w pracy wzorów oraz badania próbki o minimalnych wymiarach normowych – maksymalnej dopuszczalnej wysokości przeszklonej ściany aluminiowej dla danego przekroju aluminiowego profilu, jak również wyznaczenia minimalnego wymaganego momentu bezwładności przekroju profilu, dla którego ścianka o danej wysokości zachowa swoją odporność ogniową. Na podstawie wymaganego minimalnego przekroju profilu aluminiowego jest możliwe dobranie odpowiednich profili wzmacniających.

Monografia składa się z 7 rozdziałów. Rozdział 1 stanowi wprowadzenie do omawianej tematyki, przedstawia problem naukowy oraz zakres pracy. W rozdziale 2 omówiono stan wiedzy na temat bezpieczeństwa pożarowego przeszklonych ścian działowych. Rozdział 3 poświęcony został analizie dostępnej literatury oraz analizie wybranych raportów z badań w zakresie odporności ogniowej. W rozdziale 4 przedstawiono przyjęte założenia dotyczące badań eksperymentalnych. W rozdziale 5 omówiono wyniki przeprowadzonych badań, natomiast w rozdziale 6 znajduje się rozwiązanie problemu naukowego postawionego na początku pracy. W rozdziale 7 zawarto podsumowanie wraz z wnioskami wynikającymi z przeprowadzonych badań.

FIRE SAFETY OF VERTICAL GLAZED PARTITIONS. SCALE EFFECT IN THE ASSESSMENT OF FIRE RESISTANCE

Summary

The monograph concerns the issue of fire resistance of glazed partition walls. The internal walls of the building, which are not its structure, and therefore do not have load-bearing properties, are called partition walls. The main task of this type of elements is to separate the rooms in the building, which is why they should be designed and constructed in such a way to ensure, inter alia, that the fire resistance requirements are met. The fire resistance test aims to assess the behavior of a sample of a building structure subjected to specific heating and pressure conditions. It allows a quantitative assessment of the ability of an element to withstand the effects of high temperature by setting criteria that can be used to assess, among other things, the loadbearing capacity, fire retardancy (integrity) and heat transfer (insulation) functions. Fire-resistance testing procedures for glazed partitions used in Europe determine the minimum dimensions of the test items (2.8×3.0 m, width × height in the furnace opening lumen). Tests on minimum-sized items enable the evaluation of the fire resistance of slightly larger components. Nonetheless, they do not address the real problem of using fire-resistant glazed partitions, whose heights significantly exceed the dimensions of partitions verified in tests. This means that in many facilities, mainly public utilities, solutions are used whose effectiveness of protection against fire has not been confirmed in tests.

This monograph resulted in the development of a model based on testing minimum-sized items, enabling the fire resistance evaluation of aluminium glazed partitions that are much higher than the test items. A typical scale effect should be expected in this situation, resulting from the difference in the dimensions of the test sample and the actual glass partition. The model was developed based on the results of eight tests on glazed partitions. The monograph also contains information on the requirements of Polish construction law related to the fire resistance of glazed partition walls, the test methodology and procedure of classification of elements of this type, as well as the structural solutions used in them. In addition, literature related to the

topic of work was widely discussed. The most important conclusion drawn on the basis of the research carried out as part of this dissertation concerns the possibility of estimating on the basis of the formulas derived from the study and test of sample with minimum standard dimensions, the maximum permissible height of the aluminium glazed partition for a given section of an aluminum profile, as well as determining the minimum required moment of inertia of the section of a profile for which wall of a given height will retain its fire resistance. On the basis of the required minimum cross-section of the aluminum profile it is possible to select appropriate reinforcing profiles.

OD AUTORA

Monografia została opracowana na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Efekt skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych" [1], z uwzględnieniem uwag recenzentów oraz dyskusji w trakcie publicznej obrony. W założeniu praca ma stanowić praktyczne kompendium wiedzy dotyczące bezpieczeństwa pożarowego pionowych przegród przeszklonych ze szczególnym uwzględnieniem aspektów związanych z efektem skali w ocenie ich odporności ogniowej. Opracowanie niniejszej monografii nie byłoby możliwe bez pomocy kilku osób, którym pragnę w tym miejscu podziękować. Dziękuję przede wszystkim Dyrekcji Instytutu Techniki Budowlanej za umożliwienie zrealizowania unikatowych badań wielkogabarytowych elementów próbnych. Wyrazy wdzięczności kieruję także w stronę promotora – prof. dr. hab. inż. Andrzeja Garbacza oraz promotora pomocniczego – dr. inż. Pawła Sulika, bez których wsparcia przebycie ścieżki od postawienia problemu naukowego do jego rozwiązania nie byłoby możliwe. Pragnę podziękować także recenzentom, dr. hab. inż. Marcinowi Kozłowskiemu, prof. PŚ oraz mł. bryg. dr. hab. inż. Pawłowi Ogrodnikowi, prof. SGSP, za dokładną analizę pracy oraz cenne uwagi.

