

OCHRONA PRZECIWPÓŻAROWA



Oddziaływania pożaru na użytkowników i konstrukcję

Część 1



prof. dr hab. inż. Mirosław Kosiorek
Szkoła Główna Służby Pożarniczej

W czasie trwania dwóch pierwszych faz pożaru możliwa jest ewakuacja, a oddziaływania na konstrukcję budynku (z wyjątkiem konstrukcji drewnianych) są pomijalne. Po rozgorzeniu w pożarze rozwiniętym temperatura w ciągu kilku minut osiąga kilkaset stopni Celsjusza. Z tą fazą pożaru związana jest odporność ogniowa konstrukcji lub odporność pożarowa. Cykl artykułów, który rozpoczynamy, będzie dotyczył konstrukcji w warunkach pożaru.

Pożar to niekontrolowany w czasie i w przestrzeni rozkład termiczny materiałów palnych. Podstawowym procesem fizyko-chemicznym zachodzącym podczas pożaru jest przebiegająca z dużą szybkością reakcja utlenienia, której towarzyszy wydzielanie znacznej ilości ciepła. Oddziaływania pożaru na budynek mają charakter oddziaływań wyjątkowych.

W odróżnieniu od innych zjawisk wywołujących oddziaływania wyjątkowe [1] pożar charakteryzuje się dwiema następującymi cechami:

- w przeważającej liczbie przypadków (poza wtórnymi skutkami zjawisk atmosferycznych lub sejsmicznych) jest spowodowany działalnością ludzką,
- jego oddziaływania nie mają charakteru bezpośrednich oddziaływań mechanicznych, lecz powoduje on zmianę środowiska budynku i jego otoczenia, a oddziaływania mechaniczne na konstrukcję mają charakter wtórny.

W wyniku pożaru następują zmiany:

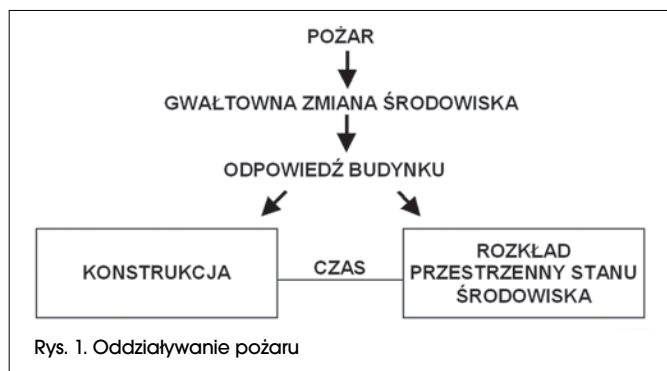
- warunków termicznych,
- ciśnienia,
- składu chemicznego atmosfery (zmniejszenie zawartości tlenu i toksyczność produktów spalania),
- zakresu widzialności (zadymienie).

Czynniki te oddziałują na użytkowników i konstrukcję budynku (rys. 1), a także na jego otoczenie. W pewnych przypadkach, np. pożarów rafinerii lub dużych składów chemicznych, pożar może być przyczyną silnego skażenia środowiska.

Stan środowiska zmienia się w czasie i jest zróżnicowany w poszczególnych pomieszczeniach i częściach budynku. Stan ten zależy od szeregu czynników: zdolności konstrukcji do przenoszenia obciążeń w warunkach silnych oddziaływań termicznych, właściwości przegród budowlanych, rozwiązań przestrzennych, rodzaju i ilości składowanych materiałów palnych, rodzaju

i rozmieszczenia palnych materiałów budowlanych, a także od instalacji umieszczonych w budynku i służących do tłumienia ognia (instalacje gaśnicze) i ograniczających rozprzestrzenianie się dymu (wentylacja pożarowa).

Poziom bezpieczeństwa pożarowego określa wiele różnorodnych czynników technicznych, organizacyjnych, kulturowych, socjologicznych i psychomotorycznych. Zależy on nie tylko od rozwiązań przestrzennych i konstrukcyjnych budynku, lecz także od sposobu i rodzaju użytych materiałów, jakości instalacji elektrycznych i ogrzewczych, umiejętności posługiwania się urządzeniami i materiałami, przezorności i kultury technicznej użytkowników, reakcji użytkowników i grup na sytuacje zagrożenia, organizacji, wyszkolenia i wyposażenia służb ratowniczych, możliwości dotarcia do budynku ogarniętego pożarem.

