

WENTYLACJA PRZESTRZENI POTENCJALNIE ZAGROŻONYCH WYBUCHEM MIESZANIN GAZOWYCH

1. Wiadomości ogólne

Zgodnie z postanowieniami rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109/2010. poz. 719) [1] oraz norm polskich PN-EN 60079-1:2009 Atmosfery wybuchowe – Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe [2] i PN-EN 1127-1:2009 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem – Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka przestrzenie potencjalnie zagrożone wybuchem mieszanin gazów i par cieczy palnych z powietrzem [3] klasyfikuje się do stref zagrożenia wybuchem 0, 1 i 2 wg kryteriów podanych w tablicy 1.

Tablica 1. Klasyfikacja przestrzeni potencjalnie zagrożonych wybuchem do stref zagrożenia

Typy stref potencjalnie zagrożonych wybuchem	Kryteria klasyfikacji
Strefa 0	Mieszanina wybuchowa występuje stale, często lub przez długie okresy w normalnych warunkach pracy urządzeń technologicznych
Strefa 1	Mieszanina wybuchowa może wystąpić w czasie normalnych warunków pracy urządzeń technologicznych
Strefa 2	Wystąpienie mieszaniny wybuchowej w normalnych warunkach pracy jest mało prawdopodobne, jednak jeżeli wystąpi to utrzymuje się przez krótki okres

Zastosowanie środków ochronnych ograniczających niebezpieczeństwo powstawania mieszanin wybuchowych przyczynia się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa przeciwwybuchowego oraz umożliwia zakwalifikowanie danej przestrzeni potencjalnie zagrożonej wybuchem do strefy o niższym poziomie zagrożenia, np. do strefy 2 zamiast do strefy 1.

Gazy i pary emitowane do atmosfery otaczającej aparaturę i urządzenia technologiczne tworzą mieszaniny z powietrzem o stężeniach czynników palnych zmniejszających się wraz z odległością od miejsca emisji. Jednym ze sposobów zapobiegania tworzeniu się i utrzymywaniu mieszanin wybuchowych jest wentylacja. Intensywność wietrzenia może mieć istotny wpływ na typ lub wymiary strefy zagrożonej wybuchem. [2]

Rozmiary chmury palnego gazu lub par cieczy palnej i czas utrzymywania się mieszaniny wybuchowej po ustaniu emisji mogą być ograniczane przez wentylację.

Rozróżnia się następujące główne rodzaje wentylacji:

- wentylację naturalną,
- wentylację sztuczną ogólną,
- wentylację sztuczną miejscową.

Istnieją również przestrzenie niewentylowane.

Wentylacja naturalna jest wywoływana ruchami naturalnymi powietrza pod wpływem różnic temperatur, ciśnień lub wiatru. Na zewnątrz budynków wentylacja naturalna jest często wystarczająca do rozrzedzenia mieszaniny czynników palnych z powietrzem i zapobiegania powstawaniu mieszanin wybuchowych. Wentylacja naturalna może być również efektywna w budynkach, pod warunkiem wykonania w ścianach i sufitach otworów o wystarczających rozmiarach. Na zewnątrz budynków przy ocenie wietrzenia (wentylacji) zakłada się zazwyczaj stałą minimalną prędkość wiatru 0,5 m/s choć często przekracza ona 2 m/s. Przykładem wentylacji naturalnej urządzeń technologicznych na zewnątrz budynków mogą być typowe dla przemysłu chemicznego i petrochemicznego instalacje na estakadach.

Wentylacja sztuczna. Ruch powietrza przy wentylacji sztucznej uzyskiwany jest za pomocą wentylatorów nawiewnych i wyciągowych. Wentylację sztuczną stosuje się najczęściej w pomieszczeniach i przestrzeniach przeznaczonych na stały lub okresowy pobyt ludzi. Niekiedy wentylacja sztuczna stosowana jest również na zewnątrz budynków, gdzie konieczne jest kompensowanie niedostatecznie skutecznej wentylacji naturalnej. Wentylacja sztuczna może obejmować całe pomieszczenie lub jego fragmenty albo poszczególne stanowiska pracy, wtedy mówi się o wentylacji miejscowej.