Bartłomiej Sędłak

SYMBOLE I JEDNOSTKI

b_s – współczynnik wyrażający efekt skali, n.d.
E – moduł Younga; dla aluminium przyjęto $E = 69{,}5 \times 10^9$ [Pa]
f – ugięcie wynoszące 1 m
H – wysokość danego słupa [m]
H_b – wysokość zbadanej ściany o minimalnych wymiarach [m]
H_{max} – maksymalna dopuszczalna wysokość ścian dla słupa o określonym momencie bezwładności [m]
H_s – wysokość ściany, dla której określony jest minimalny moment bezwładności przekroju słupa [m]
J – moment bezwładności przekroju danego słupa [m^4]
J_{min} – wymagany minimalny moment bezwładności słupa dla danej wysokości ściany [m^4]
J_s – moment bezwładności przekroju słupa, dla którego określana jest wysokość maksymalna [m^4]
K – sztywność słupa [N/m]
K_b – sztywność słupa zbadanej ścianki o minimalnych wymiarach [N/m]
K_{min} – minimalna sztywność słupa ściany, dla której zachowana zostanie klasa odporności ogniowej [N/m]
u – ugięcie słupa [m]
u_b – ugięcie słupa zbadanej ścianki o minimalnych wymiarach [m]
u_{max} – przewidywane maksymalne ugięcie słupa ściany o minimalnej sztywności [m]