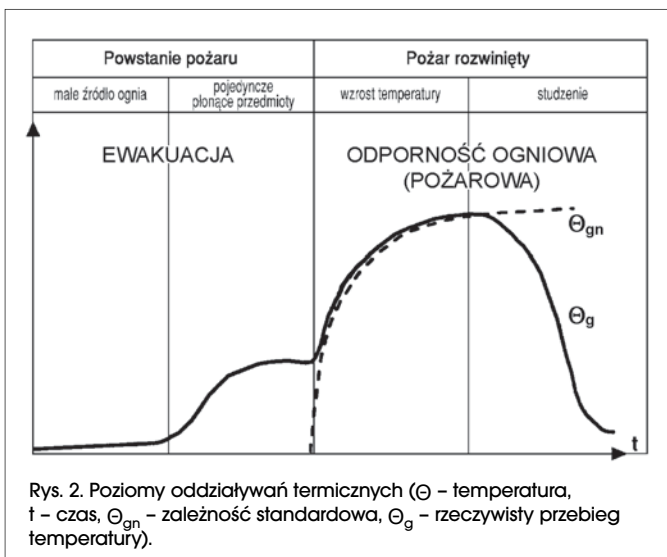


Rys. 1. Oddziaływanie pożaru

Stan bezpieczeństwa pożarowego w danej chwili $t = t_p$ jest określony przez stan środowiska i stan konstrukcji. Rozpatrując oddziaływania pożaru, należy wyodrębnić:

- oddziaływania na użytkowników: termiczne (przez promieniowanie i konwekcję), fizjologiczne, wynikające ze zmiany składu atmosfery i z ograniczenia widzialności,
- oddziaływania na konstrukcję: termiczne (przez promieniowanie, konwekcję i w mniejszym stopniu w wyniku przewodzenia), mechaniczne (w wyniku wzrostu ciśnienia) oraz chemiczne (korozyjne produkty spalania i późniejszych reakcji).

Cykl artykułów będzie dotyczył konstrukcji w warunkach pożaru, niemniej jednak warto mieć świadomość relacji między bezpieczeństwem pożarowym użytkowników i bezpieczeństwem pożarowym konstrukcji. Budownictwo ogólne obejmuje bardzo szeroki wachlarz budownictwa, od budynków mieszkalnych, poprzez szkoły, biblioteki, szpitale, do wielkich centrów handlowych i hal sportowo-widowiskowych. Wszystkie te budynki zaliczane są do kategorii zagrożenia ludzi (ZL) w podziale na kategorie ZLI, ZLII, ZLIII, ZLIV i ZLV [2].



Poziomy temperatury pożaru

W dokumentach Unii Europejskiej [3], [4] przyjęto następujące fazy rozwoju pożaru scharakteryzowane przez przebieg temperatury:

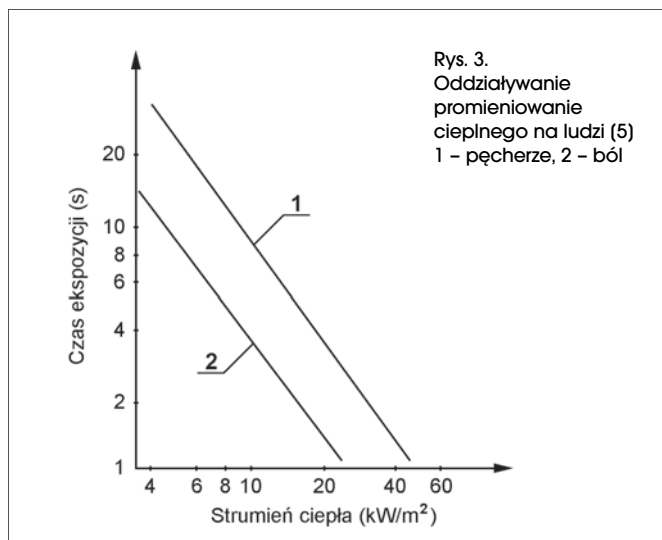
- małe źródło ognia (np. palący się papieros lub płonąca zapalka),
- pojedyncze płonące przedmioty (np. kosz ze śmieciami, kanapa),
- pożar rozwinięty.

