

Wytworzenie dymu



Układy wentylacji pożarowej są coraz częściej stosowane jako podstawa zabezpieczenia przeciwpożarowego różnego typu budynków. Najważniejsze elementy zabezpieczenia przeciwpożarowego w budynkach stanowi odpowiednio opracowany oraz zarządzany system wentylacyjny, który ma na celu zapewnienie obiegu powietrza o określonej intensywności. Funkcją tego systemu jest nie tylko przewietrzanie, lecz także sukcesywne usuwanie dymu, ciepła i toksycznych gazów z pomieszczeń oraz dróg ewakuacyjnych. W poniższym artykule skupiono się na definicji pożaru oraz procesie przepływu dymu podczas pożaru.

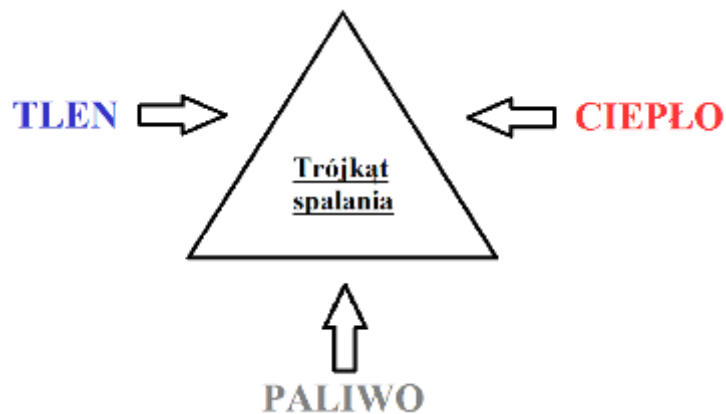
Pożar powstaje w wyniku powstania sprzyjających czynników, takich zwarcie instalacji elektrycznej, zaprószenie ognia czy samozapłon substancji łatwopalnej. Do najbardziej niebezpiecznych i katastrofalnych w skutkach należą pożary budynków wysokich, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.

Rozwój pożaru to całokształt zjawisk towarzyszących procesowi spalania, przebiegających często w przestrzeniach oddalonych od strefy spalania. Oznacza to, że rozwój pożaru obejmuje nie tylko zmiany zachodzące podczas procesów spalania w strefie spalania, ale także wszelkie zjawiska i procesy, wywołane przez tą strefę, w szczególności wymianę gazową, gęstość zadymienia, zmianę stężeń toksycznych produktów spalania i rozkładu termicznego, zmianę temperatury gazu. Należy pamiętać, że pożar rozwija się także w momencie, kiedy mimo iż powierzchnia pożaru nie powiększa się, to jednak następuje wzrost temperatury gazów, znajdujących się w pomieszczeniu ogarniętym pożarem.

POWSTAWANIE POŻARU

Pożar jest definiowany jako niekontrolowany proces spalania, któremu towarzyszy wydzielanie się dymu, energii oraz światła. Teoria pożaru opiera się na trójkącie spalania (rys. 1), który mówi, że warunkiem zainicjowania i podtrzymania pożaru jest jednoczesne występowanie trzech czynników:

1. ciepła,
2. tlenu,
3. paliwa.



Trójkąt spalania [1].

Wielkość pożaru jest uzależniona głównie od dostępności tlenu i paliwa. Jak można się domyśleć, brak któregośkolwiek ze składników powoduje, że pożar gaśnie.

Jeśli dojdzie do zapalenia paliwa, płomień oraz gorący dym zaczynają rozprzestrzeniać się od podłogi po powierzchnię sufitu. Po przekroczeniu temperatury 600°C może dojść do przerzucenia ognia na znacznie dalsze odległości od źródła ognia i ogarnięcia całego pomieszczenia bądź budynku przez pożar. Sposobem ograniczającym opisaną sytuację jest zastosowanie wentylacji pożarowej, która usuwa dym, nie dopuszczając do gromadzenia się jego dużych ilości.

