

**INSTRUKCJE
WYTYCZNE
PORADNIKI**

Wojciech Węgrzyński, Grzegorz Krajewski

**Systemy wentylacji pożarowej garaży
Projektowanie, ocena, odbiór**

Wytyczne

Smoke control in car parks
Design, evaluation and commissioning

Guidelines



Instytut Techniki Budowlanej

Warszawa 2015

KOMITET REDAKCYJNY SERII

Redaktor naczelny
Zastępca redaktora naczelnego
Sekretarz
Członkowie

prof. dr hab. inż. LEONARD RUNKIEWICZ
dr inż. JADWIGA FANGRAT
mgr DANUTA SZCZEPAŃSKA
dr inż. BARBARA FRANCKE
dr inż. ROMAN GAJOWNIK
dr inż. TADEUSZ JAROSZ
mgr inż. MAREK KAPROŃ
mgr inż. JAN SIECZKOWSKI

Recenzenci

prof. dr hab. inż. MAREK KONECKI
bryg. mgr inż. IRENEUSZ KOPCZYŃSKI

Redaktorzy prowadzący

dr inż. ROMAN GAJOWNIK, mgr inż. JAN SIECZKOWSKI

Opracowanie redakcyjne

DANUTA SZCZEPAŃSKA

Skład

SŁAWOMIR KOZIARSKI

Projekt okładki

EWA KOSSAKOWSKA

Publikacja z serii „Instrukcje, Wytyczne, Poradniki” 493/2015

Fotografie zamieszczone w pracy pochodzą z archiwum Autorów, rysunki nr 13, 15-17 Autorzy opracowali z wykorzystaniem programu ANSYS Fluent

© Copyright by Instytut Techniki Budowlanej
Warszawa 2015

ISBN 978-83-249-6792-6(wersja papierowa)

ISBN 978-83-249-8439-8 (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 jakiegokolwiek 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

Sekcja Wydawnictw Naukowych

02-656 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 22 843 35 19

www.itb.pl

Sklep internetowy [klient.itb.pl](http:// klient.itb.pl)

Spis treści

<i>Streszczenie</i>	5
<i>Summary</i>	6
1. Wstęp	7
1.1. Wprowadzenie	7
1.2. Przedmiot i zakres opracowania	8
1.3. Terminy i definicje	10
2. Systemy wentylacji pożarowej garaży	12
2.1. Informacje ogólne	12
2.2. Źródła wiedzy technicznej w zakresie wentylacji pożarowej garaży	19
3. Ogólne wymagania stawiane systemom wentylacji pożarowej	20
3.1. Dobór systemu	20
3.2. Doprowadzenie powietrza kompensacyjnego	21
3.3. Uproszczony scenariusz działania systemu	23
3.4. Klasy skuteczności działania elementów systemu	26
3.5. Ewakuacja osób i kryteria oceny systemu	27
4. Przewodowy system wentylacji oddymiającej	29
4.1. Wyznaczanie wymaganej wydajności systemu	29
4.2. Podział przestrzeni garażu na strefy dymowe	31
4.3. Rozmieszczenie krat wyciągowych	32
5. System wentylacji strumieniowej działający jako system oczyszczania z dymu	35
6. System wentylacji strumieniowej działający jako system kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła	38
6.1. Wymiarowanie systemu	38
6.2. Podział garażu na strefy dymowe i rozmieszczenie urządzeń	41
6.3. Scenariusz działania systemu	42
7. Analizy CFD rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażach	45
7.1. Metoda CFD	45
7.2. Etapy analizy CFD	46
7.3. Zakres analizy i dobór scenariuszy	48
7.4. Wymagania dla wykorzystywanych narzędzi obliczeniowych	50
7.5. Raport z przeprowadzonej analizy CFD oraz przedstawienie wyników obliczeń	54

8. Rozruch i odbiór systemów wentylacji pożarowej	58
8.1. Uwarunkowania prawne odbioru budynku	58
8.2. Ogólne zasady prowadzenia prób z gorącym dymem	59
8.3. Elementy oceniane w czasie próby	63
8.4. Kryteria oceny	64
8.5. Dokumentacja prób z gorącym dymem	64
8.6. Bezpieczeństwo w czasie prób z gorącym dymem	64
9. Bibliografia	66

1. WSTĘP

1.1. Wprowadzenie

Systemy służące usuwaniu dymu oraz umożliwiające kontrolę nad jego rozprzestrzenianiem są niezwykle istotne do zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom budynku w czasie pożaru. W przypadku garaży zamkniętych ryzyko pożaru w nich powstałego jest wysokie, zarówno z uwagi na prawdopodobieństwo zapalenia się pojazdów, jak i na straty, które mogą powstać w wyniku takiego pożaru.