W czasie trwania dwóch pierwszych faz pożaru możliwa jest ewakuacja, a oddziaływania na konstrukcję budynku (z wyjątkiem konstrukcji drewnianych) są pomijalne. Po rozgorzeniu w pożarze rozwiniętym temperatura osiąga w ciągu kilku minut kilkaset stopni Celsjusza. Z tą fazą pożaru związana jest odporność ogniowa konstrukcji (temperatura pożaru określona krzywą standardową) lub odporność pożarowa (przebieg temperatury określony za pomocą modeli realistycznych).

Oddziaływania pożaru na ludzi

1. Oddziaływania termiczne

Krytyczna wartość temperatury środowiska, tzn. wartość temperatury środowiska, którą człowiek może znieść w ciągu stosunkowo długiego czasu wynosi 60°C. Temperatura 120°C powoduje oparzenia I stopnia po około 8 minutach, a 200°C po 2-3 min. W temperaturze powyżej 200°C następują oparzenia dróg oddechowych. Przez dłuższy czas człowiek znosi promieniowanie ciepłe o natężeniu 2 kW/m² (natężenie promieniowania słonecznego wynosi około 1,2 kW/m²), natomiast 3,5 kW/m² już tylko przez około 60 s (rys. 3).



2. Dym

Dym jest aerozolem składającym się z mieszaniny powietrza i gazowych produktów spalania oraz rozproszonych w fazie gazowej cząstek stałych i ciekłych. Dym zmniejsza możliwości motoryczne człowieka,

REKLAMA



Creative Methods
in Fire Protection

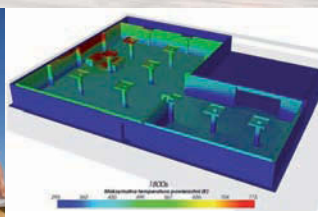


CMFplus sp. z o.o.

ul. Broniewskiego 3, 01-858 Warszawa
biuro@cmfplus.pl, www.cmfplus.pl
tel.: 539 08 08 02, 539 08 08 01

Zespół rzeczoznawców ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych

- Rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych
 - uzgodnienia dokumentacji projektowej
 - ekspertyzy i opinie techniczne, odstępstwa
 - doradztwo techniczne
 - przygotowanie budynków do odbiorów
- Specjalistyczna dokumentacja techniczna:
 - projektowanie systemów wentylacji pożarowej wg norm PN, NFPA i BS
 - projekty SSP oraz innych instalacji i urządzeń przeciwpożarowych
 - ocena zagrożenia wybuchem
 - instrukcje bezpieczeństwa pożarowego
 - jednostkowa dokumentacja techniczna
 - analizy odporności ogniowej konstrukcji (wg EUROKODÓW)
- Analizy numeryczne
 - symulacje CFD
 - symulacje ewakuacji
- Próby systemów wentylacji pożarowej metodą pożaru testowego z ciepłym dymem
- Szkolenia BHP i PPOŻ
- Sklep



ograniczając widzialność, działając drażniąco i toksycznie oraz przyczyniając się do powstania niedoboru tlenu. Oddziałuje także przez podwyższoną temperaturę i promieniowanie.

Podczas pożaru wszystkie te czynniki mogą oddziaływać na użytkowników budynków łącznie, jednak dotychczas przeprowadzone badania nie pozwalają na określenie ani ich interakcji, ani synergizmu związków chemicznych.

Do oceny zagrożenia toksycznego przyjmuje się wskaźniki toksymetryczne (WLC50SM) obliczone w taki sposób, że efekt toksyczny jest sumą efektów działania poszczególnych składników dymu. Podstawowe związki toksyczne zawarte w dymie to: tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO₂), cyjanowodor (HCN), dwutlenek azotu (NO₂) i chlorowodor (HCl). Śmiertelne stężenia tych związków przy 30-minutowej ekspozycji są następujące:

CO	– 3,75 g/m ³ ,
HCN	– 16 g/m ³ ,
CO ₂	– 196,4 g/m ³ ,
NO ₂	– 0,205 g/m ³ ,
HCl	– 1,0 mg/m ³ .

Utrata możliwości działania następuje po 5 minutach przy stężeniach: CO – 6000-8000 ppm, HCN – 120-200 ppm, CO₂ – 7-8% i zawartości tlenu obniżonej do 10-13%.