Główne zagrożenia związane z pożarem:

- oddziaływanie termiczne,
- bezpośrednio oddziaływanie płomieni,
- oddziaływanie toksyczne produktów zawartych w dymie,
- obniżenie zawartości tlenu,
- zmniejszenie widzialności, co uniemożliwia przeprowadzenie sprawnej ewakuacji użytkowników budynku.

Pożar może rozprzestrzeniać się na trzy różne sposoby:

- konwekcję,
- przewodzenie,
- promieniowanie cieplne.

Konwekcja to transport ciepła poprzez dym, podgrzane gazy lub powietrze. Polega na przemieszczaniu się powstających gazów pionowo w górę budynku, a ich miejsce zajmuje zimne powietrze, które po pewnym czasie jest również ogrzewane, czyli także przemieszcza się w górę. Konwekcja powoduje gromadzenie się dymu w górnych partiach pomieszczeń, którego poprzez wentylację można się pozbyć, a co za tym idzie energii cieplnej transportowanej razem z nim w

wyniku konwekcji.

Drugim sposobem rozprzestrzeniania pożaru jest przewodzenie, czyli proces transportu ciepła przez ciała stałe. Dochodzi do niego, kiedy poprzez podgrzanie kawałka metalu, ciepło zostaje przeniesione stopniowo na jego drugi koniec. Proces ten jest związany z ruchem atomów w materiale – ciepło przyłożone do jednego końca powoduje szybsze poruszanie się atomów. Zderzając się z innymi atomami przekazują im część swojej energii (ciepła), powodując, że temperatura materiału stopniowo wzrasta. Przewodzenie jest szczególnie niebezpieczne w budynkach posiadających konstrukcje stalowe, ponieważ wzrost temperatury tych elementów powoduje obniżenie ich wytrzymałości. Taki scenariusz zdarzeń podczas pożaru jest mało prawdopodobny, jednak nie należy go lekceważyć.

Ostatnim przykładem rozprzestrzeniania się pożaru jest promieniowanie – główny czynnik przy pożarze. Jest to transport ciepła przy użyciu materiału. Transport w tym przypadku następuje w linii prostej i rozchodzi się we wszystkich kierunkach. Efekty promieniowania są odczuwalne i widoczne w momencie dotarcia promieniowania do materiału. Dlatego promieniowanie powstające przy pożarze dużego budynku może spowodować pożar budynków, które znajdują się kilkadziesiąt metrów od niego.

Rodzaje pożarów:

- limitowany przez wentylację (niewystarczająca ilość powietrza do zapewnienia spalania zupełnego),
- limitowany przez ilość paliwa (wystarczająca ilość powietrza, szybkość rozwoju pożaru zależy od szybkości przemieszczania się płomieni).

Każdy pożar posiada właściwości rozwoju, zwane fazami rozwoju pożaru.

Wyróżnia się cztery fazy rozwoju pożaru:

- PFP – pierwsza faza rozwoju – źródło zapalenia, dochodzi do powolnego przyrostu temperatury;
- DFP – druga faza rozwoju – rozprzestrzenianie się płomienia i wydzielanie ciepła. W fazie tej występuje rozgorzenie, którego warunkiem jest dostateczny dopływ powietrza zawierającego tlen, niezbędny w procesie spalania. Temperatura w tej fazie osiąga 500-600°C;
- TFP – trzecia faza rozwoju – gwałtowny wzrost temperatury aż do osiągnięcia maksymalnej wartości. W pomieszczeniu występuje zwykle nadciśnienie i niedobór tlenu, a toksyczne produkty rozkładu rozprzestrzeniają się na znacznym obszarze budynku. W fazie tej pożar przechodzi do tzw. stanu prawie stacjonarnego, co oznacza, że w pewnym momencie szybkość spalania jest praktycznie stała;
- CFP – czwarta faza rozwoju – następuje wypalanie się zgromadzonego materiału palnego. Pożar przybiera postać żarzenia, temperatura gwałtownie spada.