Za pomocą wentylacji sztucznej można uzyskiwać: ograniczenie rozmiarów strefy zagrożonej wybuchem, ograniczenie czasu występowania mieszaniny wybuchowej oraz, co jest najważniejsze, zapobieganie powstawaniu i utrzymywaniu się mieszanin wybuchowych oraz przekraczaniu NDS (najwyższych dopuszczalnych stężeń).

Wentylacja sztuczna przestrzeni potencjalnie zagrożonych wybuchem powinna spełniać następujące warunki:

- każde pomieszczenie powinno mieć osobną wentylację wyciągową,
- kierunki odciągania i nawiewu powietrza powinny być zgodne z gęstością względną występujących czynników palnych – przy występowaniu par cieczy palnych i gazów cięższych od powietrza, powietrze powinno być odciągane z nad podłogi pomieszczenia, zaś nawiewane pod sufitem, przy występowaniu gazów lżejszych od powietrza odwrotnie,
- powietrze do nawiewu powinno być czerpane z przestrzeni zewnętrznych niezagrażonych wybuchem,
- powietrze odciągane powinno być wydalone do przestrzeni zewnętrznych niezagrażonych wybuchem z innych przyczyn niż wyrzut zanieczyszczonego powietrza,
- przestrzeń w miejscu wyrzutu zanieczyszczonego powietrza powinna być sklasyfikowana do odpowiedniej strefy zagrożenia wybuchem,
- przy projektowaniu wentylacji należy brać pod uwagę stopień emisji czynników palnych,

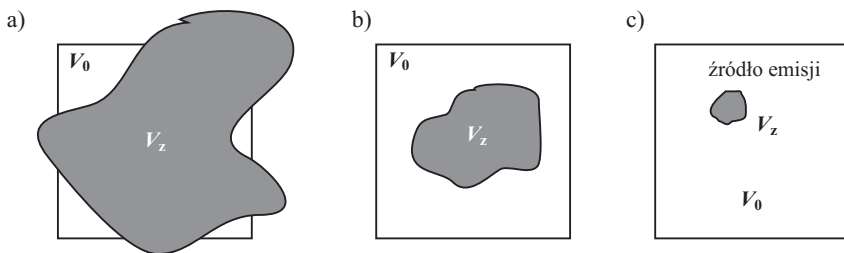
- w przestrzeniach zagrożonych wybuchem przeznaczonych na stały pobyt ludzi wentylacja podstawowa powinna zapewnić utrzymanie stężeń czynników palnych na poziomie niższym od NDS,
- w przestrzeniach zagrożonych wybuchem przeznaczonych na stały pobyt ludzi wentylacja podstawowa powinna być rezerwowana wentylacją awaryjną uruchamianą samoczynnie w razie uszkodzenia wentylacji podstawowej i manualnie z wnętrza i z zewnątrz pomieszczenia,
- w instalacjach wentylacji przewody wyciągowe z przestrzeni zagrożonych wybuchem nie powinny się łączyć z przewodami z innych pomieszczeń,
- jeżeli przewiduje się, że działanie wentylacji w razie powstania pożaru w pomieszczeniu zagrożonym wybuchem mogłoby przyczynić się do jego rozprzestrzenienia, to należy zastosować urządzenia powodujące samoczynne unieruchomienie wentylatorów i sygnalizujące ich wyłączenie.

2. Stopnie wentylacji

Efektywność wentylacji w zakresie ograniczania rozprzestrzeniania się i utrzymywania się mieszaniny wybuchowej zależy od jej stopnia, dostępności i budowy. Na przykład wentylacja może nie być wystarczająca do zapobiegania tworzeniu się mieszanin wybuchowych ale może być dostateczna do ograniczenia czasu jej utrzymywania się.