Przy bezpłomieniowym rozkładzie termicznym spowodowanym brakiem tlenu [6], [7] spalanie jest niecałkowite i stosunek CO₂/CO jest bliski jedności. W tych warunkach, przy słabej wentylacji, dochodzi do tzw. zaszczadzenia. Tlenek węgla łączy się z hemoglobina, tworząc karboksyhemoglobinę i powoduje niedobór tlenu w organizmie. Podobny jest mechanizm działania cyjanowodoru. Różnica polega na tym, że HCN powoduje śmierć przy znacznie mniejszych dawkach niż ma to miejsce w przypadku CO.

Oddziaływanie dwutlenku węgla polega na efekcie hiperwentylacji, tzn. zwiększeniu szybkości oddychania, co powoduje szybką kumulację np. CO₂ w organizmie. Przy niskich stężeniach tlenu obecność CO₂ może wywierać skutek pozytywny, zwiększając dopływ tlenu.

Tabela 1. Wskaźniki toksyczności i dymotwórczości (przykłady wg (6), (7))

Toksyczność		Dymotwórczość	
WLC50SM ≤ 15	– bardzo toksyczne	Y M ≤ 7 m ² /(kg·s)	– mała
15 < WLC50SM ≤ 40	– średnio toksyczne	7 < Y M ≤ 20 m ² /(kg·s)	– średnia
WLC50SM > 40	– mało toksyczne	Y M > 20 m ² /(kg·s)	– intensywna

Material	Toksyczność	Dymotwórczość
Pianka PU elastyczna	21,9; 12,5	11,0; 30,5
Pianka PU sztywna	12,6; 10,9	7,06; 12,1
Styropian	56,4	15,0
Guma silikonowa	65,8	3,0
Guma zwykła	7,0	3,7
Płyta pilśniowa twarda	41,7	9,0
Płyta pilśniowa miękka	36,2	6,5
Dąb, akacja	~53,0	~2,0
Topola	42,6	21,7
Sosna, świerk	~41,0	~3,5

W początkowej fazie pożaru, przy dużym dopływie powietrza, HCN i CO oraz inne związki toksyczne spalają się, dając atmosferę o małej toksyczności. Przy niedoborze tlenu produkty rozkładu termicznego w tej fazie są bardzo toksyczne. W rozwiniętej fazie pożaru, po rozgorzeniu, w pomieszczeniu występuje zwykle niedobór tlenu oraz nadciśnienie. Produkty rozkładu, w których występuje CO i HCN, rozprzestrzeniają się w budynku, powodując zagrożenie w dużych obszarach. Przykładowe wartości wskaźników toksyczności produktów spalania niektórych materiałów i dymotwórczości tych materiałów, na podstawie badań przepro-

wadzonych w Instytucie Techniki Budowlanej [6], [7] podano w tabeli 1. Między szybkością wydzielania dymu a toksycznością produktu spalania nie ma korelacji, tzn. wielkości te są niezależne.

Oddziaływania pożaru na konstrukcje

W Dokumencie Interpretacyjnym oraz Eurokodzie 1 [3], [4] przyjęto cztery podstawowe, tzw. nominalne zależności czas – temperatura (t – czas w minutach, Θ_g – temperatura gazów w °C) charakteryzujące pożar rozwinięty (rys. 4):

- 1) krzywa standardowa (N):

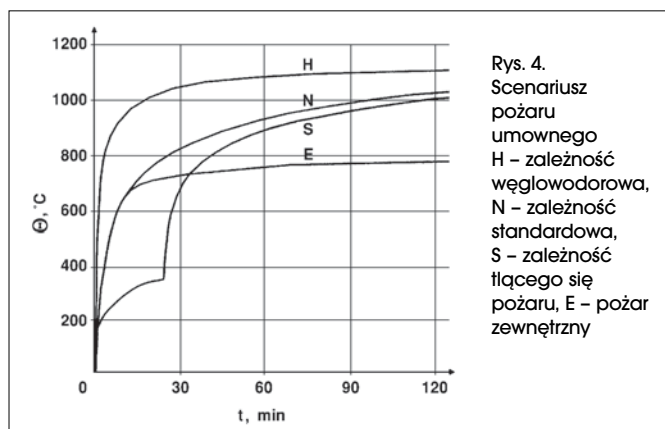
$$\Theta = 345 \log(8t + 1) + 20 \quad (1)$$
- 2) krzywa pożaru zewnętrznego (E)

