

Wentylacja Nadciśnieniowa w działaniach gaśniczych

Fragment książki pt. "FOG ATTACK"

Paul GRIMWOOD

Tłumaczenie: Witold Nocon

noconwit@zeus.polsl.gliwice.pl

Określona w 1984 roku jako "fala przyszłości", "wielki krok w kierunku bezpieczeństwa strażaków" oraz "największa innowacja od czasu wprowadzenia aparatów oddechowych", Wentylacja Nadciśnieniowa (ang. PPV - Positive Pressure Ventilation) wywarła w latach 80-tych wielkie wrażenie na strażakach. Badania rynku przeprowadzone w roku 1999 pokazały, że 42% jednostek straży pożarnej w Wielkiej Brytanii zakupiło dmuchawy PPV oraz, że liczba ta podwoi się do początku 2001 roku. Spośród brytyjskich jednostek które już używają PPV, 27% planowało jej zastosowanie w trybie agresywnym *poprzedzającym natarcie na pożar*. 10 lat wcześniej podobne badania w USA wykazały, że aż 67% użytkowników stosowało PPV *przed natarciem na pożar* zapewniając strażakom bardziej komfortowe i bezpieczniejsze środowisko wewnątrz budynku objętego pożarem. Działanie te, jak donoszono, zwiększa szansę przeżycia wśród osób uwięzionych wewnątrz budynków. Pomysł by "wdmuchiwać" powietrze do budynku w celu usunięcia dymu praktykowane jest od wielu lat, zaś strażacy skandynawscy uważają się za pierwszych którzy przetestowali ten pomysł w latach 40-tych. W latach 50-tych, wentylatory Feno-Vent używane były do tego celu w Finlandii. Strażacy z Los Angeles również twierdzą, że stosowali takie podejście taktyczne podczas pożarów budynków od roku 1961. W latach 50-tych strażacy amerykańscy używali dmuchaw powietrznych by kontrolować cofanie się płomieni (ang. backfiring) w pożarach lasów na zachodnim wybrzeżu. W roku 1960 kilka wielkich, 72 calowych dmuchaw powietrznych zostało efektywnie zastosowanych przeciwko pożarowi rafinerii Rothschild w Santa Fe Springs w Kalifornii, rozpylając mgłę wodną na ponad 90 metrów na kolumnę konwekcyjną w celu ochłodzenia i ochrony wystawionych na działanie ciepła zbiorników.

W latach 80-tych kilka komend straży pożarnej jak i producentów wentylatorów w USA, rozwinęło ten pomysł oraz stworzyło ideę zastosowania wentylacji *przed natarciem na pożar*. Podejście to (od tego czasu nazywane Natarciem Połączonym z Wentylacją Nadciśnieniową; ang. Positive Pressure Attack) zostało przebadane w latach 1988/89 przez Fire & Rescue Services Division w Departamencie Ubezpieczeń Stanu Karolina Północna. Skupiono się na zastosowaniu PPV jako realnej strategii z punktu widzenia działań gaśniczych. Badania te skierowane były na następujące ważne kwestie. Czy wentylacja nadciśnieniowa może być używana jako środek natarcia podczas działań gaśniczych? Czy wentylacja nadciśnieniowa obniża poziom tlenu węgla wewnątrz budynku? Czy powinna być stosowana przed podaniem wody do pożaru? Czy stwarza bezpieczniejsze środowisko dla strażaków i poszkodowanych? Oraz, czy wentylacja nadciśnieniowa poprawia widoczność wewnątrz budynku objętego pożarem? Testy odbyły się wewnątrz dwukondygnacyjnego, specjalnie do tego celu zbudowanego budynku murowanego, zaprojektowanego w celu ćwiczeń z "żywym" pożarem. Budynek został zaprojektowany tak, by przypominać mieszkanie z dwoma pokojami na każdym piętrze. Łączna powierzchnia wynosiła 119 m². Przeprowadzono kilka próbnych pożarów opartych na trzech

scenariuszach: (a) Bez użycia PPV, (b) Z użyciem PPV przed natarciem na pożar, (c) Z użyciem PPV dopiero po ugaszeniu pożaru. W każdym przypadku działania gaśnicze rozpoczynano dwie minuty po osiągnięciu temperatury 260°C w pomieszczeniu objętym pożarem. Stężenie tlenku węgla (CO) mierzone było w sześciu miejscach wewnątrz budynku, łącznie z pomieszczeniem na parterze sąsiadującym z pomieszczeniem objętym pożarem (73.5 cm nad podłogą) oraz w pomieszczeniu na piętrze będącym najbardziej oddalonym miejscem od pożaru.

Wyniki tych testów pokazały, że:

- Stężenia tlenku węgla na poziomie pożaru wzrastały od momentu rozpoczęcia spalania i osiągały wartość maksymalną po trzech minutach.
- Wartości stężeń tlenku węgla na piętrze ponad pożarem zaczynały wzrastać dopiero po dwóch minutach od rozpoczęcia spalania. Jednak po czterech minutach stężenia tlenku węgla na piętrze osiągały wartości większe niż na poziomie piętra objętego pożarem.
- Zdolność PPV do obniżenia stężenia tlenku węgla wewnątrz budynku była znakomita, szczególnie w miejscach najbardziej oddalonych od pożaru.