Zastosowanie samoczynnych urządzeń oddymiających (systemów wentylacji pożarowej) wynika z wymagań rozporządzenia ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1] w garażach o powierzchni ponad 1500 m². Wartość graniczna powierzchni odnosi się także do sumarycznej powierzchni grupy garaży w jednym budynku o wspólnych drogach komunikacji, połączeniach funkcjonalnych czy nawet wspólnych instalacjach. Tak rygorystyczne wymaganie ma za zadanie przeciwdziałać sytuacji, w której inwestorzy dzieliliby garaże stanowiące jeden „organizm” na strefy pożarowe o powierzchni mniejszej niż 1500 m² tylko w celu uniknięcia konieczności instalowania drogiej instalacji wentylacji pożarowej.

Poza spełnieniem wymagań zawartych w przepisach dotyczących wentylacji pożarowej, zastosowanie systemu wentylacji pożarowej może wpłynąć również na inne wymagania przepisów techniczno-budowlanych stawiane obiektom [1], np.: obniżenie wymaganej klasy odporności pożarowej budynku (§ 215–§ 216 [1]) czy powiększenie dopuszczalnej powierzchni strefy pożarowej (§ 227–§ 230 [1]). W procedurze odstępstwa od wymagań przepisów techniczno-budowlanych systemy wentylacji pożarowej są często przedstawiane jako rozwiązania zamienne podnoszące poziom bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie.

Wymagania dla systemów wentylacji pożarowej, w tym także systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych, sformułowane w § 270 rozporządzenia [1] mają charakter funkcjonalny [24]. Oznacza to, że ustawodawca nie precyzuje wymagań formalnych związanych z parametrami wykorzystywanego systemu, lecz określa cel jego zastosowania. Zatem na projektancie spoczywa obowiązek zaprojektowania systemu, który umożliwi spełnienie tego wymagania, razem z przedstawieniem wiarygodnego dowodu potwierdzającego skuteczność systemu. Należy podkreślić, że wymagania stawiane systemom odnoszą się nie tylko do bezpieczeństwa osób mogących przebywać w przestrzeni garaży, ale także w stosunku do bezpieczeństwa ekip ratowniczo-gaśniczych. Dowód spełnienia powyższych wymagań może mieć charakter obliczeń analitycznych opartych na wiarygodnej metodologii przedstawionej w dokumencie normatywnym lub stanowić efekt wykorzystania nowoczesnych narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, omawianych w niniejszej publikacji.

Projektując system wentylacji pożarowej, należy mieć na uwadze możliwą sytuację, w której mimo poprawnie dobranych parametrów działania – z uwagi na specyficzne uwarunkowania architektoniczne – może okazać się on nieskuteczny. Jako przykład można podać rozległy garaż z licznymi trzonami komunikacji zlokalizowanymi w jego środkowej części. Także dowolna wymiana wcześniej zaprojektowanego systemu na inny (np. zmiana z przewodowej wentylacji oddymiającej na system wentylacji strumieniowej, działający jako oczyszczanie z dymu) bez istotnego przeprojektowania głównych kanałów wentylacyjnych czy innych kluczowych elementów systemu nie jest możliwa.

W związku z powyższym na etapie projektowania systemu wentylacji pożarowej lub podczas wprowadzania istotnych zmian w projekcie zaleca się przeprowadzenie symulacji numerycznych z wykorzystaniem metody obliczeniowej mechaniki płynów (ang. *Computational Fluid Dynamics, CFD*). Celem takiej symulacji jest ocena rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażu, a przez to ocena skuteczności funkcjonowania projektowanego systemu wentylacji pożarowej.

Skuteczny system wentylacji pożarowej to nie tylko dobry projekt, ale także jego poprawne wykonanie, co obejmuje pełną integrację systemu z innymi instalacjami bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie. Przed przystąpieniem do eksploatacji obiektu, to jest na etapie odbiorów technicznych, zaleca się kompleksową weryfikację poprawności wykonania oraz skuteczności działania odbieranego systemu wentylacji pożarowej. Metodą, która w najlepszy sposób nadaje się do takiej oceny, jest metoda gorącego dymu. W trakcie prowadzenia prób imitujących rozwój rzeczywistego pożaru w budynku, możliwa jest dzięki tej metodzie ocena przepływów powietrza wywołanych działaniem systemu w obiekcie, poprawa bilansu powietrza nawiewanego poszczególnymi punktami nawiewnymi i przede wszystkim weryfikacja poprawności współpracy systemu wentylacji z systemem sygnalizacji pożaru wraz z oceną poprawności realizacji scenariusza pożarowego.

