

Zmierzyć się z czadem

Sezonowi grzewczemu niezmiennie towarzyszy wzrost liczby interwencji straży pożarnej wymagających pomiaru stężenia tlenku węgla (CO).

IWONA MAJ

Warto więc przypomnieć, w jaki sposób odbywa się ruch powietrza w pomieszczeniach i jakie procesy zachodzą w kominach, a co za tym idzie – jak rozkłada się stężenie tlenku węgla w budynkach. Elementarna wiedza o tych zjawiskach pozwala wyznaczyć ogólne zasady, którymi należy się kierować w trakcie działań.

Krótką charakterystyka

Tlenek węgla to gaz powstający w wyniku niepełnego spalania substancji zawierających węgiel. Jest lżejszy od powietrza i bardzo dobrze miesza się z nim we wszystkich proporcjach. Nie ma zapachu ani barwy, ma za to bardzo dużą zdolność łączenia się z hemoglobina (składnikiem krwi odpowiedzialnym za transport tlenu w organizmie), wchłania się przez drogi oddechowe. Zatrucia tlenkiem węgla są niebezpieczne, gdyż powodują stan silnego niedotlenienia narządów wewnętrznych (m.in. serca i mózgu). Gaz ten wypiera tlen z połączeń z hemoglobina, dlatego już przy stężeniach nieco przekraczających 0,1 proc. we wdychanym powietrzu może w organizmie człowieka powstawać stężenie hemoglobiny tlenkowej prowadzące do utraty świadomości i w konsekwencji do zgonu.

Objawy zatrucia tlenkiem węgla (CO)

Zatrucie tlenkiem węgla przebiega kilkuetapowo. Początkowo pojawiają się alarmujące sygnały: ból głowy, uczucie tętnienia w skroniach, szum w uszach. W miarę narastania poziomu karboksyhemoglobiny (połączenie hemoglobiny z tlenkiem węgla) we krwi objawy te ustają. W następnej fazie pojawiają się wymioty i zaburzenia świadomości (do śpiączki włącznie). Do ostrego zatrucia dochodzi na skutek oddychania powietrzem z zawartością tlenku węgla przekraczającą 0,2 proc. obj.

Groźne jest także długotrwałe przebywanie w atmosferze skażonej niewielką ilością tlenku węgla – skutkuje bólami i zawrotami głowy, uczuciem zmęczenia, utratą łaknienia, nudnościami. Mogą też wystąpić zaburzenia w funkcjonowaniu układu krwionośnego, takie jak kołatanie serca, niemierność tętna i ciśnienia krwi. □

Przepisy polskie podają, że najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) tlenku węgla w powietrzu w pomieszczeniach mieszkalnych wynosi $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (tj. 9 ppm) [1], w zakładach pracy $23 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (tj. 20 ppm), natomiast najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe, utrzymujące się nie dłużej niż 30 minut, nie powinno przekraczać $117 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (tj. 100 ppm) [2]. Warto zaznaczyć, że stopień zatrucia uzależniony jest przede wszystkim od cech indywidualnych poszkodowanego i ro-

dzienia powietrze pod względem mechanicznym jest płynem o bardzo małej lepkości i pozostaje w ciągłym ruchu – pionowym i poziomym. Jakikolwiek dodatkowe gazy wprowadzone do niego podlegają następującym prawom:

- gazy lżejsze od powietrza mają tendencję do unoszenia się i przemieszczania wraz z ogrzanyimi masami powietrza,
- gazy cięższe od powietrza mają tendencję do ścielenia się blisko powierzchni podłogi lub

Zależność objawów klinicznych zatrucia tlenkiem węgla (CO) od jego stężenia w powietrzu

Stężenie CO w powietrzu [ppm]	Stężenie CO w powietrzu [% obj.]	Stężenie CO w powietrzu [$\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$]	Objawy zatrucia
100-200	0,01-0,02	116,51	lekki ból głowy przy ekspozycji przez 2-3 godz.
400	0,04	466,63	silny ból głowy zaczynający się po upływie około 1 godz. wdychania
800	0,08	932,11	zawroty głowy, wymioty i konwulsje po 45 min wdychania, po 2 godz. trwała śpiączka
1600	0,16	1864,23	silny ból głowy, wymioty, konwulsje po 20 min, zgon po 2 godz.
3200	0,32	3733,11	intensywny ból głowy i wymioty po 5-10 min, zgon po 30 min
6400	0,64	7456,90	ból głowy i wymioty po 1-2 min, zgon w niecałe 20 min
12 800	1,28	14 913,81	utrata przytomności po 2-3 wdechach, śmierć po 3 min

daju pracy wykonywanej w skażonej atmosferze. Osoby pracujące fizycznie ulegają zatruciu o wiele szybciej.

Potencjalnymi źródłami tlenku węgla w pomieszczeniach mieszkalnych są na przykład: kuchnie gazowe, gazowe podgrzewacze wody, kominki, piece węglowe, gazowe lub olejowe, zapchane przewody kominowe, uszkodzone bądź źle wykonane połączenia między piecami i kominami. Bardzo duże ilości tlenku węgla powstają także podczas pożarów w pomieszczeniach.