W następnych latach przeprowadzono wiele podobnych testów i badań w wielu krajach takich jak Wielka Brytania, Francja, Szwecja i Finlandia. Otrzymane wyniki rozstrzygająco potwierdzają zdolność techniki PPV do usuwania dymu oraz toksycznych i palnych produktów spalania z budynków objętych pożarem w czasie znacznie krótszym niż w przypadku gdy technika ta nie jest stosowana.

Ogólne Zasady Działań

Określenie **taktyczna wentylacja**, jeśli odnosi się do działań pożarniczych, jest strategią która może być zdefiniowana jako *"interwencja strażaków w celu otwarcia budynku objętego pożarem, uwalniająca produkty spalania z wewnątrz budynku, w celu zyskania taktycznej przewagi podczas całości działań gaśniczych i ratowniczych"*. Określenie to może też odnosić się do "zamknięcia" budynku (anty-wentylacji) w celu osiągnięcia kontroli nad strumieniami powietrza skierowanymi do wnętrza lub na zewnątrz pomieszczenia objętego pożarem. Strategie takie powinny być stosowane z konkretnym celem lub zamierzeniem i nie powinny być stosowane przypadkowo. Każde takie działanie powinno też być wcześniej zaplanowane oraz powinny istnieć jasno określone wytyczne w formie spisanych Standardowych Procedur Operacyjnych tworzących podstawy efektywnych i bezpiecznych działań wentylacyjnych. Ten wcześniej opracowany plan powinien brać pod uwagę następujące zasady:

- Jakakolwiek próba wentylacji budynku objętego pożarem musi być **koordynowana** z grupami natarcia wewnętrznego i ratowniczymi. Wymaga to efektywnego sposobu **komunikacji** pomiędzy tymi grupami a dowódcą działań, który ostatecznie odpowiedzialny jest za działania wentylacyjne.
- Jakiegokolwiek otwory wentylacyjne w budynku muszą być czynione z **precyzją** i w muszą służyć konkretnemu celowi, zapewniając jednocześnie, by nie powodowały rozprzestrzenienia pożaru.
- Konieczny jest element **antycypacji**, by przygotować się na prawdopodobne skutki i jakiegokolwiek wymagane w takich przypadkach działania, jak np. : linia gaśnicza (napęczniona wodą) powinna wcześniej zostać przygotowana w celu ochrony otworów, w pobliżu których może istnieć niebezpieczeństwo rozprzestrzenienia ognia.

Zasady Podstawowe

Najprościej mówiąc, zastosowanie PPV polega na umieszczeniu wentylatora (zwanego również *wyrzutnikiem dymu* albo *dmuchawą*), lub kilku wentylatorów w różnych konfiguracjach tak, by strumień powietrza wytworzony przez te wentylatory skierowany był do wnętrza budynku powodując powstanie nadciśnienia w jego wnętrzu. Ważnymi cechami takiej techniki są: (a) **możliwości wentylatora** (b) **ustawienie i konfiguracja wentylatora** (c) **otwory wydechowe (rozmiar i lokalizacja)** (d) **kierunek i wpływ wiatru** (e) **wentylacja sekwencyjna**.

Możliwości Wentylatora

Organizacja Groupe Leader posiada ugruntowaną pozycję w dziedzinie PPV. Organizacja ta jest dostarczycielem wentylatorów PPV dla straży pożarnych w Europie i USA oraz jest jednym z niewielu producentów oferujących zarówno urządzenia "turbo" jak i "konwencjonalne" w tak szerokim zakresie rozmiarów. Oferowane są też wentylatory z napędem spalinowym jak i z napędem elektrycznym, z szerokim zakresem opcji w budowie i aspektach projektowych.

Prawdziwe osiągi wentylatora mierzone są ilością powietrza (m^3/min lub m^3/h) jaką dany wentylator może "przenieść" *do, poprzez i na zewnątrz* budynku. Metody pomiaru osiągow wentylatora będą różne u różnych producentów i dlatego literatura producenta może nie dać prawdziwego odzwierciedlenia zdolności do "przenoszenia" powietrza i/lub dymu dla danego wentylatora. Z tego powodu, przy ewentualnym zakupie, należy dokładnie ocenić wszelakie zapewnienia dotyczące osiągow urządzenia poczynione przez jego producenta. Przykładowo, testy AMCA nie odnotowują przemieszczania powietrza *poprzez i na zewnątrz* budynku a jedynie skupiają się na przepływie powietrza w pewnej odległości od wentylatora. Ta forma testowania nie bierze pod uwagę naturalnego zjawiska *ciśnienia zwrotnego* występującego gdy strumień powietrza wchodzi do szeregu pomieszczeń. Testy te mogą więc nie dać naprawdę pewnych wytycznych co do mocy konkretnego wentylatora i jego zdolności do przenoszenia powietrza *do i na zewnątrz* budynku.