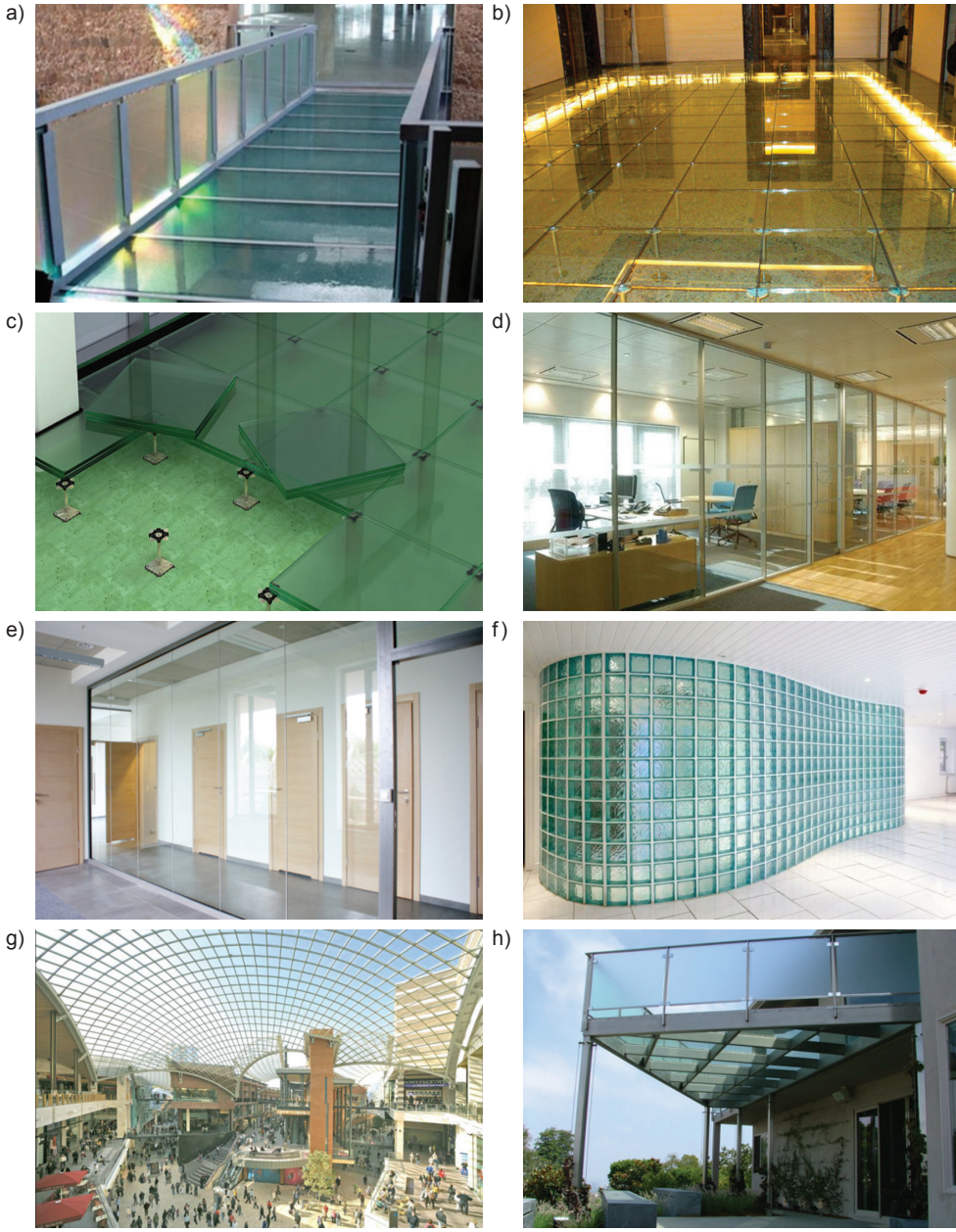
1. WPROWADZENIE

1.1. Przeszklone przegrody przeciwpożarowe

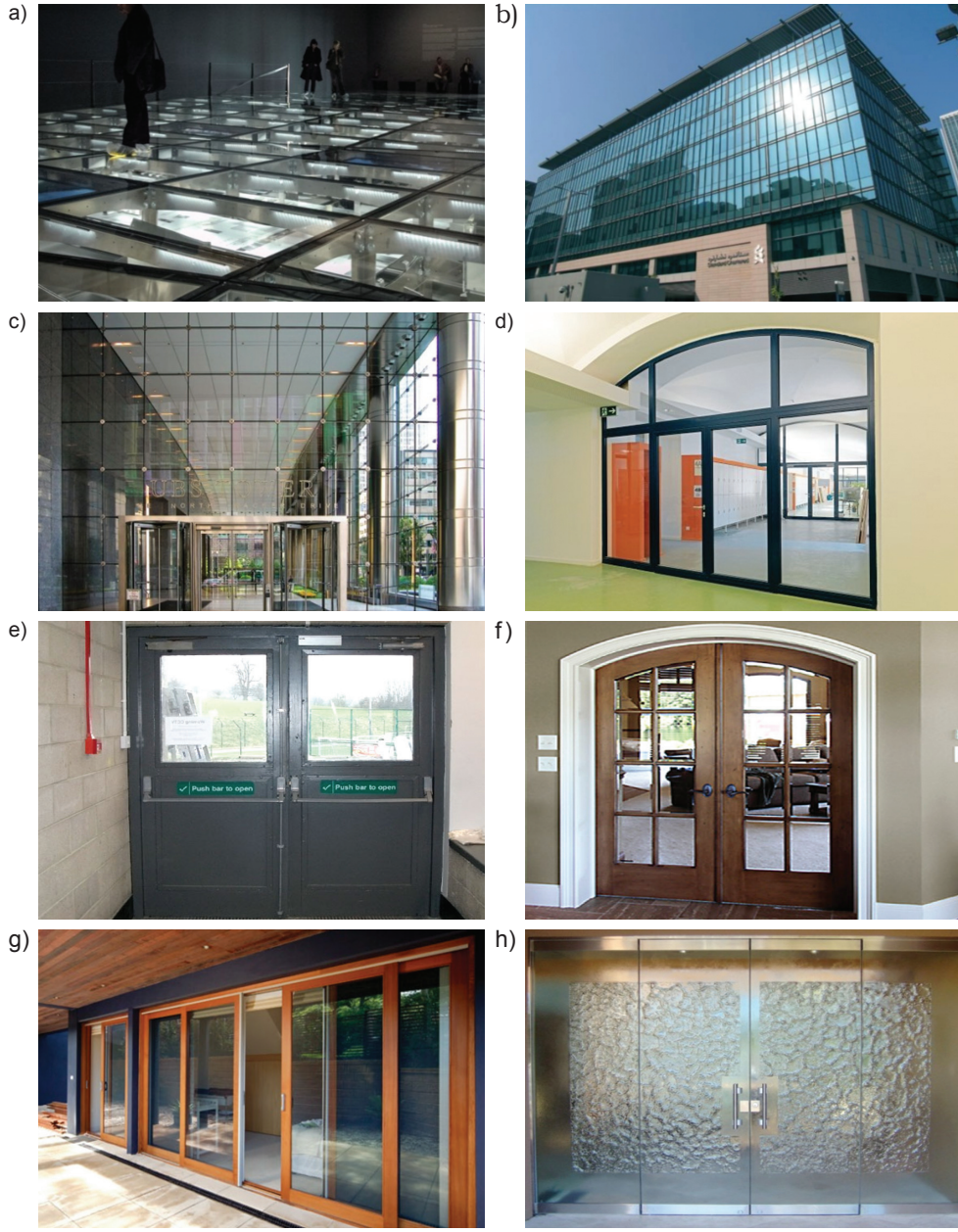
Powierzchnie przeszklone stanowią jeden z najbardziej charakterystycznych elementów otaczającej nas nowoczesnej architektury [2]–[5]. W budynkach biurowych, usługowych czy też użyteczności publicznej, takich jak szpitale, kina, szkoły lub galerie handlowe oraz w budynkach o znaczącej wysokości [5]–[7] dominującą rolę odgrywają przegrody, w których szkło stanowi główny element składowy. Zarówno w przypadku zewnętrznych powłok budynków, jak i przestrzeni wewnętrznych, powszechność przeszkleń jest uderzająca.