$$\Theta = 660[1 - 0,687 \exp(-0,32t)0,313 \exp(-3,8t)] + 20 \quad (2)$$
- 3) krzywa węglowodorowa (H)

$$\Theta = 1080[1 - 0,325 \exp(-0,167t) - 0,675 \exp(-2,5t)] + 20 \quad (3)$$
- 4) zależność tłącego się pożaru

$$\Theta_g = 159t^{0,25} + 20 \text{ dla } 0 < t \leq 21 \quad (4)$$

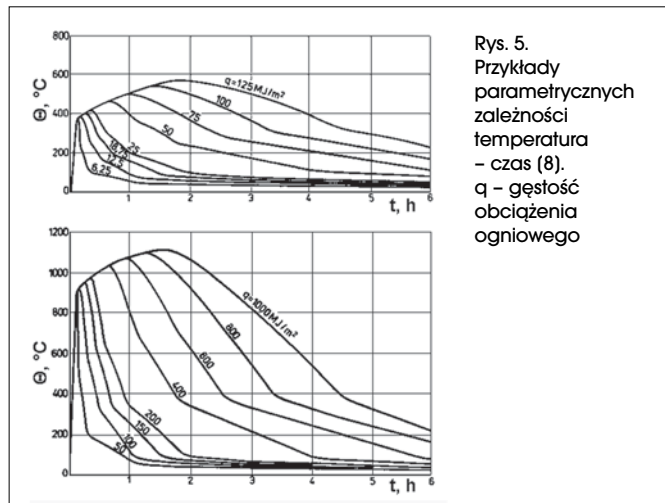
$$\Theta_g = 345 \log[8(t - 20) + 1] + 20 \text{ dla } t > 21$$



Rys. 4. Scenariusz pożaru umownego
H – zależność węglowodorowa, N – zależność standardowa, S – zależność tłącego się pożaru, E – pożar zewnętrzny

Zależność standardowa (N) określa przebieg temperatury w pomieszczeniu podczas spalania, głównie materiałów lignocelulozowych (meble, ubrania, papier). Krzywa pożaru zewnętrznego (E) określa temperaturę oddziałującą na ściany zewnętrzne przez ogień wydobywający się przez okno. Zależność węglowodorowa (H) określa przebieg pożarów wież wiertniczych lub magazynów paliw i smarów. Krzywa tłącego się pożaru (S) określa oddziaływanie ognia na wyroby, które mogą tracić swe właściwości przy początkowo wolnym wzroście temperatury (np. uszczelki i farby pęczniące zawierające składniki organiczne, które mogą ulec w początkowej fazie wypaleniu). Scenariusz ten nie dotyczy konstrukcji.

W pomieszczeniach o powierzchni do 500 m² i wysokości do 4 m, bez otworów w suficie, przy założeniu całkowitego spalania materiałów stanowiących obciążenie ogniwe, można przyjmować parametryczną zależ-



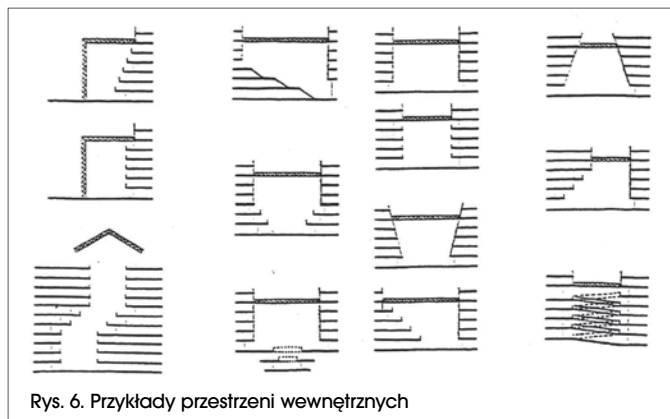
Rys. 5. Przykłady parametrycznych zależności temperatura – czas (8). q – gęstość obciążenia ogniowego

ność temperatura – czas, w fazie wzrostu opartą na modelu opracowanym w Szwecji (rys. 5) [8], według wzoru:

$$\Theta_g = 20 + 1325(1 - 0,324e^{-0,2t^*} - 0,204e^{-1,7t^*} - 0,472e^{-19t^*}) \quad (5)$$

gdzie: t^* – parametr zależny od czasu, właściwości cieplnych przegród, współczynnika geometrii otworów w ścianach, obciążenia ogniowego, Θ_g – temperatura w pomieszczeniu.