Wszystkie wentylatory Groupe Leader przeszły dokładne testy przeprowadzone przez niezależne grupy w ośrodku badawczym PPV na Uniwersytecie Le Havre, w którym strumienie powietrza są monitorowane w specjalnie do tego celu zbudowanej strukturze z pomieszczeniami. Uniwersytet ten zmierza do stworzenia europejskich standardów dla wentylatorów PPV według których mogłyby one być testowane i oceniane pod względem ich rzeczywistej zdolności do przenoszenia określonych mas powietrza *poprzez i na zewnątrz* budynku z uwzględnieniem występowania ciśnienia zwrotnego.

W przeszłości zwykło się określać rozmiar wentylatora poprzez długość łopat. Wynikło z tego kilka nieporozumień w stosunku do przepływu powietrza, gdyż wentylatory o mniejszych długościach łopat są niekiedy w stanie wytworzyć większe przepływy powietrza w budynku w stosunku do wentylatorów z większymi łopatami! Spowodowane jest to rozwiązaniem "turbo" stosowanym w nowoczesnych dmuchawach. Krótsze łopaty wentylatorów typu "turbo" firmy Groupe Leader zaprojektowane są tak, by wytwarzać dużo węższy w stosunku do bardziej tradycyjnych konwencjonalnych urządzeń, wysoko-prędkościowy stożek strumienia powietrza skierowany do wejścia budynku. Taki węższy stożek szybko przemieszczającego się powietrza powoduje zaciągnięcie dodatkowego powietrza do tego stożka (efekt podobny do rurki Venturiego) zanim powietrze do wejdzie do budynku. Ta wyjątkowa właściwość powoduje maksymalne wykorzystanie dostępnego przepływu powietrza w miejscu wejścia do budynku, w którym ponad 90% powietrza ze stożka powietrza rzeczywiście wchodzi do tego budynku. Konwencjonalne wentylatory Groupe Leader wytworzą szerszy stożek, wolniej przemieszczającego się powietrza który "uderzał" będzie w otoczenie otworu wejściowego do budynku wytwarzając uczucie *powietrznego uszczelnienia*. Ten pożądaný efekt w rzeczywistości nie istnieje i w testach naukowych przeprowadzonych w La Havre i w FEU Moreton (Wielka Brytania) pokazano, że nie jest możliwe wytworzenie rzeczywistego powietrznego uszczelnienia nawet gdy 50% powietrza z wtłaczanego strumienia nie wchodzi do budynku. Pomimo tego, oba rodzaje dmuchaw dobrze nadają się do wentylacji budynków objętych pożarem, przy czym większe, konwencjonalne wentylatory wytwarzać będą podobne strumienie powietrza, zmierzone w miejscu *ujścia powietrza* z budynku, do wytworzonych przez mniejsze wentylatory typu "turbo". Wyniki badań naukowych przeprowadzonych w Finlandii zasugerowały, że *w celu uzyskania optymalnych efektów*, potrzebne jest natężenie przepływu powietrza z wentylatora o wartości 96-144 m^3/h (metrów sześciennych na godzinę) na każdy metr sześcienny przestrzeni wietrzonej. Z tego powodu, dla średniej objętości budynku mieszkalnego równej 250 m^3 (należy pamiętać, że nie cały budynek będzie wymagał wzrostu ciśnienia) wymagany będzie przepływ powietrza przez ten budynek w granicach 24,000-36,000 m^3/h . Przy mniejszym przepływie powietrza działanie prawdopodobnie będzie nieefektywne, zaś większe przepływy powietrza mogą doprowadzić do "przedobrzenia" i spowodować intensyfikację pożaru.

Rozmiar i waga są również ważnymi cechami wentylatorów w przypadkach, gdy ograniczona jest dostępna przestrzeń jaka może zostać zajęta przez sprzęt, oraz gdy ograniczona jest masa urządzeń dopuszczonych do ręcznego przenoszenia. Kolejną ważną cechą jest poziom hałasu wytwarzany przez dany wentylator. Warto zauważyć, że wentylatory firmy Groupe Leader zostały szczegółowo przebadane i przetestowane przez niezależne ośrodki techniczne i przedstawicieli straży pożarnej w Wielkiej Brytanii. Sprzęt ten ciągle uważany jest za przodujący w stosunku do konkurencji jeśli chodzi o przepływy powietrza w stosunku do rozmiaru i wagi. Dla urządzeń tego producenta notuje się też najniższe poziomu hałasu dla wszystkich wentylatorów PPV.