Niniejsze wytyczne zostały opracowane z wykorzystaniem wymagań zagranicznych, omówionych w rozdziale 2.2, norm projektowania systemów wentylacji pożarowej i współczesnej wiedzy technicznej oraz doświadczeń Instytutu Techniki Budowlanej w tym zakresie. Systemy wentylacji pożarowej zaprojektowane zgodnie z zaleceniami rozdziałów 4, 5 i 6 powinny być poddane weryfikacji z wykorzystaniem metody obliczeniowej mechaniki płynów (CFD), według kryteriów oceny przedstawionych w rozdziale 3.5 oraz zasad prowadzenia obliczeń opisanych w rozdziale 7.

1.2. Przedmiot i zakres opracowania

W wytycznych omówiono problematykę doboru systemów wentylacji pożarowej w garażach zamkniętych oraz zasady ich projektowania, oceny i odbioru. Zasady przedstawione w opracowaniu odnoszą się do systemów wentylacji pożarowej.

rowej wykorzystywanych w garażach zamkniętych przeznaczonych do parkowania samochodów osobowych. Nie istnieją graniczne wymiary garażu, w którym możliwe jest wykonanie systemu wentylacji pożarowej. Niemniej jednak należy podkreślić, że w bardzo niskich (mniej niż 2,50 m) garażach lub garażach o powierzchni mniejszej niż 1000 m² wykonanie skutecznego systemu wentylacji pożarowej jest niezwykle trudne, co wiąże się ze stosunkowo małą objętością dymu, który może gromadzić się pod stropem, nie zagrażając osobom ewakuującym się.

W niniejszych wytycznych podano w szczególności, zgodnie z aktualną wiedzą techniczną, zasady odnośnie do:

- doboru systemów wentylacji pożarowej w zależności od postawionych celów,
- projektowania systemów wentylacji przewodowej (oddymiającej) i strumieniowej (systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła oraz oczyszczania z dymu),
- określania kryteriów oceny dla poszczególnych systemów wentylacji pożarowej,
- prowadzenia analiz numerycznych z wykorzystaniem metody CFD w celu oceny skuteczności działania systemów wentylacji pożarowej,
- procedur badania i odbioru systemów wentylacji pożarowej.

Niniejsze opracowanie nie dotyczy garaży, w których wykorzystano urządzenia do magazynowania pojazdów. Obiekty tego typu charakteryzuje szczególnie wysokie ryzyko pożaru z uwagi na możliwość szybkiego rozwoju i osiąganą maksymalną moc pożaru. W tym przypadku wymaga się opracowania indywidualnego projektu i kryteriów oceny.

W rozdziale 2 omówiono podstawowe rodzaje systemów wentylacji pożarowej oraz przedstawiono ich zasady działania. W rozdziale 3 opisano założenia ważne dla wszystkich systemów wentylacji pożarowej, bez względu na ich rodzaj, oraz ogólne kryteria oceny systemów. W rozdziale 4 przedstawiono szczegółowe wymagania dla przewodowych systemów wentylacji oddymiającej. Rozdziały 5 i 6 poświęcono szczegółowym wymaganiom stawianym systemom wentylacji strumieniowej, których celem działania jest odpowiednie oczyszczanie z dymu oraz kontrola rozprzestrzeniania dymu i ciepła. W rozdziale 7 przedstawiono zbiór wymagań odnoszący się do prowadzenia symulacji numerycznych z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów (CFD). W ostatnim rozdziale przedstawiono wymagania dotyczące rozruchu instalacji oraz procedur odbiorowych, ze szczególnym uwzględnieniem zasad prowadzenia badań z gorącym dymem.

Wytyczne skierowane są głównie do projektantów i wykonawców instalacji wentylacji pożarowej garaży, rzeczoznawców ds. zabezpieczeń ppoż., inwestorów, w tym inwestorów zastępczych oraz innych osób uczestniczącymi w procesie projektowania, wykonywania i odbioru instalacji wentylacji pożarowej, a także funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej.