WYTWORZENIE DYMU

Dym jest zagrożeniem związanym z pożarem. Warto zaznaczyć, że w większości pożarów to nie oddziaływanie ognia jest przyczyną śmierci ofiar, lecz zatrucia wywołane dymem. Według normy PN-B-02856:1989, dym to „faza produktów rozkładu termicznego i spalania produktów rozpraszających światło, składająca się z cząstek, które mogą stanowić kropelki cieczy, fragmenty ciała stałego oblepione cieczą, fragmenty ciała stałego lub substancją smolistą” [3]. Rozwijając to pojęcie możemy powiedzieć, że dym to mieszanina złożona z fazy stałej (niedopalonych części stałych), ciekłej (aerozoli pary wodnej) oraz gazowej (gazowych produktów spalania), która może przybierać barwę białą, szarą bądź czarną, w zależności od udziału poszczególnych faz. Właściwości dymu takie jak gęstość i barwa wpływają na stopień ograniczenia widoczności na drogach ewakuacyjnych. Należy pamiętać, że gorsza widoczność powoduje dłuższy czas ewakuacji, a tym samym dłuższy kontakt z niebezpiecznymi gazami. Wymagane jest, aby gęstość dymu nie przekraczała wartości, która umożliwi poruszanie się z prędkością 0,3 m/s. Prędkość ta jest teoretyczną prędkością poruszania się w ciemności [1]. Przyjmuje się, że utrudnienie ewakuacji następuje przy widoczności poniżej 4 m.

Tab 1. Minimalna widoczność zapewniająca bezpieczeństwo ewakuacji [4].

Stopień znajomości budynku	Widoczność [m]
budynek znany	3 - 5
budynek nieznan	15 - 20
Rodzaj pomieszczenia	Widoczność [m]
małe pomieszczenia	5
inne pomieszczenia lub przestrzenie	10

Właściwości toksyczne

Istotnym zagrożeniem rozprzestrzeniającego się dymu są jego właściwości toksyczne. Podczas procesu spalania w obiekcie budowlanym wydzielają się cząsteczki niespalonych materiałów palnych oraz gazy toksyczne, do których należą cyjanowodor HCN, chlorowodor HCl, bromowodor HBr, fluorowodor HF, tlenki azotu NO_x. Oprócz tych produktów, w budynku wydzielają się duże ilości gazów dusząco-drażniących, które mogą przedostawać się do organizmu ludzkiego drogą oddechową, ale także poprzez absorpcję przez skórę i przenikanie do układu pokarmowego. Wpływ tych gazów jest zależny od czasu ekspozycji oraz stężenia danej substancji. Do najbardziej niebezpiecznych gazów duszących należy tlenek węgla CO, powstający w dużych ilościach utratę świadomości i przytomności. Podczas pożaru mogą się wydzielać także inne związki, do których można zaliczyć fosgen CoCl₂, tlenki siarki SO₂ i SO₃, fosfowodor, fenol C₆H₅OH, formaldehyd, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, dioksyne.

Stężenie tlenu

Zagrożeniem dla ludzi podczas pożaru jest spadek stężenia tlenu, pochłanianego podczas procesu spalania. Po kilku minutach od powstawania pożaru stężenie tlenu osiąga 10%, przy czym minimum

niezbędne do przeżycia jest przyjęte w wysokości 6% [1]. Niebezpieczny spadek stężenia tlenu może wystąpić nawet na znacznych odległościach od źródła ognia, ponieważ tlen jest pochłaniany nie tylko w bezpośrednim spalaniu paliwa, ale także przy dopalaniu cząstek, które znajdują się w rozprzestrzeniającym się dymie.

Temperatura

Wielkość pożaru i czas jego trwania ma wpływ na temperaturę powstającego dymu. Kontakt z dymem o temperaturze powyżej 120°C jest bezpośrednim zagrożeniem dla człowieka. Należy pamiętać jednak, że dym o niższej temperaturze jest lżejszy od powietrza w pomieszczeniu i unosi się do góry, gromadząc się w strefie pod sufitem [1]. W przypadku występowania wentylacji pożarowej w początkowej fazie pożaru ewakuacja zostanie przeprowadzona sprawnie. Jednak przy jej braku gromadzący się pod sufitem dym może osiągnąć takie wielkości, że temperatura w strefie przebywania ludzi przekroczy dopuszczalny poziom.

