

prof. dr hab. inż. Bogdan Mizeliński*
dr hab. Marek Konecki, prof. SGSP**

Wybrane zagadnienia wentylacji pożarowej w kontekście ewakuacji

Selected issues of fire ventilation in the context of evacuation

Streszczenie. Artykuł zawiera wprowadzenie do tematyki, która została zaprezentowana podczas sesji „Wentylacja pożarowa i ewakuacja”, na VIII Konferencji Międzynarodowej „Bezpieczeństwo Pożarowe Obiektów Budowlanych”, 4 – 6 listopada 2014 r. w Warszawie.

Słowa kluczowe: ewakuacja, wentylacja pożarowa, techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Abstract. The paper contains an introduction to the subject, which was presented at the session "Fire ventilation and Evacuation", VIII International Conference "Fire Safety Constructions", 4-6 November 2014. Warsaw.

Keywords: evacuation, fire ventilation, fire protection systems.

ochrona zdrowia i życia ludzi stanowi podstawowy cel bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych. Należy rozumieć przez to stworzenie bezpiecznych warunków przebywania i ewakuacji w trakcie pożaru, dla wszystkich użytkowników obiektu, niezależnie od ich możliwości fizycznych. Stosunkowo bezpieczne warunki ewakuacji ludzi z większości typowych, obecnie budowanych budynków, definiowane są przez obowiązujące prawo [1, 2]. W warunkach rzeczywistych może jednak występować wiele czynników, które mają znaczny wpływ na bezpieczeństwo ludzi przebywających w obiekcie budowlanym, w którym został zainicjowany pożar oraz następuje rozprzestrzenianie się strefy spalania i dymu. Ma to szczególne znaczenie w budynkach nietypowych o skomplikowanej architektonicznie przestrzeni wewnętrznej i dużej powierzchni, w których może przebywać jednocześnie bardzo duża liczba osób. Dotychczas w obowiązujących przepisach nie jest brana pod uwagę szczegółowa charakterystyka użytkowników danego budynku, ich stan zdrowia, znajomość obiektu czy efekty dynamicznego oddziaływania środowiska pożaru na ludzi.

W przypadkach, do których trudno stosować przepisy techniczno-budowlane, alternatywą są tzw. programowe przepisy przeciwpożarowe określające cele bezpieczeństwa pożarowego, a ich realizacja pozostaje w rękach projektantów, używających narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego – modelowania pożarów i ewakuacji [3]. Ocena poziomu bezpieczeństwa polega wówczas na analizie porównawczej: dopuszczalnego czasu bezpiecznej ewakuacji, wynikającego z rozwoju zagrożenia pożarem i wpływających na niego systemów technicznych zabezpieczeń oraz wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji, czyli czasu potrzebnego na opuszczenie budynku lub strefy zagrożonej przez wszystkich użytkowników.

Zastosowanie modeli pożarów i ewakuacji wraz z wykorzystaniem parametrów pożarowych materiałów, oznaczonych w warunkach symulujących rzeczywiste środowisko pożaru oraz interaktywne procedury modelujące populację ludzi w budynku, ruch

osób ewakuujących się, ich reakcje, oddziaływanie toksyczne dymu pozwalają na ustosunkowanie się do wymagań szczegółowych bezpieczeństwa pożarowego, dotyczących zasad ewakuacji z obiektów budowlanych. Mogą być stosowane rozwiązania alternatywne w stosunku do wymagań przepisów, zapewniające niezbędny poziom ochrony przeciwpożarowej budynku.

Wentylacja pożarowa

Jednym z głównych elementów technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych jest wentylacja pożarowa, która określa ogólnie systemy służące ograniczaniu skutków pożaru przez usuwanie dymu oraz umożliwiające kontrolę nad jego rozprzestrzenianiem, co zapewnia bezpieczną ewakuację użytkownikom obiektu, a także umożliwia skuteczne działanie ratowniczo-gaśnicze. Usuwanie dymu (wentylacja oddymiająca) z warstwy podsufitowej umożliwia utrzymanie dolnej strefy wolnej od dymu, w której mogą ewakuować się ludzie. Zasadą działania systemów kontroli jest utrzymanie dymu w wyznaczonym obszarze, co ułatwia lokalizację strefy spalania i łatwy dostęp do źródła ognia. Jest to szczególnie ważne dla bezpiecznych i efektywnych działań ekip ratowniczych. System wentylacji może mieć również na celu usuwanie dymu zawierającego produkty toksyczne z napływającym powietrzem kompensacyjnym i jego rozcieńczenie, co powoduje obniżenie temperatury i redukcję oddziaływania toksycznego fazy gazowej.