Wpływ kierunku wiatru

Wstępne badania przeprowadzone w USA pokazały, iż w razie potrzeby możliwe jest przewyciężenie wiatru o prędkości do 40 km/h poprzez zastosowanie prądów powietrza z wentylatorów o przeciwnym kierunku. Jednak nowsze badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii sugerują, że już wiatr o prędkości 10 km/h działający w kierunku przeciwnym do wentylatorów może przeciwdziałać efektom wentylacji nadciśnieniowej i spowodować sytuację w której trudno będzie pokonać naturalny prąd powietrza. W takim przypadku *otwory wydechowe* powinny być mniejsze od *otworów wlotu powietrza* (stosunek otworu wlotu do wydechowego 2 do 1), by nadciśnieniowy strumień powietrza mógł zyskać odpowiedni pęd (prędkość) przeciw prędkości wiatru. Boczny wiatr również może wpłynąć na stabilność strumieni powietrza z wentylatorów powodując zakłócenie tego strumienia. Warto zauważyć, iż prądy powietrza o dużej prędkości wytworzone za pomocą wentylatorów "turbo" są mniej podatne na zakłócenia związane z przeciwnym kierunkiem wiatru. Badania pokazują również, że naturalna wentylacja, która wytworzona została przez wiatr o prędkości przekraczającej 20 km/h, a wiejący zgodnie z kierunkiem wentylacji pożądanej, nie może zostać dodatkowo polepszona poprzez zastosowanie konwencjonalnego przepływu powietrza z dmuchaw PPV. Dlatego siła wiatru i jego kierunek powinny być obserwowane i brane pod uwagę, w przypadkach gdy wentylacja nadciśnieniowa ma być stosowana podczas działań gaśniczych.

Wentylacja Sekwencyjna

W przypadku gdy zadymione obszary wymagające wentylacji stanowią odrębne pomieszczenia wewnątrz budynku, zastosowanie *wentylacji sekwencyjnej* spowoduje osiągnięcie najlepszych efektów. Pociąga to za sobą zastosowanie maksymalnego przepływu powietrza pod ciśnieniem wytworzonego przez wentylator, do wywietrzenia każdego z tych pomieszczeń po kolei. Efekt taki może zostać osiągnięty poprzez otwieranie i zamykanie drzwi wewnątrz budynku tak, aby prąd powietrza skierowany został w odpowiednim kierunku.

Wentylacja Nadciśnieniowa - niezwykle wszechstronna

Techniki związane z PPV stały się niezwykle wszechstronne i nie ograniczają się wyłącznie do oddymiania pomieszczeń. Wentylacja nadciśnieniowa może być również zastosowana w celu:

- 1) Obniżenia poziomu tlenu węgla oraz innych toksycznych i drażniących gazów podczas dogaszania pożaru.
- 2) Wytworzenia nadciśnienia na klatkach schodowych lub wywietrzenia dymu w budynkach wysokich w celu wsparcia działań gaśniczych, jak również w celu umożliwienia ewakuacji osób znajdujących się w budynku.
- 3) Usunięcia dymu z fasady budynku w celu umożliwienia zewnętrznych działań ratowniczych oraz, aby umożliwić dowódcy akcji przeprowadzenie wiarygodnej oceny sytuacji.
- 4) Skierowania dymu w kierunku przeciwnym do miejsca w którym działają strażacy na otwartej przestrzeni - pożary samochodów itp.

- 5) Kontroli i ostabienia pewnych lotnych zanieczyszczeń jak bezwodny amoniak.
- 6) Ograniczenia rozwoju pożaru podczas zastosowań defensywnych, jak np. przy pożarach centrów handlowych, w których osobne sklepy lub stragany znajdują się pod jednym, wspólnym dachem.
- 7) Kontroli i wsparcia gaszenia pożarów w kominach.
- 8) Dostępne są też większe wentylatory służące do wspomagania działań gaśniczych w tunelach.

Zmniejszenie niebezpieczeństwa związanego z dogaszaniem

Deborah Wallace w swojej książce pt. "In the mouth of the Dragon" (Avery Publishing, NY, USA) opisała dużą ilość przypadków świadczących o tym, iż nowoczesne plastiki odgrywają dużo większą rolę jeśli chodzi o przyczynę śmierci, niż obecnie zdajemy sobie z tego sprawę. Dokładna analiza pożarów sugeruje również, że krótkotrwałe wystawienie na działanie gazów pożarowych u osób poszkodowanych powoduje długotrwałe efekty uboczne. Jest rzeczą normalną, iż podczas pożaru plastiki rozkładają się uwalniając do atmosfery duże ilości toksycznych gazów, korozyjnych środków drażniących oraz organicznych i duszących chemikaliów. Osoby narażone na działanie nawet małych ilości takich emisji mogą doznać obrażeń organów wewnętrznych takich jak serca, mózgu, nerek czy wątroby, jak również obumarcia znacznej ilości tkanki płucnej, obrzęku i krwotoku płuc, chemicznego zapalenia płuc i oskrzeli, podatności na infekcje dróg oddechowych, trwałego uszkodzenia funkcji płuc, uszkodzenia i uwrażliwienia skóry, uszkodzenia oczu oraz czynności neurologicznych i naczyniowych. Związki organiczne wpływają zazwyczaj na system nerwowy - ftalany działają trująco na serce - benzen powoduje anomalie w ciążkach krwi łącznie z białaczką, wiele związków organicznych zatrąwa nerki i może być przyczyną raka....lista jest nieskończona! Co chyba ważniejsze to fakt, iż wiele z tych zanieczyszczeń obecnych jest w niebezpiecznych ilościach nawet po ugaszeniu pożaru oraz to, że strażacy często przebywają i pracują w przestrzeni wyglądającej na "czystą", bez ochrony w postaci aparatów oddechowych! Normalne jest, że strażacy cierpią na ból gardła, napięcie w klatce piersiowej - łącznie z bólem, bóle głowy, nudności, podrażnienia oczu i zatępienie w płucach po zakończeniu wyczerpujących prac przy dogaszaniu pożarów - to część ich pracy - ale czy efekty te są nieuniknione?! Badania pokazały, że w pewnych przypadkach mogą wystąpić długotrwałe efekty - łącznie z rakiem i chorobami serca. Zdolność wentylacji nadciśnieniowej do oczyszczania pomieszczeń z nagromadzonych gazów pożarowych i zanieczyszczeń podczas dogaszania jest dobrze ugruntowaną i stosowaną techniką, zaś do pomiaru redukcji zanieczyszczenia powietrza używa się odpowiednich urządzeń monitorujących. Niektóre jednostki straży pożarnej w USA ustanowiły zasady wg. których, aparaty powietrzne mogą zostać zdjęte podczas dogaszania gdy mierzony poziom CO wynosi 35 ppm lub mniej. Straż Pożarna w Ottawie ustaliła natomiast normę podającą wartość 5 ppm jako granicę bezpieczeństwa. Zastosowanie wentylacji nadciśnieniowej podczas dogaszania pomaga też strażakom, poprzez odkrywanie ukrytych żarzewi lub miejsc w których wciąż występuje tlenie. Sugeruje się, że takie działania mogą być wsparte poprzez zastosowanie kamer termowizyjnych w celu bezpiecznej i efektywnej lokalizacji źródeł ciepła.