Można także przyjmować scenariusz pożaru zlokalizowanego lub modele oparte na równaniach mechaniki płynów [3]. Model pożaru zlokalizowanego dotyczy np. sytuacji w holu, w którym pożar może objąć fotele lub krzesła wokół stolika, poszczególne grupy są od siebie oddalone i pożar nie rozprzestrzenia się na całe pomieszczenie. Pożar taki może stanowić zagrożenie jedynie w przypadku konstrukcji drewnianych lub cienko-



Rys. 6. Przykłady przestrzeni wewnętrznych

ściennych. Modele pożarów umownych i parametrycznych charakteryzują się jednorodnym polem temperatury, co jest dobrym przybliżeniem rozkładu temperatury pożaru jedynie w przypadku pomieszczeń niezbyt wysokich. W przypadku różnego rodzaju przestrzeni wewnętrznych biegnących przez wiele kondygnacji lub przez całą wysokość budynku (rys. 6) założenie jednorodnego rozkładu temperatury jest dalekie od rzeczywistości.

Efektom oddziaływań termicznych na konstrukcje jest, ogólnie rzecz biorąc, spadek wytrzymałości i modułu sprężystości, degradacja materiału konstrukcyjnego powodująca zmianę przekroju poprzecznego (zwęglanie drewna, odpadanie i odpryskiwanie betonu), oddziaływania pośrednie o charakterze mechanicznym, tj. siły i momenty wewnętrzne wywołane rozszerzalnością liniową i gradientem temperatury w przekroju, oraz niejednorodność przekroju z uwagi na właściwości mechaniczne.

Stany krytyczne bezpieczeństwa pożarowego

Wprowadzie na konstrukcję i użytkowników oddziałuje środowisko pożaru, lecz w obu przypadkach rozpatrywane są inne właściwości tego środowiska lub inne poziomy oddziaływań (rys. 1). Stan krytyczny konstrukcji i stan krytyczny środowiska z uwagi na oddziaływanie na użytkowników są także rozłączne w czasie i w przestrzeni. W związku z tym inna jest także metodologia postępowania przy rozpatrywaniu obu stanów krytycznych; konstrukcję projektujemy z uwagi na spodziewane oddziaływania, natomiast z uwagi na użytkownika należy zaprojektować budynek tak, aby w określonym czasie w pewnych obszarach nie został przekroczony stan krytyczny środowiska. Konstrukcję możemy zaprojektować na spodziewane oddziaływania termiczne środowiska pożaru, a z uwagi na użytkownika należy dostosować środowisko tak, aby w określonym czasie możliwe było opuszczenie obszaru zagrożonego (rys. 7).

REKLAMA

KONSTRUKCJE BUDOWLANE 2015

KLUCZOWE SPOTKANIE BRANŻY BUDOWLANEJ W POLSCE!

WARSZAWA, 20 LISTOPADA 2015, CENTRUM KONFERENCYJNE MURANÓW

Bezpłatny udział w warsztatach

Przy zgłoszeniu do 15 października

KONSTRUKCJE BUDOWLANE 2015

- Prelekcje 20 wybitnych ekspertów m.in. z Polski, Hiszpanii i Finlandii
- 100% praktycznych rozwiązań popartych case studies
- Debaty eksperckie, analizy bezpieczeństwa, **wskazania dobrych praktyk** i omówienie newralgicznych punktów
- Sprawdzone praktyki dotyczące **bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych**
- Unikalna architektura i konstrukcja budynku Muzeum Historii Żydów Polskich POLIN „od kuchni” - zwiedzanie budynku!
- Najnowsze trendy, rozwiązania i **technologie stosowane w konstrukcjach budowlanych**
- **Ponad 300 uczestników** - możliwość nawiązania licznych kontaktów i wymiany doświadczeń