Coraz częstsze wykorzystanie szkła we współczesnym budownictwie ma swoje uzasadnienie. Jest to materiał pozwalający na kształtowanie powierzchni użytkowych z maksymalnym wykorzystaniem światła dziennego, a współczesne technologie umożliwiają eliminację niekorzystnych wpływów atmosferycznych, zapewniając jednocześnie niezbędny komfort i intymność. Wciąż wzbogacany wachlarz rozwiązań konstrukcyjnych, nad którego udoskonalaniem nieustannie pracują wyspecjalizowane biura techniczne właścicieli danych systemów, pozwala na stosowanie tego typu konstrukcji w wielu, często wyjątkowo widowiskowych formach. Ponadto, nowoczesne elewacje wykorzystujące szkło pozwalają również na efektywne energetycznie rozwiązania, łącznie z pozyskiwaniem energii z promieniowania słonecznego.

Elementy, w których dominującym materiałem jest szkło, stanowią zarówno wewnętrzne przegrody budynków [8]–[10], jak również ich zewnętrzne poszycie [11]–[13], mocowane są w pionie [14]–[19] oraz ukośnie lub poziomo [20], [21]. Przykładowe zastosowania elementów przeszklonych w praktyce zaprezentowano na rysunkach 1 i 2. Wśród przegród przeszklonych najczęstsze zastosowanie w budownictwie mają drzwi [10], [15], [26]–[35], [16], [36]–[45], [17], [46]–[49], [18], [19], [22]–[25] i okna [50], [51], ściany osłonowe [3], [5], [19], [28], [52]–[59], [11], [60]–[69], [12], [70]–[72], [13]–[18], świetliki (dachy przeszklone) [20], [21] oraz będące przedmiotem niniejszej pracy ściany działowe [8], [9], [71], [73]–[81], [14], [82]–[91], [15], [92], [16]–[19], [28], [67].



Rys. 1. Przykładowe zastosowania przegród przeszklonych a) kładka, b) podłoga podniesiona, c) podłoga podniesiona, d) przeszklona ściana działowa, e) przeszklona ściana działowa bezszprosowa, f) ściana działowa z pustaków szklanych, g) dach przeszklony (świetlik), h) balkon przeszklony [21], [74], [93]



Rys. 2. Przykładowe zastosowania przegród przeszklonych a) szklany strop, b) przeszklona ściana osłonowa słupowo-ryglowa, c) przeszklona ściana osłonowa z połączeniami strukturalnymi, d) stalowe profilowe drzwi przeszklone z przeszklonymi panelami górnymi i bocznymi, e) stalowe płaszczowe drzwi przeszklone, f) drewniane drzwi przeszklone, g) drewniane przesuwne drzwi przeszklone, h) drzwi „całoszklane” [93]

Głównym zadaniem przeszklonych ścian działowych jest wydzielenie pomieszczeń w budynku, dlatego też powinny być one zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby zapewniały między innymi spełnienie wymagań dotyczących bezpieczeństwa pożarowego, w tym także tych związanych z odpornością ogniową.