1.3. Terminy i definicje

Analiza CFD – analiza rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażu z wykorzystaniem metody obliczeniowej mechaniki płynów.

Czas podjęcia akcji ratowniczo-gaśniczej – czas liczony od momentu powstania pożaru do momentu, w którym rozpoczyna się podawanie prądów gaśniczych, wliczając w to czas potrzebny na rozpoznanie i rozwinięcie taktyczne.

Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji – czas liczony od momentu powstania pożaru do momentu, w którym warunki środowiska osiągną stan przekraczający przyjęte wartości graniczne.

Samoczynne urządzenie oddymiające – wymagane przez rozporządzenia [1] urządzenie, system wentylacji pożarowej, omówione w wytycznych. Systemy te powinny uruchamiać się automatycznie po wykryciu pożaru.

Strefa detekcji – część bądź całość strefy dymowej, do której przypisano indywidualny scenariusz działania automatyki pożarowej, w tym systemu wentylacji pożarowej.

Strefa dymowa – wirtualna lub fizycznie wydzielona część strefy pożarowej, w obrębie której rozprzestrzenia się dym w czasie pożaru i z której jest on usuwany.

System kontroli dymu i ciepła – system, którego celem jest ograniczenie rozprzestrzeniania się dymu do zdefiniowanego obszaru pomiędzy źródłem pożaru a punktem wyciągowym, zapewniający dojście do źródła pożaru wolne od dymu w stopniu umożliwiającym podejście do pożaru na określoną odległość, od strony nawiewu powietrza kompensacyjnego.

System oczyszczania z dymu – system, którego celem jest ograniczenie temperatury w strefie pożarowej poprzez mieszanie dymu i gorących gazów pożarowych z napływającym powietrzem kompensacyjnym, ich usuwanie oraz oczyszczenie obszaru z dymu po zakończeniu działań ratowniczo-gaśniczych.

Strefa pożarowa – wydzielony przegrodami o wymaganej klasie odporności ogniowej obszar budynku, w którym może wystąpić pożar. W projekcie systemu wentylacji pożarowej zakłada się możliwość wystąpienia jednego pożaru w jednej strefie pożarowej w obrębie chronionego budynku.

Urządzenie do magazynowania pojazdów – urządzenie lub rozwiązanie techniczne pozwalające na magazynowanie pojazdów powyżej lub poniżej innych pojazdów w obrębie jednego miejsca postojowego.

Wentylacja oddymiająca (system usuwania dymu i ciepła) – system wentylacji pożarowej usuwający dym i gorące gazy pożarowe bezpośrednio spod stropu oddymianego obszaru, zapewniający utrzymanie warstwy dymu w ściśle określonym obszarze ponad głowami osób ewakuujących się.

Wentylacja pożarowa – system wentylacji służący usuwaniu dymu i gorących gazów mogących powstać w wyniku pożaru oraz dostarczający powietrze kompensacyjne w wymaganej ilości.

Wentylacja przewodowa – system wentylacji pożarowej, którego podstawowym elementem są rozprowadzone pod stropem strefy pożarowej przewody oddymiające z kratkami wyciągowymi, poprzez które usuwane są dym i gorące gazy pożarowe.

Wentylacja strumieniowa – system wentylacji pożarowej mogący pełnić rolę systemu kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła lub oczyszczania z dymu, którego podstawowym elementem są rozmieszczone pod stropem strefy pożarowej wentylatory strumieniowe kierujące dym i gorące gazy pożarowe całym przekrojem garażu do punktów wyciągowych, skąd są usuwane.

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji – czas liczony od momentu powstania pożaru do opuszczenia obiektu przez ostatnią osobę ewakuującą się.

Zbiornik dymu – obszar pod stropem strefy pożarowej, w którym gromadzony jest dym i gorące gazy pożarowe, skąd później zostają usunięte.

Oznaczenia i skróty wykorzystywane w tekście

CFD – *Computational Fluid Dynamics*, obliczeniowa mechanika płynów,

FDS – *Fire Dynamics Simulator*, jeden z programów wykorzystywanych do obliczeń CFD,

LES – Large Eddy Simulation, model przepływu turbulentnego,

PSP – Państwowa Straż Pożarna,

SHEVS – *Smoke and Heat Exhaust Ventilation System*, wentylacja oddymiająca,

SUG – stałe urządzenia gaśnicze (wodne), np. instalacja tryskaczowa.