Wśród zaproszonych ekspertów:



prof.
Rainer Mahlamäki



Alberto Veiga



prof. dr hab. inż.
Włodzimierz Starosolski



mgr inż.
Wiesław Bocheńczyk

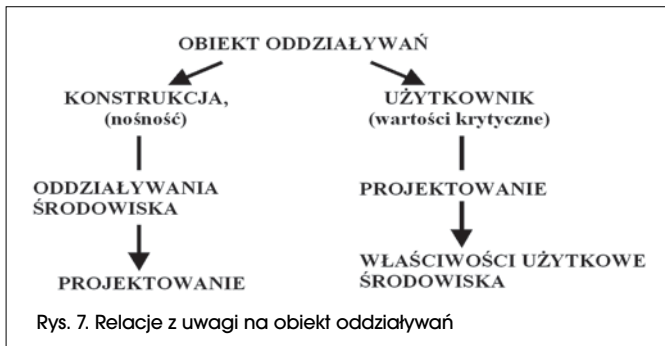
PROMOCYJNA CENA!
DO 31 PAŹDZIERNIKA
399 ZŁ
NETTO

SZCZEGÓŁY I REJESTRACJA

WWW.INSTYTUTPWN.PL/KONSTRUKCJE2015

ORGANIZATOR





Stany krytyczne środowiska można rozpatrywać także z uwagi na inne obiekty, takie jak instalacje lub wyposażenie (np. elektroniczne nośniki informacji).

W przypadku budynków wielokondygnacyjnych podstawowym warunkiem uzyskania pożądanego poziomu bezpieczeństwa pożarowego jest zapewnienie w określonym czasie $t \geq t_{kr}$ nośności konstrukcji. Czas t_{kr} może być określony w różny sposób wynikający ze sposobu użytkowania budynku. Może to być np. czas niezbędny do ewakuacji użytkowników czy rozpoczęcia akcji gaśniczo-ratowniczej. W przypadku np. budynków wysokościowych lub szpitali, z których całkowita ewakuacja nie jest możliwa, czas ten może obejmować cały okres trwania pożaru. Wymaganie zapewnienia nośności konstrukcji budynku w ciągu określonego czasu $t \leq t_{kr}$ można wyrazić wzorem:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (6)$$

gdzie: $E_{fi,d}$ – efekt oddziaływań w sytuacji pożarowej (uogólnione siły wewnętrzne), $R_{fi,d,t}$ – nośność konstrukcji w funkcji czasu określona np. przez graniczne wartości uogólnionych sił wewnętrznych.

Z uwagi na oddziaływanie środowiska pożaru na użytkowników i możliwości ewakuacji w poszczególnych częściach budynków oznaczonych przez uogólnione współrzędne K nie powinien być przekroczony w ciągu określonego czasu $t \leq t_{K,kr}$ stan krytyczny środowiska. Zwykle K oznacza obszary dyskretne w budynku, jak np. pomieszczenie, w którym wybuchł pożar, korytarz czy klatkę schodową. Można je oznaczać K_i .

Czas $t_{K,kr,i}$ jest różny dla poszczególnych obszarów K_i , gdyż użytkownicy opuszczają najpierw pomieszczenie, w którym wybuchł pożar i pomieszczenie bezpośrednio zagrożone, a następnie korytarzem docierają do klatki schodowej. Jeżeli odpowiednio oznaczy się okresy czasu potrzebne do opuszczenia pomieszczenia (t_{e1}), korytarza (t_{e2}) i klatki schodowej (t_{e3}), to dla poszczególnych obszarów K_i powinny być spełnione nierówności:

$$\begin{aligned} t_{K1,kr} &\geq t_{e1} \\ t_{K2,kr} &\geq t_{e1} + t_{e2} \\ t_{K3,kr} &\geq t_{e1} + t_{e2} + t_{e3t} \end{aligned} \quad (7)$$

Abstract.

Fire safety of general building structures. Part 1. Action on users and structures during fire

The article discusses the fire environment and fire safety critical condition. However, the fire environment has an action on the structure and the users, different properties of this environment or different action levels are considered in both cases. Critical structure condition and critical condition of the environment due to its action on the users are also separated in time and space. Because of this the methodology of analyzing both the critical conditions is also different; the structure is designed taking into consideration the expected actions, whereas when taking users into consideration, the building has to be designed so that in a specific time in some locations the critical environment condition will not be exceeded. The structure can be designed taking into consideration the expected thermal actions of a fire environment, and from the viewpoint of the users, the environment must be adapted in such a way that it will be possible to leave the threatened area within specific time.

Keywords: fire safety, fire environmental, action on users, action on structures, critical conditions.