Obecnie możliwe jest przewidywanie rozprzestrzeniania się dymu przy działaniu danego systemu wentylacji pożarowej. Do tego celu służą zaawansowane narzędzia inżynierskie, jakimi są programy komputerowe wykorzystujące komputerową dynamikę płynów (CFD) [4].

Wybrane zagadnienia

Prawidłowe i niezawodne działanie systemów wentylacji pożarowej jest szczególnie ważne w budynkach, w których w czasie pożaru można spodziewać się znacznego zagrożenia dróg ewakuacji dymem. Są to przede wszystkim budynki wysokościowe, kondygnacje podziemne, pasaż handlowe i atria. Niezwykle ważne jest również poprawne działanie wentylacji w garażach o dużej powierzchni, w których ryzyko związane z rozwojem pożaru jest znaczne. Osobną kategorię stanowią takie obiekty budowlane, jak

* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska

** Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego

tunele, w których pożar stanowi wyjątkowo duże zagrożenie z uwagi na dużą akumulację energii cieplnej i emitowany toksyczny dym.

Budynki wielokondygnacyjne. Zgodnie z obowiązującymi przepisami należy stosować techniczne zabezpieczenia przed zadymieniem (wentylacja pożarowa) w budynkach wysokich i wysokościowych, biorąc pod uwagę kategorię zagrożenia ludzi. W sposób szczególny traktuje się obiekty zakwalifikowane do kategorii ZL II (przeznaczone dla osób o ograniczonych zdolnościach poruszania), dla których stosuje się ostrzejsze wymagania.

W pierwszej kolejności ewakuowani powinni być oczywiście ludzie ze strefy bezpośrednio zagrożonej pożarem, a następnie z innych stref budynku. Będzie to możliwe w przypadku prawidłowo zaprojektowanego i wykonanego układu nawiewu i wyciągu pożarowego chroniącego przed zadymieniem wydzielone przestrzenie w obiektach budowlanych, takie jak korytarze ewakuacyjne, klatki schodowe, przedsionki przeciwpożarowe oraz szyby dźwigów pożarowych, które są wykorzystywane przez ratowników. Bardzo istotne jest również zapobieganie przenikaniu dymu przez nieszczelności i otwory między poszczególnymi kondygnacjami, którymi mogą być szczeliny dylatacyjne, szachty instalacyjne, szyby dźwigów.

Ze względu na bardzo dużą liczbę możliwych aranżacji przestrzeni użytkowych wewnątrz budowli oraz różnorodność rozwiązań architektonicznych, praktycznie każdy budynek wymaga indywidualnego podejścia w celu zaprojektowania skutecznego systemu zabezpieczenia dróg ewakuacyjnych przed zadymieniem.

Budynki atrialne. Z uwagi na to, że w polskich normach nie ma szczegółowych wytycznych i algorytmów obliczeniowych, które mogłyby posłużyć do projektowania instalacji wentylacji oddymiającej w obiektach atrialnych, w praktyce projektowej stosuje się normy zagraniczne, takie jak norma amerykańska NFPA 92 i brytyjska BS 7346-4. W budynkach tego typu oprócz oddymiania, z wykorzystaniem systemów mechanicznych, istnieje możliwość zastosowania systemu grawitacyjnego, który nie może być wykorzystywany, jeżeli wysokość kolumny konwekcyjnej przekracza 12 – 15 m. W takim przypadku następuje zbyt duże schłodzenie gazów pożarowych, co powoduje, że siła wyporu nie jest w stanie wytworzyć stabilnej warstwy podsufitowej dymu i w efekcie następuje zadymienie całej przestrzeni atrialnej.

Garaże. Głównym celem prawidłowego działania systemu wentylacji pożarowej w garażach jest zapewnienie odpowiednich warunków ewakuacji oraz możliwość skutecznego działania ratowniczo-gaśniczego. W przypadku garaży podstawowy problem stanowi prawidłowy dobór systemu wentylacji pożarowej i sposobu jego oceny na podstawie analiz obliczeniowych CFD rozprzestrzeniania się fazy gazowej.