Wentylacja Nadciśnieniowa (PPV) w przypadku pożarów budynków wysokich

Głośny pożar MGM Grand Hotelu w Las Vegas wyraźnie pokazuje, że przemieszczanie się dymu i toksycznych gazów w budynku wysokim często może stanowić większe zagrożenie dla życia i działań gaśniczych niż sam rozwój ognia. Problemy związane z wietrzeniem budynków wysokich z dymu są szczególnie i należy zwracać szczególną uwagę na techniki stosowane w celu osiągnięcia tak postawionych celów.

Symposium zorganizowane w Północnej Karolinie w USA ściągnęło specjalistów w dziedzinie wentylacji nadciśnieniowej z całych Stanów Zjednoczonych, w celu przedstawienia ich poglądów i podzielenia się doświadczeniami. Symposium to połączone było z doświadczalną demonstracją efektywności zastosowania PPV w 32-piętrowym budynku biurowym który znajdował się wtedy w fazie budowy. W demonstracji tej posłużono się korytarzem na

parterze, awaryjną klatką schodową oraz dwoma piętrami (poziomy 20 i 28). Przy zastosowaniu dachowych klap oddymiających, naturalne prądy powietrza (efekt stosu) spowodowały przewietrzenie 30 metrowego korytarza na parterze z dymu w ciągu 25 minut. Natomiast dwie dmuchawy PPV ustawione jedna za drugą osiągnęły ten efekt w zaledwie 7 minut. Dalsze testy, przeprowadzone przez Straż Pożarną w Charlotte, polegały na nagromadzeniu dymu na wyższych piętrach o powierzchni odpowiednio 644 m² i 1288m². Różne ustawienia wentylatorów badane były w celu porównania ich efektywności, łącznie z konfiguracją "jeden za drugim" i równoległą, wymuszającymi przepływ powietrza do podstawy awaryjnej klatki schodowej. Podczas jednego z testów wentylator ustawiony został na wyższym piętrze by przyspieszyć przepływ powietrza. Takie ustawienie doprowadziło do zauważalnego nagromadzenia się wydobywającego się dymu, lecz urządzenia monitorujące poziom CO nie odnotowały mierzalnego wzrostu na piętrze objętym pożarem. Różne ustawienia wentylatorów wpływały na czas potrzebny do odpowiedniego usunięcia dymu, wymuszając ucieczkę dymu z pięter objętych pożarem ze średnią prędkością 46 m² na minutę.