Oznacza to, że czas do osiągnięcia stanu krytycznego środowiska w danym obszarze powinien być dłuższy od czasu ewakuacji z danego obszaru.

Z uwagi na oddziaływanie na użytkowników i charakterystyki optyczne dymu, przy których jest możliwa ewakuacja, istotne są następujące parametry środowiska: temperatura, strumień ciepła, stężenie produktów toksycznych i drażniących, spadek zawartości tlenu, zasięg widzialności.

Jeżeli przez Φ_{ij}^b oznaczymy zbiór wartości bezpiecznych wielkości określających stan środowiska, a przez $\Phi_{ij}(t)$ – zbiór wartości określających stan środowiska, to wartości $\Phi_{ij}(t)$ powinny należeć do zbioru Φ_{ij}^b :

$$\Phi_{ij}(t) \subset \Phi_{ij}^b \quad (8)$$

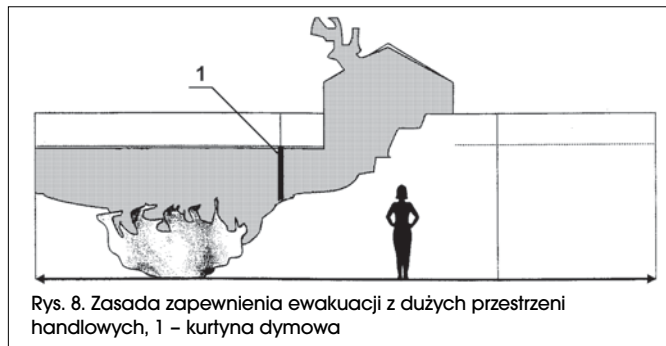
dla $t \leq t_{Ki,kr}$ dla każdego obszaru i oraz wielkości j .

Tabela 2. Wartości krytyczne

Parametr	Wartość krytyczna
Temperatura środowiska	$\Theta \approx 60^\circ\text{C}$
Promieniowanie ciepłe	$W_{kr} \approx (2-2.5) \text{ kW/m}^2$
Zawartość tlenu	$O_2 \approx (10-15)\%$
Zasięg widzialności	np. 10 m

Wartości krytyczne z uwagi na poszczególne parametry podano w tabeli 2.

Z uwagi na ewakuację i bezpieczeństwo ekip ratowniczych istota problemu polega na niedopuszczeniu do osiągnięcia w określonych obszarach w czasie niezbędnym do ewakuacji fazy rozwiniętej pożaru (rys. 1), czyli na przedłużeniu czasu trwania dwóch pierwszych faz przy jednoczesnym nieprzekroczeniu na określonej wysokości (rys. 8) stanu granicznego środowiska.



Stanu krytycznego środowiska z uwagi na toksyczność i efekty drażniące dymu nie analizuje się, zakładając, że jeśli jest odpowiedni zasięg widzialności, to stężenie produktów toksycznych nie przekracza wartości dopuszczalnych. W przypadku budynków użyteczności publicznej (pożary lignocelulozowe) jest to założenie w pełni uzasadnione – jak nie ma dymu bez ognia, tak nie ma toksyczności bez dymu. ■

Literatura:

- [1] Kosiorek M., Oddziaływanie pożaru na budynek. XIX Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie budowlane”, maj 1999. Tom 1: Referaty problemowe.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75/2002, poz. 690 z późniejszymi zmianami).
- [3] Dokument Interpretacyjny do Dyrektywy 89/106/EEC dotyczącej wyrobów budowlanych. Wymaganie podstawowe nr 2 Bezpieczeństwo pożarowe. ITB, Warszawa 1995.
- [4] PN-EN 1991-1-2:2006 Eurokod 1. Oddziaływanie na konstrukcję. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcję w warunkach pożaru.
- [5] Klote J. W., James M. A., Principles of Smoke management. ASHRAE, SFPE.
- [6] Kolbrecki A., Badanie pożarowego zagrożenia toksycznego. Prace ITB nr 2-3 (58, 59), Warszawa 1986.
- [7] Kolbrecki A., Zagrożenie dymem w pożarach budynków. Prace ITB nr 3 (67), Warszawa 1998.
- [8] Petterson O., Magnusson S.E., Thor J., Fire Engineering Design of Steel Structures. Swedish Institute of Steel Construction, 50/1976.