1.2. Problem naukowy

Określenie rzeczywistej klasy odporności ogniowej ścian przeszklonych, z uwagi między innymi na to, że konstrukcje tego typu są z reguły niejednorodne i często składają się z wielu dodatkowych komponentów, można uzyskać wyłącznie na drodze badawczej, spełniając wymagania normowe.

Badanie odporności ogniowej ma na celu ocenę zachowania próbnego elementu konstrukcji budowlanej poddanego określonym warunkom nagrzewania i ciśnienia. W oparciu o ustalone kryteria prowadzi się ilościową ocenę odporności elementu na oddziaływanie wysokiej temperatury, między innymi jej wpływu na nośność, zdolność do powstrzymywania ognia (szczelność) i przenoszenia ciepła (izolacyjność).

Procedury badawcze z zakresu odporności ogniowej ścian działowych stosowane w Europie określają minimalne wymiary elementów próbnych (2,8 × 3,0 m, szerokość × wysokość w świetle otworu pieca), na których przeprowadzić należy badanie. Z uwagi na duże koszty badań laboratoryjnych, związane przede wszystkim z koniecznością posiadania pieca o odpowiednich gabarytach, jak również z kosztem przygotowania samej próbki, dostępność pieców o wymiarach w świetle otworu większych niż 3,0 × 3,0 m jest bardzo ograniczona.

Badania elementów próbnych o minimalnych wymiarach pozwalają na ocenę odporności ogniowej elementów o nieznacznie większych wymiarach. Nie rozwiązuje to jednak realnego problemu stosowania odpornych ogniowo przeszklonych oddzieleń o wysokości znacznie przewyższającej wymiary ścian zweryfikowanych badawczo. Oznacza to, że w wielu obiektach, głównie użyteczności publicznej, stosowane są rozwiązania, których skuteczność ochrony przed działaniem ognia nie została potwierdzona w badaniach. Celem niniejszej pracy jest opracowanie algorytmu umożliwiającego rozszerzenie oceny odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych.

Problemem naukowym jest opracowanie modelu umożliwiającego, na podstawie badań elementów próbnych o wysokości 3 m, ocenę odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych wykonanych z profili aluminiowych o wysokości przekraczającej 3 m. W takiej sytuacji spodziewać się

należy typowego efektu skali wynikającego z różnicy wymiarów próbki modelowej i rzeczywistej przegrody szklanej. Zjawisko efektu skali powoduje, że wyniki badań doświadczalnych prowadzonych na elementach w skali laboratoryjnej zazwyczaj nie są prawdziwe dla elementów rzeczywistych. Oryginalność rozwiązania problemu naukowego w niniejszej monografii polega na ocenie wpływu efektu skali na uzyskane wyniki odporności ogniowej przeszklonych ścian słupowo-ryglowych. Wyznaczona na podstawie przeprowadzonych eksperymentów zależność korelacyjna pozwala na szacowanie odporności ogniowej ścian o wymiarach znacząco przekraczających gabaryty elementów próbnych poddawanych badaniom w najpopularniejszych typach pieców (3,0 × 3,0 m w świetle otworu). Badania tego rodzaju pozwalają na klasyfikowanie ścian wyłącznie do wysokości 3,6 m [75], podczas gdy istnieje konieczność określenia odporności ogniowej dla ścian o zdecydowanie większej wysokości.

Wyznaczona zależność korelacyjna, zwalidowana w badaniach eksperymentalnych, pozwala na określenie na podstawie testów elementów o wymiarach minimalnych (zgodnie z przyjętą procedurą próbek o wysokości 3 m), następujących wartości:

– maksymalnej dopuszczalnej wysokości ściany o analogicznej konstrukcji, dla której zachowana zostanie odporność ogniowa określona w badaniu ściany o wymiarach minimalnych (3,0 m),
– minimalnej dopuszczalnej sztywności słupa ściany wymaganej dla przegrody o danej wysokości w celu zachowania odporności ogniowej określonej w badaniu ściany o wymiarach minimalnych (3,0 m).