Wentylacja

Tlenek węgla przemieszcza się wraz z powietrzem, które jest mieszaniną gazów zanieczyszczonych cząstkami stałymi (np. pyłami) i ciekłymi (np. parą wodną). Zasadniczy skład gazów tworzących powietrze jest stały i dlatego można określić jego masę. Wynosi ona $28,96 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. Z naukowego punktu wi-

ziemi i zalegania w najniższych przestrzeniach (np. piwnicach czy studzienkach kanalizacyjnych),

- gazy gorące przemieszczają się do góry,
- gazy rozprężające się pochłaniają ciepło i powodują kondensację pary wodnej z powietrza,
- gazy wprowadzone do powietrza poruszają się zgodnie z ruchem mas powietrza.

W naturze ogrzane powietrze unosi się do góry, a na jego miejsce dołem napływa chłodniejsze. W szczelnie zamkniętym pomieszczeniu zjawisko takie nie występuje, ponieważ z czasem temperatura mas powietrza wyrównuje się i jego ruch zanika. Użytkowanie pomieszczenia przez człowieka powoduje wprowadzanie do powietrza różnych substancji, często szkodliwych, i równoczesne zużywanie tlenu. Zatem pomieszczenia wentyluje się po to, by wymusić ruch, a tym samym wymianę

powietrza. Wentylacja taka może być dwójakiego rodzaju: naturalna (grawitacyjna) i mechaniczna (wymuszona).

Najprostszym typem jest wentylacja grawitacyjna, w której do wytworzenia ruchu powietrza wykorzystuje się różnicę temperatury (a tym samym ciśnienia) powietrza wewnątrz pomieszczenia i na zewnątrz. Ciepłe powietrze znajdujące się w pomieszczeniu unosi się do góry i przez kratkę wentylacyjną jest usuwane na zewnątrz. W jego miejsce napływa chłodniejsze powietrze z zewnątrz. Jeżeli temperatura powietrza wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia jest taka sama, wentylacja grawitacyjna działa w bardzo ograniczonym zakresie. Ruch powietrza w pomieszczeniach z tym rodzajem wentylacji uzależniony jest od warunków otoczenia (temperatury, ciśnienia i obecności wiatru). Powietrze napływa przez nawiewniki w postaci specjalnych kratak lub szczeliny w oknach i drzwiach, a wydostaje się kratkami przewodów wentylacyjnych umieszczonymi pod sufitem.

W wentylacji mechanicznej ruch powietrza w pomieszczeniu nie jest zależny od warunków atmosferycznych panujących na zewnątrz, lecz od pracy wentylatora/wentylatorów. W budynkach wyposażonych w tego typu wentylację świeże powietrze dostarczane jest przez czerpnie lub system nawiewników

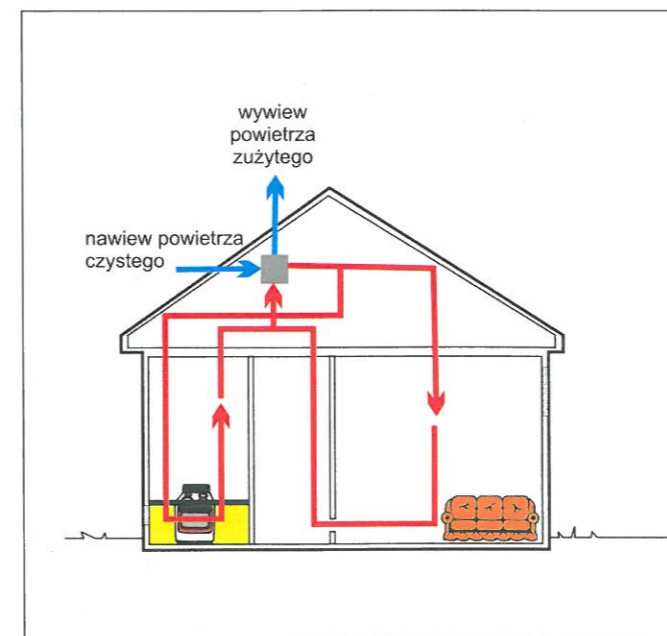
jest wentylacja grawitacyjna wspomaganą. W tym typie wentylacji do typowego układu wentylacji grawitacyjnej w kuchni czy łazience montuje się małe wentylatory w kratkach wywiewnych. Urządzenia te są uruchamiane ręcznie, a ich zadaniem jest zwiększenie intensywności usuwania zużytego powietrza z pomieszczenia.