Generalnie, w budynku wysokim, dym wydostający się na klatkę schodową przemieszcza się ku górze *kumuluje* się u szczytu tej klatki nie mogąc wydostać się z budynku, albo *stratyfikuje* się przed dotarciem do szczytu klatki gdy nastąpi jego ochłodzenie. Taka stratyfikacja zwykle działa jak "przykrywką" dla innych produktów spalania, powodując gromadzenie się tych produktów pod warstwami stratyfikowanymi. Zasady wentylacji nadciśnieniowej mogą na kilka sposobów zostać wykorzystane do wspomoczenia strażaków w sytuacjach działań w budynkach wysokich. Wyższe piętra mogą zostać wywietrzone "poprzecznie" (wentylacja pozioma, wertykalna - *przyp. tłum.*) za pomocą różnych konfiguracji dmuchaw umieszczonych na parterze. Testy pokazały, iż takie ustawienie jest zwykle efektywne do 25 piętra. Powyżej tego poziomu dodatkowe wentylatory muszą być zazwyczaj stosowane do zwiększenia przepływu powietrza na piętrach objętych pożarem. Wentylacja pionowa wewnątrz klatki schodowej również może zostać wywołana za pomocą kilku wentylatorów umieszczonych na parterze. Gdy celem zastosowania wentylacji jest niedopuszczenie do przedostania się zanieczyszczeń na klatkę schodową (zwiększenie ciśnienia) działania będą najbardziej skuteczne przy braku otworów u szczytu tej klatki. Jeśli jednak celem jest usunięcie nagromadzonego dymu z klatki schodowej, wtedy konieczny będzie otwór wydechowy u szczytu klatki umożliwiający ujście dymu na zewnątrz. Wiele budynków wysokich jest już wyposażonych w nadciśnieniowe klatki schodowe w celu zapewnienia wolnej od dymu drogi ucieczki. Niektóre zasady odnoszące się do całkowitej efektywności takich systemów również odnoszą się do wentylacji nadciśnieniowej w budynkach wysokich. Możliwość osiągnięcia sukcesu zależy w tym przypadku od ograniczania dróg ucieczki powietrza z obszaru w którym należy doprowadzić do zwiększonego ciśnienia. Doświadczenia pokazują jak trudno jest zapobiec zadymianiu się klatek schodowych w przypadku gdy nie istnieje wentylacja ciśnieniowa. Gdy strażacy wchodzą do pięter objętych pożarem i rozwijają linie gaśnicze z suchych pionów, drzwi prowadzące na klatkę schodową muszą pozostać otwarte, umożliwiając zadymianie klatki schodowej. Powoduje to utrudnienia dla strażaków pracujących powyżej piętra objętego pożarem i jest szczególnym zagrożeniem dla osób uwięzionych na piętrach powyżej pożaru. Straż Pożarna w Los Angeles doświadczyła takich problemów podczas dużego pożaru w Interstate Bank w 1988 roku i od tego czasu zastosowanie wentylacji nadciśnieniowej w takich przypadkach zostało zapisane w Standardowych Procedurach Operacyjnych dotyczących pożarów w budynkach wysokich. Niedawny raport naukowy FEU (Wielka Brytania, 11/97) sugeruje, że w przypadku gdy chodzi o usunięcie dymu z klatki schodowej, bardziej efektywnym może okazać się otwieranie okien od piętra objętego pożarem i powyżej podczas wchodzenia do góry, niż otwarcie tylko znajdującego się u szczytu otworu wentylacyjnego. Należy jednak pamiętać, iż klimatyzowane klatki schodowe budynków wysokich rzadko posiadają naturalnie otwierane okna i że takie otwarcie musiałyby być tworzone poprzez wybijanie okien.

Zastosowanie PPV do usunięcia dymu z fasady budynku.

Czasami, odpowiadające na wezwanie siły straży pożarnej spotykają się, po przybyciu na miejsce, z dużą ilością ciemnego dymu wydobywającego się z otworów na strukturze fasady budynku. Rzeczywisty rozmiar rozwijającej się sytuacji, jak np. ludzie uwięzieni na parapetach okien wyższych pięter, może być przesłonięty poprzez dużą ilość dymu. Napowietrzne przewody elektryczne i linie telefoniczne, oświetlenie uliczne i części wystające z budynku, mogą nie być od razu widoczne dla strażaków i sytuacja taka może wstrzymać szybkie użycie drabin umożliwiających strażakom dotarcie do osób w nagłym niebezpieczeństwie. Użycie wentylacji nadciśnieniowej do stworzenia sztucznego wiatru w poprzek płaszczyzny budynku może, jeśli zastosowane w ten sposób, oczyścić fasadę budynku z dymu i ułatwić strażakom sprawienie drabin do najpilniejszych miejsc oraz pomoc dowódcy działań w rzetelnej i dokładnej ocenie sytuacji.

Zastosowanie PPV do likwidacji niektórych lotnych zanieczyszczeń, jak np. bezwodnego amoniaku.

Straż Pożarna w Watsonville w Kalifornii (USA) przeprowadziła serię testów na przeznaczonym do rozbiórki przemysłowym magazynie chłodniczym, by ocenić alternatywne techniki stosowane w celu bezpiecznego opanowania przypadkowych wycieków bezwodnego amoniaku (NH_3) do atmosfery. W testach skupiono się na zastosowaniu wentylacji nadciśnieniowej do wywietrzenia magazynu z niebezpiecznych oparów. Oceniono ponadto różne metody rozpraszania takich oparów wydobywających się z budynku. Bezwodny amoniak jest na tyle popularnym związkem chemicznym, że każdy strażak powinien zdawać sobie sprawę z niebezpieczeństw, jakie związek ten za sobą pociąga. Związek ten stosowany jest m.in. w uzdatnianiu wody, jako czynnik chłodzący czy jako nawóz. Niekontrolowane uwolnienie dużych ilości tego związku może być bardzo niebezpieczne - opary są zarówno palne jak i wybuchowe, duszące i mogą powodować podrażnienia lub oparzenia ciała. Ponadto ostry zapach wyczuwalny jest przy pięciu cząstkach na milion (ppm) czyli już przy duszącym stężeniu. Zakres palności zawiera się pomiędzy 16 a 25% czyli 160000 ppm a 250000 ppm.