W ostatnich latach obserwuje się zjawisko zamieniania zaprojektowanej instalacji wentylacji kanałowej na wentylację z wykorzystaniem wentylatorów strumieniowych (wentylacja wzdłużna). Nieprzystosowanie jednocześnie obiektu do tego rodzaju systemu skutkuje błędami w projektowaniu. Często błędnie przyjmowana jest zbyt mała wydajność systemu wentylacji oddymiającej z siecią kanałów pod stropem oraz w przypadku systemów z wykorzystaniem wentylatorów strumieniowych, co może prowadzić do braku skuteczności w odprowadzaniu dymu, zwłaszcza w czasie działania ekip ratowniczo-gaśniczych. W tym przypadku wymagana jest duża wiedza projektanta, związana również ze stosowaniem narzędzi inżynierskich, takich jak np. program CFD.

Wiatr a wentylacja grawitacyjna. Wiatr oddziałujący na obiekt budowlany istotnie wpływa na ruch dymu wewnątrz budynku, w przypadku budynków z nieszczelnościami lub z otwartymi

drzwiami i oknami. Ze względu na zmienność, zarówno co do kierunku, jak i siły, często trudno jest precyzyjnie określić jego zmiany w czasie i przestrzeni wpływ na ruch dymu.

Kompleksowa analiza oddziaływania wiatru na budynek pod różnymi kątami natarcia, dla określonego układu klap dymowych wraz z otworami służącymi dostarczaniu powietrza kompensacyjnego, wymaga zastosowania narzędzi komputerowej mechaniki płynów (CFD). Dotychczasowe badania zwracają uwagę na pilną potrzebę uwzględnienia wpływu wiatru na działanie systemów grawitacyjnej wentylacji oddymiającej, bardziej dokładnie niż jedynie przez zastosowanie współczynnika wypływu przez klapę dymową. Przedstawione w normach projektowych analityczne obliczenia powierzchni klap dymowych nie zawsze są w stanie podać poprawne wartości odprowadzanego strumienia dymu, co w efekcie nie gwarantuje utrzymania dymu na żądanej wysokości powyżej poziomu powierzchni podłogi. W związku z tym, w obiektach budowlanych, w których z różnych względów utrzymanie niezadymionych dróg ewakuacyjnych jest szczególnie ważne, skuteczność funkcjonowania systemów grawitacyjnej wentylacji oddymiającej powinna być weryfikowana z wykorzystaniem numerycznych metod obliczeniowych.

Tunele. System wentylacji pożarowej w tunelu drogowym, ze względu na konstrukcję i charakter użytkowy obiektu, stanowi duże wyzwanie, jeśli chodzi o zapewnienie ludziom bezpiecznej ewakuacji z przestrzeni objętej pożarem, a także umożliwienie ekipom ratowniczo-gaśniczym dotarcie na miejsce pożaru, na jak najmniejszą odległość od jego źródła. System ten ma za zadanie obniżenie temperatury gazów pożarowych przez ich rozrzedzenie i wyciąg, chroniąc również konstrukcję tunelu i zwiększając szanse na dłuższe jej przetrwanie podczas pożaru. Dane projektowe różnych rodzajów wentylacji naturalnej, wzdłużnej, poprzecznej, mieszanej, znajdują się w wielu dokumentach normatywnych różnych krajów. Wydaje się, że istnieje potrzeba opracowania wytycznych projektowania tego typu systemów, dostosowanych do rynku krajowego.

Analizy CFD. Z uwagi na stopień zaawansowania inżynierskich narzędzi obliczeniowych objętych wspólną nazwą programów komputerowych wykorzystujących metodę obliczeniowej mechaniki płynów (CFD), niezwykle istotną grupą zagadnień jest poprawny wybór modeli i podmodeli chemicznych i fizycznych oraz dobór właściwych, dla danego zagadnienia ciepło-przepływowego, warunków brzegowych i początkowych. Zasadnicze znaczenie ma np. wybór modelu turbulencji czy modelu promieniowania cieplnego. Przyjęcie nieprawidłowego modelu dla danej sytuacji pożarowej skutkuje tym, że nieuwzględnione zostają w symulacji istotne elementy struktury pożaru, jak symulacja wirów o danej skali (zależna od rodzaju modelu i wielkości siatki numerycznej), błędne gradienty temperatury czy prędkości dymu, czy w końcu niewłaściwa temperatura powierzchni przegród budowlanych.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.).
- [2] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz.Urz. UE L 88 z 04.04.2011 1, str. 5).
- [3] PD 7974-2, 2002. The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings, BSI.
- [4] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, NFPA, Massachusetts, (3), 229 – 246, 2008.