Rozpatruje się trzy stopnie wentylacji:

- a) **wentylację wysokiego stopnia** – mogącą zredukować stężenie czynnika palnego w miejscu emisji, nie dopuszczając do jego stężenia w mieszaninie z powietrzem przekraczającego dolną granicę wybuchowości, a w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi NDS,
- b) **wentylację średniego stopnia** – mogącą ograniczać stężenie czynnika palnego poniżej dolnej granicy wybuchowości mimo ciągłej emisji zanieczyszczeń i nie dopuszczającą do tworzenia mieszaniny wybuchowej po ustaniu emisji,
- c) **wentylację niskiego stopnia** – która nie może ograniczać stężenia czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem w czasie trwania jego emisji oraz nie może zapobiec utrzymywaniu się mieszaniny wybuchowej po ustaniu emisji.



- a) $V_z > V_0$ – wentylacja niskiego stopnia,
- b) $V_z \leq V_0$ – wentylacja średniego stopnia,
- c) $V_z < 0,1 \text{ m}^3$ lub $< 0,01 V_0$ – wentylacja niskiego stopnia.

Rys. 1. Ilustracja stopni wentylacji

Określenie stopnia wentylacji zależy od znajomości wielkości emisji zanieczyszczeń, którą można ustalić na podstawie szacunku lub obliczeń.

Jeden ze sposobów oszacowania stopnia wentylacji podany jest w polskiej normie PN-EN 60079-10-1:2009. Sposób ten ma liczne ograniczenia i jego wyniki mogą być traktowane tylko jako orientacyjne. W celu urealnienia wyników obliczeń stosowany jest współczynnik bezpieczeństwa, gwarantujący zachowanie wystarczającego marginesu bezpieczeństwa.

3. Obliczenie przypuszczalnej objętości mieszaniny wybuchowej

Pierwszym krokiem zmierzającym do określenia stopnia wentylacji w rozpatrywanej przestrzeni o objętości V_0 , np. pomieszczenia jest obliczenie hipotetycznej (przypuszczalnej) objętości V_z atmosfery potencjalnie wybuchowej wokół źródła emisji, np. nieszczelnego połączenia kołnierzewego. Na zewnątrz mieszaniny wybuchowej o objętości V_z będzie występować mieszanina, w której stężenie czynnika palnego będzie wynosić albo 0,25 albo 0,5 krotności dolnej granicy wybuchowości w zależności od przyjętego w równaniu [1] współczynnika bezpieczeństwa k , oznacza to, że poza granicami obliczonej objętości mieszaniny wybuchowej stężenie czynnika palnego będzie znacznie poniżej dolnej granicy wybuchowości. Objętość mieszaniny, w której stężenie czynnika palnego będzie wyższe od dolnej granicy wybuchowości będzie równe lub mniejsze od V_z . Oszacowanie objętości mieszaniny wybuchowej V_z ma być jedynie pomocne do określenia wymaganego stopnia wentylacji w analizowanej przestrzeni, nie ma to bezpośredniego związku z rodzajem strefy potencjalnie zagrożonej wybuchem.

Hipotetyczna objętość mieszaniny wybuchowej V_z wskazuje na możliwość powstania mieszaniny wybuchowej wokół miejsca emisji czynnika palnego. Objętość tej mieszaniny zazwyczaj nie jest równa objętości rozpatrywanej przestrzeni (pomieszczenia). Kształt hipotetycznej objętości mieszaniny wybuchowej nie jest określony i ulega zmianom w zależności od parametrów wentylacji.

W pomieszczeniu – minimalna objętość przepływającego powietrza, teoretycznie potrzebna do rozrzedzenia stężenia czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem do wartości mniejszej od dolnej granicy wybuchowości może być obliczona, przy określonej emisji zanieczyszczeń, wg zależności:

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} = \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max}}{k \cdot DGW_m} \cdot \frac{T}{293} \quad (1)$$

gdzie:

$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}$ – minimalna objętość powietrza przepływającego w jednostce czasu przez rozpatrywaną przestrzeń [m^3/s],

$\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max}$ – maksymalna ilość zanieczyszczeń emitowanych w jednostce czasu [kg/s],

DGW_m – dolna granica wybuchowości zanieczyszczeń (gazu lub pary) [kg/m^3],

k – współczynnik bezpieczeństwa stosowany do DGW_m , zazwyczaj:

$k = 0,25$ przy emisji ciągłej i pierwotnej,

$k = 0,5$ przy emisji wtórnej;

T – temperatura otoczenia [K].