W kotłach i kominach

W kotle przebiega proces spalania paliwa, podczas którego wytwarzana jest energia cieplna niezbędna do ogrzania czynnika roboczego (najczęściej wody). W wyniku tego procesu powstają produkty spalania (spaliny). Przy wystarczającym dostępie powietrza są to: dwutlenek węgla, woda, produkty stałe i gazy domieszkowe (np. dwutlenek siarki). Jeśli spalanie przebiega nieprawidłowo, w jego produktach pojawia się tlenek węgla – powstaje on w wyniku niepełnego utlenienia węgla (jego niepełnego spalania). Najczęstszą tego przyczyną jest niedostateczna ilość tlenu dostarczanego do układu. W normalnych warunkach w kominie znajduje się ogrzany słup powietrza i gazów spalinowych, który unosi się do góry, a na jego miejsce przez ruszt i palenisko napływa zimne powietrze bogate w tlen. Prawidłowe funkcjonowanie ciągu kominowego, bo tak nazywa się to zjawisko,

łączonych. Stąd też w miejsce uwolnionego ciepłego powietrza napływa zimne z otoczenia komina.

Prawidłowe działanie komina (ciągu kominowego) sprawia, że użytkowanie pieca, przepływowego ogrzewacza wody czy innych urządzeń jest bezpieczne. Niebezpieczeństwo pojawia się, gdy praca układu zostaje spowolniona, zakłócona lub ustanie. W artykule przyczyny tych zjawisk nie będą omawiane. Warto tylko nadmienić, że istnieje także możliwość odwrócenia ciągu kominowego, skutkującego wypychaniem spalin do pomieszczeń użytkowych (wraz z dymem dostają się do nich duże ilości tlenku węgla). Za zjawisko cofania się spalin odpowiedzialne są najczęściej zapchane przewody spalinowo-dymowe, występuje ono też przy rozpalaniu w piecu po długiej przerwie w niekorzystnych warunkach atmosferycznych, tzn. niskim ciśnieniu i temperaturze powietrza w granicach kilku stopni Celsjusza. Są to takie warunki, w których zimne ciężkie powietrze zalega w kominie, zaś różnica temperatur pomiędzy wnętrzem budynku a jego otoczeniem jest bardzo mała, co dodatkowo osłabia ciąg kominowy. Nieszczelne, uszkodzone bądź nieprawidłowo wykonane przewody kominowe lub połączenia między urządzeniami spalającymi a przewodami spalinowo-dymowymi to jedna z najczęst-

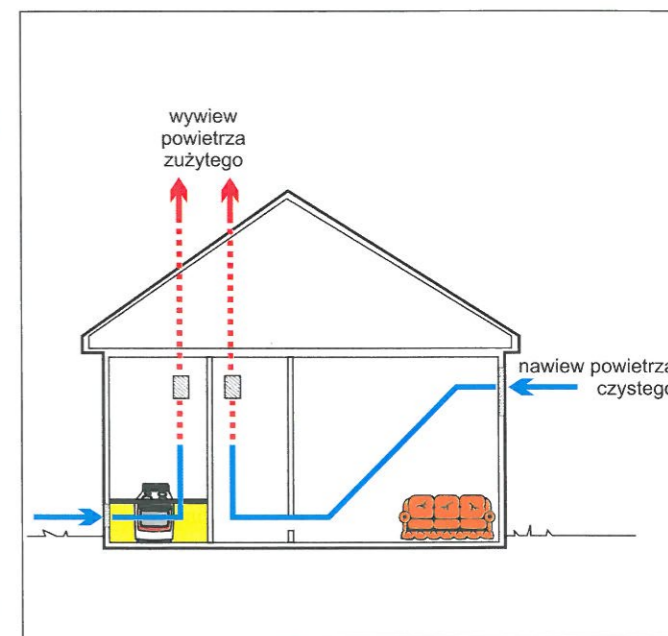


Wentylacja mechaniczna

do kanałów wentylacyjnych, a w efekcie do pomieszczeń. Na zewnątrz z kolei odprowadzane jest (za pomocą kanałów wentylacyjnych lub bez nich) przez wywiewniki. Kierunkiem i natężeniem ruchu powietrza sterują wentylatory zintegrowane z czujnikami pogody.

Obecnie w wielu domach czy mieszkaniach, jeśli tylko pozwalają na to przepisy prawa, można spotkać rozwiązanie pośrednie, którym

opiera się na zależności, zgodnie z którą powietrze w budynku (a tym samym w kominie) jest cieplejsze od powietrza zewnętrznego. Wtedy na skutek ruchów konwekcyjnych unosi się do góry ku wylotowi z komina. Ucieczka powietrza powoduje powstawanie u podstawy komina pewnego „niedoboru powietrza”. Naturalnym zjawiskiem w przyrodzie jest jednak dążenie do wyrównywania parametrów (np. ciśnienia, stężenia, temperatury) w układach po-



Wentylacja grawitacyjna (naturalna)

szych przyczyn występowania niebezpiecznego stężenia tlenku węgla w pomieszczeniach mieszkalnych.

Pomiary

Miernikami służącymi do wykrywania obecności tlenku węgla w powietrzu są toksykometry. Rynek oferuje już jednak urządzenia pozwalające strażakom na określenie nie tylko zawartości tlenku węgla w powietrzu, lecz tak-