Dodatkowo przeprowadzono badania zmian mikrostruktury i właściwości profili aluminiowych poddanych oddziaływaniu wysokiej temperatury. Początkowo zakładano, że będzie możliwe powiązanie uzyskanych wyników z temperaturą na powierzchni profili lub z deformacją, zarejestrowanymi podczas badania odporności ogniowej elementów próbnych, co umożliwiłoby określenie dodatkowych warunków dotyczących oceny odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych wykonanych z profili aluminiowych o wysokości przekraczającej 3 m. Pomimo, iż uzyskane wyniki były niezależne od temperatury oraz deformacji, stwierdzono, że są one warte przedstawienia w niniejszej monografii.

Z uwagi na duże zróżnicowanie rodzajów przeszklonych ścian działowych, co zostało szerzej opisane w rozdziale 2.3, monografia poświęcona została jednemu z najczęściej spotykanych typów przeszklonych ścian działowych, tj. słupowo-ryglowym ścianom wykonanym z trzykomorowych profili aluminiowych, ze środkową komorą zabezpieczoną wkładem izolacyjnym.

1.3. Struktura monografii

W pierwszym rozdziale pracy w sposób ogólny nakreślono istotę problemu związanego z oceną odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych o rozmiarach znacznie przekraczających minimalne wymiary elementów próbnych określone w normach badawczych. W rozdziale zwrócono też uwagę na znaczenie efektu skali w ocenie odporności ogniowej pionowych przegród przeszklonych, uzasadniając w ten sposób zasadność podjęcia omawianego problemu badawczego.

W drugim rozdziale przedstawiony został stan wiedzy na temat bezpieczeństwa pożarowego przeszklonych ścian działowych. Omówiono w nim wymagania polskiego prawa budowlanego, rozwiązania konstrukcyjne stosowane w przeszklonych ścianach działowych oraz metodykę ich badania i sposób klasyfikacji w zakresie odporności ogniowej.

Rozdział trzeci poświęcony został analizie dostępnej literatury powiązanej z tematyką pracy oraz analizie wybranych raportów z badań w zakresie odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych dostępnych w archiwum Zakładu Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej. Przedstawiono także szczegółowe wyniki badań wybranych ścian działowych. W części poświęconej literaturze omówiono historię badań odporności ogniowej w oparciu o dotychczasowy dorobek publikacyjny oraz przedstawiono analizę artykułów dotyczących wymagań norm europejskich i polskiego prawa budowlanego, zachowanie przeszklonych ścian działowych o różnej konstrukcji w warunkach pożaru oraz publikacje poświęcone przeszkleniom przeciwpożarowym.

W rozdziale czwartym zaprezentowano zakres oraz przyjęte założenia dotyczące autorskich badań eksperymentalnych, a także dokładny opis konstrukcji każdego z ośmiu elementów próbnych aluminiowych przeszklonych ścian działowych poddanych badaniom. Ponadto omówiono pomiary przeprowadzone podczas badań, związane ze szczelnością ogniową, przyrostem temperatury na nienagrzewanej powierzchni badanych elementów oraz wewnątrz profili aluminiowych, jak również deformacją próbek. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawione zostały w rozdziale piątym.

W rozdziale szóstym znajduje się rozwiązanie problemu naukowego postawionego we wstępie monografii. Wykazano konieczność uwzględnienia efektu skali w ocenie odporności ogniowej ścian oraz przedstawiono zależność deformacji przegród od sztywności słupów stanowiących ich konstrukcję. Wyprowadzone zostały wzory umożliwiające wyznaczenie minimalnej sztywności słupa dla ściany o danej wysokości i dopuszczalnej

maksymalnej wysokości ścian oraz minimalnego momentu bezwładności przekroju słupa ściany. Na podstawie wyprowadzonych wzorów został określony algorytm postępowania przy ocenie odporności ogniowej ścian o określonej wysokości. Dzięki przeprowadzonym analizom wyznaczono współczynnik określający efekt skali w ocenie odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych.