Związek pomiędzy obliczoną minimalną ilością przepływającego czystego powietrza potrzebnego do rozrzedzenia stężenia czynnika palnego $(dV/dt)_{\min}$ poniżej dolnej granicy wybuchowości i aktualną wydajnością wentylacji (lub wymaganą wydajnością wentylacji) w rozpatrywanej przestrzeni V_0 wyraża się objętością V_k

$$V_k = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\min}}{C} \quad (2)$$

gdzie:

C – objętość wymienianego czystego powietrza (liczby wymian powietrza) w jednostce czasu (s^{-1}) wyrażona wzorem [m^3/s]:

$$C = \frac{dV/dt}{V_0} \quad (3)$$

gdzie:

dV/dt – całkowity przepływ czystego powietrza przez rozpatrywaną objętość pomieszczenia

V_0 – całkowita objętość wentylowanej przestrzeni wokół źródła emisji [m^3]

Wzór 2 jest właściwy w przypadku jednorodnej mieszaniny przy źródle emisji i nieograniczonym dostępie czystego powietrza. W praktyce takie warunki w zasadzie nie występują ze względu na rozmaite przeszkody w przepływie powietrza uniemożliwiające skuteczną wentylację różnych części pomieszczeń. Obniżona więc będzie ilość powietrza wentylacyjnego (wymian powietrza) C przy źródle emisji w stosunku do obliczonej wg wzoru 3 co może doprowadzić do zwiększenia objętości mieszaniny wybuchowej V_z przy źródle emisji. W celu urealnienia wyliczeń konieczne jest wprowadzenie współczynnika jakości wentylacji f we wzorze 2.

Przewidywana objętość mieszaniny wybuchowej w okolicy źródła emisji V_z może być określona za pomocą następujących równań pod warunkiem znajomości liczby wymian powietrza wentylacji ogólnej.

$$V_z = f \cdot V_k = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\min}}{C} \quad (4)$$

Współczynniki jakości wentylacji f koryguje jej wydajność w okresie pracy i skuteczność rozrzedzania mieszaniny wybuchowej; waha się w granicach od 1 – stan idealny, do 5 – wietrzenie ograniczone.

Wzór 4 może być stosowany w przypadku spełnienia następujących warunków:

1. $V \leq 1000 \text{ m}^3$,
2. $\frac{C \cdot V_0}{A_f} \geq 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

gdzie:

A_f – powierzchnia podłogi w rozpatrywanym pomieszczeniu lub powierzchnia przekroju poziomego zamkniętej przestrzeni [m^2].

Przestrzenie otwarte. W otwartej przestrzeni następuje znacznie szybsza wymiana powietrza niż w przestrzeniach zamkniętych (w pomieszczeniach). Przy założeniu prędkości wiatru 0,5 m/s następuje ponad 100 wymian powietrza w ciągu godziny, a więc 0,03 wymiany na sekundę. Można zatem przyjąć we wzorze 4 do obliczenia V_z w otwartej przestrzeni wartość $C = 0,03$. Objętość mieszaniny wybuchowej (hipotetycznie) wyniesie:

$$V_z = \frac{\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}}{0,03} \quad (5)$$

gdzie:

$(dV/dt)_{\min}$ – minimalna objętość przepływającego czystego powietrza [m^3/s].