PRZEMIESZCZANIE SIĘ DYMU

Dym będąc nośnikiem ciepła, może dać początek nowemu ognisku pożaru. Podczas rozprzestrzeniania w budynku, dym przesuwają pionowo w górę poprzez drogi ewakuacyjne i przestrzenie między kondygnacjami. W momencie dotarcia do poziomej przeszkody (sufitu) dym zaczyna rozprzestrzeniać się poziomo. Podczas zwiększania się ilości dymu oraz natrafiając na kolejne przeszkody pionowe (ściany), dym stopniowo przemieszcza się w dół wypełniając kolejne warstwy pomieszczenia.

Do podstawowych czynników wywołujących przemieszczanie się dymu w obiekcie budowlanym należą:

- efekt kominowy,
- ciepło emitowane w trakcie pożaru,
- warunki atmosferyczne, w szczególności wiatr i temperatura,
- działanie systemów mechanicznego transportu powietrza.

W pomieszczeniu objętym pożarem wytworzone nadciśnienie w połączeniu z występującymi nieszczelnościami przegród, powodują wydostawanie się dymu na zewnątrz. W pomieszczeniu dochodzi do wytworzenia dwóch stref ciśnienia, które są oddzielone płaszczyzną neutralną, o ciśnieniu równym ciśnieniu panującemu na zewnątrz pomieszczenia. Zjawisko to przedstawia rysunek 4.



Układ ciśnienia w pomieszczeniu objętym pożarem [1].

W wyniku ciągu kominowego dochodzi do gradientu ciśnienia, związanego z różnicą temperatury wewnątrz i na zewnątrz budynku. Gradient ten można przedstawić za pomocą wzoru:

$$\Delta P = 3600(1/T_z - 1/T_w)h \quad [1]$$

gdzie:

ΔP - gradient ciśnienia wywołany różnicą temperatur [Pa],

T_z - temperatura zewnętrzna [K],

T_w - temperatura wewnątrz budynku [K],

h - wysokość ponad płaszczyzną neutralną [m].

Biorąc pod uwagę, że przepływ dymu zależy od różnicy ciśnień, należy dążyć do stworzenia warunków, które będą sprzyjały kontrolowanemu przepływowi powietrza i dymu podczas pożaru.

Zalecane jest, aby w obszarach objętych pożarem ciśnienie było niższe od panującego w jego bezpośrednim otoczeniu, co zapobiegnie przenikaniu dymu i gorących gazów do kolejnych stref.

PODSUMOWANIE

Powyższy artykuł skupia się na przebiegu pożaru, wskazując, że jego powstanie w obiekcie budowlanym niesie za sobą ogromne niebezpieczeństwo dla użytkowników budynku. Największe zagrożenie stwarza powstający podczas procesu spalania dym. Należy pamiętać, że podstawowym celem w sytuacji zagrożenia pożarem jest zapewnienie właściwej ewakuacji użytkowników budynku i umożliwienie przeprowadzenia akcji gaśniczej. Konieczne jest zastosowanie systemów ochrony przeciwpożarowej budynku, które muszą uwzględnić wszelkie zagrożenia wynikające z właściwości fizykochemicznych dymu oraz jego rozprzestrzeniania się.

Literatura:

- [1] D. Brzezińska, R. Jędrzejewski „Poradnik. Wentylacja pożarowa budynków wysokich i wysokościowych”, Fluid Desk, Szczecin 2003;*
- [2] B. Mizieliński, J. Wolanin „Kondygnacyjny system oddymiania budynków”, WPW Warszawa 2006;*
- [3] PN-B-02856:1989 - Ochrona przeciwpożarowa budynków - Metoda badania właściwości dymotwórczych materiałów;*
- [4] B. Mizieliński „Systemy oddymiania budynków”, WNT Warszawa 1999.*

Opracowanie redakcja, www.klimatyzacja.pl, www.ogrzewnictwo.pl [AJ]

Materiał objęty prawem autorskim. Publikacja w części lub w całości wyłącznie za zgodą autora.

Foto: KOMINEK - kwartalnik branży kominkowej