Testy przeprowadzane były w magazynie o kubaturze 7100 m^3 , w którym ze zbiornika wydobywał się amoniak by osiągnąć mierzone wartości stężeń 10,000 do 12,000 ppm. Stężenie amoniaku monitorowane było w różnych miejscach wewnątrz budynku, jak i w miejscu ujęcia gazu z budynku oraz kilkaset metrów od budynku w kierunku wiatru. Monitorowany był też poziom pH w wodzie spływającej w miejscu ujęcia gazu z budynku.

Test pierwszy: Zastosowanie dwóch dmuchaw PPV z 69 cm łopatkami spowodowało obniżenie stężenia par wewnątrz budynku z 12,000 ppm do 4,000 ppm w ciągu 14 minut (drzwi wydechowe oddalone były od otworu wlotowego powietrza mniej więcej 24 metry). W miejscu ujęcia gazu z budynku, w okolicy drzwi, zamontowana została rura PCV (3/4 cala) z siedmioma dyszami wytwarzającymi rozproszoną strugę wody o wydajności 12 l/min każda. Zastosowanie to miało na celu ocenę efektywności nisko-wydajnościowych urządzeń tryskaczowych na opary NH_3 . W pobliżu drzwi wylotowych, na zewnątrz, odnotowano wartości stężeń równe 30% wartości Bezpośrednio Niebezpiecznych dla Życia i Zdrowia (ang. IDLH - Immediately Dangerous to Life & Health), zaś gęste opary amoniaku zarejestrowane zostały 150 metrów od budynku w kierunku wiatru. W ściekającej wodzie odnotowano poziom pH 10.

Test drugi: Przy zastosowaniu jednej dmuchawy z 69 centymetrowymi łopatkami odnotowano spadek stężenia z poziomu 12,000 ppm do 5,000 ppm w 12 minut. Druga dmuchawa umieszczona została z miejsca ujęcia i okazała się niezwykle efektywna w kierowaniu wydobywających się z budynku oparów z dala od budynków sąsiednich. W teście tym zastosowana została ta sama instalacja z rur PCV, zaś wyniki potwierdziły potrzebę stosowania większych (o większej wydajności - *przypr. tłum.*) prądów rozproszonych.

Test trzeci: Działko wodne o wydajności 3780 l/min użyte zostało do wytworzenia wodnego prądu rozproszonego w miejscu wyjścia z budynku zamiast instalacji z rur PCV. Wewnątrz

magazynu stężenie oparów zostało zredukowane z 11,100 ppm do 3,500 ppm w ciągu 9 minut przy zastosowaniu jednej dmuchawy o 69 centymetrowych łopatkach. Pomiary stężeń w powietrzu w miejscu wyjścia z budynku oraz w kierunku wiatru wciąż wskazywały na wysoką zawartość par amoniaku. Wyniki te zdawały się sugerować, że *efekt Venturiego* wytwarzany był przez działko wodne, co powodowało małą prędkość absorpcji przez strumień powietrza.

Test czwarty: W teście tym, linie węzowe 45mm ustawione zostały w odległości ok. 30 metrów (w kierunku wiejącego wiatru) od ujścia gazów z budynku, z zastosowaniem prądownic wytwarzających strumienie kropliste o małym kącie stożkowym. Strumieniami tym manewrowano zataczając duże koła. Jedna dmuchawa (69 centymetrowe łopatki) była w stanie obniżyć stężenie oparów wewnątrz budynku z 12,000 ppm do 6,000 ppm w 20 minut, zaś pomiary stężenia z miejsca oddalonym w kierunku wiatru pokazały znaczne zmniejszenie stężenia amoniaku w stosunku do testów poprzednich.

Podobne testy przeprowadzone przez Armię Amerykańską pokazały, że w oparach niebezpiecznych, wewnątrz budynków, można obniżyć wartości stężeń o 47-72% przy zastosowaniu standardowych dmuchaw PPV w ciągu zaledwie 10 minut. Wyniki te pokazują Szybkości Poprawy (ang. ROI - Rate of Improvement) o wartościach 22-43 razy większych w stosunku do wentylacji naturalnej.

Na podstawie tych testów wywnioskowano, iż zastosowanie PPV jest bezpieczną i efektywną metodą wentylacyjnego usuwania oparów amoniaku z pomieszczeń zamkniętych.

Defensywne zastosowanie PPV

Zastosowanie wentylatorów PPV do ograniczania pożarów stało się przyjętą strategią defensywną, w której w pomieszczeniach otaczających lub przyległych do pomieszczenia objętego pożarem, wytwarzane jest nadciśnienie za pomocą strug powietrza. Strugi te stosuje się w celu niedopuszczenia do rozprzestrzenienia się ognia i gazów pożarowych poza pomieszczenie będące źródłem pożaru.

Zastosowanie PPV podczas pożarów kominów.

Kilku przedstawicieli straży pożarnych w USA opracowało techniki wspomagające strażaków w gaszeniu pożarów kominów, które to techniki pozwalają strażakom na uniknięcie działań na dachach budynków podczas niekorzystnych warunków pogodowych. Techniki te polegają na użyciu dmuchawy PPV włączonej na 1/2 maksymalnych obrotów w połączeniu z gaśnicą proszkową z której środek gaśniczy podawany jest w górę szybu komina w 1-2 sekundowych impulsach. Kamera termowizyjna powinna być wtedy używana do oceny sytuacji oraz w celu zapobieżenia rozprzestrzenienia się ognia do ścian, podłóg i przestrzeni dachowych.