Czas potrzebny do zmniejszenia stężenia czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem po przerwaniu emisji zanieczyszczeń od wartości pierwotnej x_0 do wartości niższej od dolnej granicy wybuchowości można obliczyć z zależności:

$$t = \frac{-f}{C} \cdot \ln \frac{DGW_m \cdot k}{x_0} \quad (6)$$

gdzie:

t – w sekundach, jeżeli jest przyjmowana liczba wymian C/s ,

f – współczynnik jakości wentylacji,

x_0 – powinno być przyjmowane w tych samych jednostkach co DGW (kg/m^3 ; $\text{V}\%$).

Wartość czasu potrzebnego do zmniejszenia stężenia czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem po przerwaniu emisji nie ma wpływu na klasyfikację pomieszczeń do stref zagrożenia wybuchem. Znajomość tego czasu jest dodatkową informacją do oceny konkretnego procesu lub sytuacji.

4. Wpływ wentylacji na klasyfikację przestrzeni zagrożonych wybuchem

Wentylacja uważana jest za wentylację niskiego stopnia, jeżeli objętość V_z jest większa od objętości V_0 (rys. 1a). Na zewnątrz budynków wentylacja niskiego stopnia w zasadzie nie występuje. Wyjątkiem mogą być, przy występowaniu gazów cięższych od powietrza i par cieczy palnych, doły, kanały, studzienki i inne zagłębienia terenu.

Gdy stopień wentylacji nie jest ani wysoki, ani niski uważny jest za średni. Normalnie objętość V_z jest mniejsza lub równa objętości V_0 (rys. 1b). Wentylacja uważana za średnią powinna ograniczać rozprzestrzenianie się i utrzymywanie się czynników palnych. Czas utrzymywania się mieszaniny wybuchowej po zatrzymaniu emisji czynnika palnego podobnie jak zaliczenie przestrzeni do strefy 1 lub 2 zagrożenia wybuchem zależy od tego czy stopień emisji jest pierwotny, czy wtórny. Akceptowalny czas utrzymywania się mieszaniny wybuchowej zależy od przewidywanej częstości i czasu trwania emisji czynnika palnego. Gdy objętość V_z jest znacząco mniejsza od objętości zamkniętej przestrzeni dopuszczalne jest klasyfikowanie tylko części zamkniętej przestrzeni do zagrożonych wybuchem. W niektórych przypadkach w zależności od wymiarów zamkniętej przestrzeni objętość V_z może być równa zamkniętej objętości. W takich przypadkach wszystkie zamknięte przestrzenie powinny być traktowane jako zagrożone wybuchem.

Na zewnątrz budynków, z wyjątkiem gdy objętość V_z jest bardzo mała lub gdy występuje znaczące ograniczenie przepływu powietrza, wentylacja powinna być traktowana jako średnia.

Wentylacja może być traktowana jako wysokiego stopnia (rys. 1c) tylko wtedy, gdy oszacowanie ryzyka wskazuje, że potencjalne szkody wywołane nagłym wzrostem temperatury lub ciśnienia powstałych w wyniku zapalenia mieszaniny wybuchowej o objętości V_z będą nieznaczne. Przy ocenie ryzyka należy również brać pod uwagę wtórne skutki wybuchu. Wymienione skutki wybuchu mogą wystąpić tylko wówczas gdy objętość V_z jest mniejsza niż $0,1 \text{ m}^3$ lub 1% objętości V_0 bez względu na to, która z nich jest mniejsza. W takiej sytuacji objętość przestrzeni zagrożonej wybuchem powinna być przyjęta jako równa objętości V_z .

W praktyce wysoki stopień wentylacji powinien być przyjmowany tylko w przypadku wentylacji sztucznej miejscowej lub przy niewielkiej emisji czynnika palnego.

Stałe źródło emisji czynników palnych powoduje zazwyczaj zaliczenie danej przestrzeni do strefy 0 zagrożenia wybuchem, emisja okresowa i długotrwała (pierwotna) powoduje zaliczenie przestrzeni zagrożonej wybuchem do strefy 1 zagrożenia wybuchem, zaś emisja mało prawdopodobna i krótkotrwała (wtórna) powoduje zaliczenie przestrzeni do strefy 2 zagrożenia wybuchem w normalnych warunkach pracy urządzeń technologicznych.