W podsumowaniu zawarto wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

2. BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE PRZESZKLONYCH ŚCIAN DZIAŁOWYCH

2.1. Przeciwpożarowe ściany działowe

Wewnętrzne ściany budynku, które nie stanowią jego konstrukcji, czyli nie mają właściwości nośnych, nazywane są ścianami działowymi. Głównym zadaniem elementów tego typu jest wydzielenie pomieszczeń w budynku, dlatego też powinny być one zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby zapewnić między innymi spełnienie wymagań dotyczących odporności ogniowej. Wymagania te zestawione zostały w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [94] – jako drugie po nośności i stateczności wymaganie podstawowe dotyczące obiektów budowlanych.

Ściany działowe mające odpowiednią klasę odporności ogniowej wykonywane są najczęściej jako ścianki w lekkiej zabudowie, usztywnione stalowym lub drewnianym stelażem, z okładziną wykonaną np. z płyt gipsowo-kartonowych [95]–[97] lub płyt drewnopochodnych [98], [99], ewentualnie ścianki murowane z lekkich drobnowymiarowych elementów [100]–[103], czy też wykonywane z płyt warstwowych [104]–[107]. Materiały te, pomimo swoich bardzo dobrych właściwości umożliwiających powstrzymanie ognia są, ze względów estetycznych, coraz częściej zastępowane przegrodami przeszklonymi. Dzięki zastosowaniu w swej konstrukcji odpowiednich materiałów, pozwalają one na znaczne ograniczenie oddziaływania wysokiej temperatury spowodowanej pożarem.

2.2. Wymagania polskiego prawa budowlanego

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego budynków, w tym przeszklonych ścian działowych, zestawione zostały w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [94]. Budynki zgodnie z rozporządzeniem [94] powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przypadku wystąpienia pożaru zapewnić:

- nośność konstrukcji przez określony czas,
- ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru wewnątrz obiektu oraz na budynki sąsiednie,
- możliwość ewakuacji użytkowników,
- bezpieczeństwo ekip prowadzących akcję ratowniczą.

Poziom wymaganego bezpieczeństwa dla danego obiektu zależny jest od wielu czynników, takich jak na przykład przewidywany sposób jego użytkowania (ZL I – V – kategorie zagrożenia ludzi), czy też jego wysokość lub liczba kondygnacji. Dlatego też w rozporządzeniu [94] ustanowione zostało pięć klas odporności pożarowej budynków, oznaczonych literami od „A" (najwyższe wymagania) do „E" (najniższe wymagania), do których zaliczony może być dany obiekt lub jego część.

W celu spełnienia stawianych wymagań ściany działowe powinny być (w większości przypadków) elementami nierozprzestrzeniającymi ognia oraz mieć odpowiednią klasę odporności ogniowej. Zgodnie z rozporządzeniem [94] dopuszcza się zastosowanie ścian działowych słabo rozprzestrzeniających ogień w przypadku budynków o jednej kondygnacji i kategorii zagrożenia ludzi ZL IV, budynków magazynowych o maksymalnej gęstości obciążenia ogniowego strefy pożarowej do 500 MJ/m^2, lub magazynowych niskich o maksymalnej gęstości obciążenia ogniowego strefy pożarowej do 1000 MJ/m^2.

W zależności od klasy odporności pożarowej budynku wymagania w zakresie odporności ogniowej przeszklonych ścian działowych określone są poprzez wyznaczenie minimalnych klas odporności ogniowej EI i E, określonych zgodnie z normą EN 13501-2 [108] na podstawie badania wykonanego zgodnie z normą EN 1364-1 [109]. Wymagane klasy odporności ogniowej ścian działowych określone w rozporządzeniu [94], w przypadku różnych klas odporności pożarowej budynku, zestawione zostały w tablicy 1.

Tablica 1. Wymagania w zakresie odporności ogniowej zawarte w rozporządzeniu [94]

Klasa odporności pożarowej budynku	Klasa odporności ogniowej ściany działowej
A	EI 60
B	EI 30
C	EI 15
D	(–)
E	(–)

E – szczelność ogniowa (w minutach), określona zgodnie z Polską Normą dotyczącą zasad ustalania klas odporności ogniowej elementów budynku.
I – izolacyjność ogniowa (w minutach), określona jw.
(–) – nie stawia się wymagań.

Tablica 1 ma charakter ogólny, w polskich przepisach budowlanych [94] określono odstępstwa oraz klasy odporności ogniowej pionowych elementów przeszklonych stosowanych w szczególnych przypadkach.