PPV przed natarciem - zasady zastosowania

Podstawowe zasady inicjowania i stosowania wentylacji nadciśnieniowej (PPV) zostały już omówione. W przypadku gdy wentylacja nadciśnieniowa stosowana jest przed natarciem na pożar, zasady pozostają te same, z niewielkimi modyfikacjami. Szczególną uwagę należy w takim przypadku zwrócić na ogólne zrozumienie potencjalnych niedociągnięć, z których wyniknąć może nieprawidłowe zastosowanie tych technik.

- Każda jednostka lub komenda straży pożarnej decydująca się na stosowanie strategii wentylacji nadciśnieniowej powinna opracować pisemne wytyczne stosowania omawianych technik.
- Przed skierowaniem strumienia powietrza do budynku, zawsze należy stworzyć otwór wydechowy umożliwiający ujście dymu z tego budynku.
- Prawidłowe usytuowanie wentylatorów (nie za blisko wejścia do budynku) powinno spowodować niedopuszczenie do gwałtownego mieszania się dymu i gazów, zaś zakłócenie warstw termicznych powinno być ograniczone do minimum.

- Zastosowanie wentylacji nadciśnieniowej najprawdopodobniej doprowadzi do zintensyfikowania pożaru w pomieszczeniach. Może nawet nastąpić początkowe podniesienie temperatury wewnątrz. Jednak strumień ciepła najprawdopodobniej obniży się w ciągu kilku pierwszych sekund zastosowania wentylacji, gdy zimniejsze powietrze wtłaczane będzie do pomieszczenia.
- Gdy PPV stosowana jest do wentylacji pomieszczeń w kształcie litery T od strony podstawy tego kształtu, zaobserwowane zostało wirowanie dymu, które obniża efektywność usuwania gazów pożarowych z pomieszczenia.
- W miejscu, w którym dym i płomień wydobywają się z otworu wydechowego, istnieje niebezpieczeństwo lokalnego rozprzestrzeniania się ognia. Niebezpieczeństwo to powinno być wcześniej rozpoznane i zabezpieczone poprzez linie gaśnicze w obronie.
- W przypadku gdy wentylator umieszczony jest zbyt blisko miejsca wejścia powietrza do budynku i/lub gdy otwór wydechowy nie jest w stanie funkcjonować w pełnej przepustowości (jest za mały - *przypr. tłum.*) cofające się płomień i gazy pożarowe mogą się pojawić w miejscu wejścia. Należy wtedy spróbować oddalić wentylator od miejsca wejścia do budynku - lub wyłączyć wentylator.
- Natychmiastowe ustawienie i uruchomienie wentylatora przed otwarciem wejścia do budynku może zamaskować sygnały ostrzegające przed backdraftem, w sytuacjach gdy dymu pulsowałby tam i z powrotem w sytuacji normalnego otwarcia drzwi wejściowych.
- Próba przemieszczenia tłącego się materaca lub krzesła w momencie gdy stosowana jest wentylacja nadciśnieniowa może spowodować rozpalenie się płomieni. Ważne jest, by nie dać się złapać tym płomieniom bez gotowego do użycia środka gaśniczego!
- Przed zainicjowaniem wentylacji nadciśnieniowej poprzedzającej natarcie na pożar należy:
 - a) znać lokalizację pożaru,
 - b) rozwinąć gotowe do użycia linie gaśnicze,
 - c) upewnić się że wentylator gotowy jest do użycia,
 - d) stworzyć otwór wydechowy (w pobliżu rejonu budynku objętego pożarem).
- Wentylacja nadciśnieniowa NIE powinna być inicjowana w przypadku gdy:
 - a) widoczne są znaki ostrzegawcze i symptomy backdraftu,
 - b) gdy kurz lub pyły mogą zostać wzburzone,
 - c) gdy nie ustalono lokalizacji pożaru,
 - d) miejsca możliwego rozprzestrzenienia się pożaru nie zostały zabezpieczone liniami gaśniczymi w obronie,
 - e) gdy wiadomo iż pożar rozprzestrzeni się poza pomieszczenie w którym wybuchł,
 - f) gdy okazuje się że wewnętrzne rozmieszczenie pomieszczeń nie sprzyja optymalnym prądom powietrza.

Wnioski

90 procent pożarów wewnętrznych ograniczonych jest do jednego pomieszczenia, dlatego istnieje szerokie pole do stosowania wentylacji nadciśnieniowej poprzedzającej natarcie na pożar. Jednak zastosowanie wentylacji nadciśnieniowej nie jest ograniczone do zastosowania poprzedzającego natarcie. Coraz szersza gama sytuacji w których technika ta może być zastosowana sprawia, że wentylacja nadciśnieniowa staje się najbardziej wszechstronną i efektywną techniką w nowoczesnym pożarnictwie.

Paul Grimwood

Sierpień, 2000 r.