Sprawnie działająca i monitorowana wentylacja sztuczna o wysokim stopniu wietrzenia może przyczynić się do zaliczenia danej przestrzeni do niższej strefy zagrożenia wybuchem, a nawet do przestrzeni niezagrażonych (bezpiecznych).

Tablica 2. Wpływ wentylacji na typ strefy zagrożonej wybuchem

Stopień emisji	Stopień wentylacji						
	Wysoki			Średni			Niski
	Dostępność wentylacji						
	Dobra	Średnia	Słaba	Dobra	Średnia	Słaba	Dobra, średnia lub słaba
Ciągły	(Strefa 0 NE) ^a niezagrożona	(Strefa 0 NE) ^a Strefa 2	(Strefa 0 NE) ^a Strefa 1	Strefa 0	Strefa 0 + Strefa 2	Strefa 0 + Strefa 1	Strefa 0
Pierwotny	(Strefa 1 NE) ^a niezagrożona	(Strefa 1 NE) ^a Strefa 2	(Strefa 1 NE) ^a Strefa 2	Strefa 1	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 lub Strefa 0 ^c
Wtórny ^b	(Strefa 2 NE) ^a niezagrożona	(Strefa 2 NE) ^a niezagrożona	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 1 i nawet strefa 0 ^c

„+” oznacza otoczenie strefą,

- strefa 0 NE; strefa 1 NE; strefa 2 NE oznacza teoretyczną strefę o pomijalnych rozmiarach w czasie stanu normalnego,
- wtórne źródło emisji może zamienić się w pierwotne lub ciągłe, dlatego wymiary strefy 2 powinny być powiększone,
- Jeżeli stopień wentylacji jest tak niski, że mieszanina wybuchowa będzie się utrzymywać trwale, to analizowana przestrzeń powinna być zaliczona do strefy 0.

Dostępność wentylacji naturalnej zamkniętych przestrzeni nie może być traktowana jako dobra.

Wentylacja o niskim stopniu wietrzenia może spowodować konieczność zaliczenia danej przestrzeni do wyższej strefy zagrożenia wybuchem. Dzieje się to wtedy, gdy stopień wietrzenia jest tak niski, że po zatrzymaniu emisji zanieczyszczeń rozrzedzenie mieszaniny następuje tak powoli, że niebezpieczeństwo wybuchu trwa dłużej niż przewidywane dla danego stopnia emisji.

Znajomość objętości V_z może być wykorzystana do oceny wentylacji wysokiego, średniego i niskiego stopnia. Czas rozrzedzenia t może pomóc w ocenie stopnia wentylacji koniecznego do danej przestrzeni i odpowiada określeniu stref 0, 1 i 2.

Przy typowych szybkościach emisji przyjmowanych przy klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem często wentylacja naturalna jest niewystarczająca nawet w otwartych przestrzeniach. W dużych zamkniętych przestrzeniach skuteczna wentylacja ogólna może być niewykonalna.

Znajomość objętości V_z nie daje żadnych informacji o czasie występowania mieszaniny wybuchowej po usunięciu źródła emisji. Dotyczy to średniego i niskiego stopnia wentylacji. Wentylacja średniego stopnia powinna powodować rozrzedzenie mieszaniny wybuchowej pozwalające na zaliczenie danej przestrzeni do strefy 1 lub 2 zagrożenia wybuchem. Czas rozrzedzenia mieszaniny wybuchowej zależy od częstości emisji zanieczyszczeń i jej intensywności. W dużych zamkniętych przestrzeniach objętość mieszaniny wybuchowej V_z bardzo często jest mniejsza od objętości pomieszczenia. Wówczas do stref zagrożenia wybuchem klasyfikuje się tylko części tego pomieszczenia w sąsiedztwie źródeł emisji czynników palnych. Gdy objętość mieszaniny V_z jest zbliżona, równa lub większa od objętości pomieszczenia, to całe pomieszczenie określa się jako zagrożone wybuchem.

Przy występowaniu wielokrotnych źródeł emisji w jednym pomieszczeniu należy dla każdego ze źródeł obliczyć wartości $(dV/dt)_{\min}$ wg wzoru 1, a następnie zsumować je.

Dostępność wentylacji (wietrzenia) ma wpływ na obecność lub tworzenie się mieszaniny wybuchowej. Przy klasyfikowaniu przestrzeni zagrożonych wybuchem trzeba brać pod uwagę zarówno dostępność, jak i stopień wentylacji. Rozróżnia się trzy poziomy dostępności wentylacji:

- **dobra** – wentylacja funkcjonuje w czasie normalnego stanu pracy urządzeń technologicznych,
- **średnia** – wentylacja pracuje stale w czasie normalnego stanu pracy urządzeń technologicznych, przerwy są rzadkie i krótkotrwałe,
- **zła** – wentylacja nie osiąga dobrego lub średniego poziomu, jednak nie występują długotrwałe przerwy w jej działaniu.

Jeżeli dostępności wentylacji nie można ocenić nawet jako złą, wówczas pomieszczenie uważa się za niewentylowane.

Jeżeli stosowane są ciągłe pomiary stężeń czynników palnych w mieszaninie z powietrzem i odpowiednie blokady uniemożliwiają emisję zanieczyszczeń w razie zatrzymania wentylacji, np. zatrzymanie procesu, to nie ma potrzeby zmieniania pierwotnej klasyfikacji do stref zagrożenia wybuchem przyjętej przy pracującej wentylacji, a dostępność wentylacji może być oceniana jako dobra.

Przy ocenie dostępności wentylacji sztucznej trzeba brać pod uwagę jej niezawodność. W wentylacji niezawodnej w przypadku przerwy w pracy wentylatora podstawowego następuje samoczynne załączenie wentylatora rezerwowego.

5. Przykład obliczenia przypuszczalnej objętości mieszaniny wybuchowej V_z

Charakterystyka emisji:

Materiał palny	– propan
Źródło emisji	– wlew kanistra
Rodzaj emisji	– pierwotna
Współczynnik bezpieczeństwa	– 0,25
Szybkość emisji	– 0,005 kg/s
Dolna granica wybuchowości	– 0,039 kg/m ³ (2,1% objętościowych)
Charakterystyka wentylacji	
Pomieszczenie wewnątrz budynku	
Liczba wymian powietrza C	– 20/h (5,6 · 10 ⁻³ s)
Współczynnik jakości wentylacji f	– 1
Temperatura otoczenia	– 35°C (308 K)
Współczynnik cieplny	– 1,05
Minimalna szybkość przepływu czystego powietrza	

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min} = \frac{\left(\frac{dG}{dt}\right)_{\max}}{k \cdot DGW_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{0,005}{0,25 \cdot 0,038} \cdot \frac{308}{293} = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Przypuszczalna objętość mieszaniny wybuchowej V_z

$$V_z = \frac{f \cdot \left(\frac{dV}{dt}\right)_{\min}}{C} = \frac{1 \cdot 0,6}{5,6 \cdot 10^{-3}} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ m}^3$$

Czas trwania mieszaniny wybuchowej po ustaniu emisji

$$t = \frac{-1}{20} \cdot \ln\left(\frac{2,1 \cdot 0,25}{100}\right) = 0,26 \text{ h}$$

Przypuszczalna objętość mieszaniny wybuchowej jest znaczna. Stopień wentylacji ocenia się jako średni. Ze względu na krótki czas trwania mieszaniny wybuchowej po ustaniu emisji nie jest konieczne zaliczenie analizowanej przestrzeni do strefy zagrożenia wybuchem 0, jednak pod warunkiem, że sytuacja taka nie będzie występować często.

6. Literatura

- [1] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109/2010. poz. 719).
- [2] PN-EN 60079-1:2009 Atmosfery wybuchowe – Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe.
- [3] PN-EN 1127-1:2009 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem – Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka.