

BADANIE STAŁYCH URZĄDZEŃ GAŚNICZYCH NA DWUTLENEK WĘGLA

Opr. Zbigniew Tuzimek
Przemysław Kubica

1.CEL I ZAKRES ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z budową i działaniem stałych urządzeń gaśniczych na dwutlenek węgla. Zakres ćwiczenia obejmuje pokaz gaszenia pożaru alkoholu etylowego przy wykorzystaniu wysokociśnieniowego urządzenia gaśniczego na dwutlenek węgla działającego przez całkowite wypełnienie. W trakcie badania wykonywane są pomiary stężeń tlenu i dwutlenku węgla oraz rejestrowana jest temperatura w przestrzeni komory badawczej.

2.WPROWADZENIE

Dwutlenek węgla jest bezbarwnym, bezwonnym, nie przewodzącym prądu elektrycznego gazem obojętnym. Jest około półtorakrotnie cięższy od powietrza. Z jednego kilograma ciekłego dwutlenku węgla rozprężonego do ciśnienia atmosferycznego w temperaturze 0°C wytwarza około 0,51 m³ gazu. Ciśnienie krytyczne dwutlenku węgla wynosi 75,3 bar, a temperatura krytyczna 31 °C, to znaczy, że 31 °C jest najwyższą temperaturą, przy której można skroplić ten gaz, a 75,3 bar jest najniższą wartością ciśnienia, przy której można skroplić CO₂ w temperaturze krytycznej. Przy temperaturze – 56,2 °C i ciśnieniu 5,45 bar dwutlenek węgla może występować w trzech stanach skupienia: ciekłym, stałym i gazowym. Jest to tzw. *punkt potrójny*. Jeżeli skroplony dwutlenek węgla zostanie nagle rozprężony do ciśnienia atmosferycznego, powstają wówczas zestalone śnieżnobiałe grudki CO₂ o temperaturze –79 °C, które zmieniają się w gaz z pominięciem fazy ciekłej. Zjawisko to nazywane jest *sublimacją* lub *wzlatywaniem*. Mechanizm gaśniczy dwutlenku węgla głównie polega na zmniejszeniu stężenia tlenu w powietrzu do ilości, przy której nie jest podtrzymywany proces spalania. Dwutlenek węgla wywołuje również pewien efekt chłodzący jednak znacznie mniejszy niż efekt chłodzący wody. Można przyjąć, że efekt chłodzący 1 kg dwutlenku węgla stanowi 15% efektu chłodzącego 1 kg wody, przy założeniu, że cała ilość wody zostanie odparowana.

Ze względu na swoje własności fizyko-chemiczne dwutlenek węgla nadaje się do gaszenia następujących rodzajów pożarów:

- cieczy i ciał stałych przechodzących w stan ciekły;
- gazów, oprócz przypadków, w których po ugaszeniu uchodzące gazy mogą tworzyć atmosferę wybuchową;
- w pewnych warunkach materiałów stałych, zazwyczaj pochodzenia organicznego, w których spalanie powoduje powstawanie ognisk żarzenia;
- urządzeń elektrycznych pod napięciem.

Dwutlenek węgla nie nadaje się do gaszenia pożarów następujących materiałów:

- substancji zawierających własne źródło tlenu, np. azotanu celulozy;
- reaktywnych metali i ich wodoroków (np. sodu, potasu, magnezu, tytanu, cyrkonu).

Dwutlenek węgla w stężeniach gaśniczych ma działanie duszące i stanowi zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Z uwagi na to stosowanie dwutlenku węgla wymaga przestrzegania szeregu wymagań dotyczące bezpieczeństwa ludzi. Wymagania te zawarte są w Polskiej Normie - PN 93/M – 51250/01 „*Stale urządzenia gaśnicze .Urządzenia na dwutlenek węgla .Zasady projektowania i instalowania*“.

Zgodnie z wyżej wymienioną normą w miejscu zastosowania urządzenia gaśniczego na dwutlenek węgla, a szczególnie tam, gdzie istnieje możliwość zamknięcia lub wejścia ludzi

do chronionego pomieszczenia w trakcie gaszenia, należy przewidzieć odpowiednie zabezpieczenie. W tym celu stosuje się rozwiązania techniczne umożliwiające ewakuację z pomieszczenia chronionego lub zapobieżenia wejściu do tego pomieszczenia po wyładowaniu dwutlenku węgla - z uwzględnieniem konieczności zapewnienia szybkiego ratunku dla zamkniętych w pomieszczeniu ludzi. Stosuje się również elementy podnoszące bezpieczeństwo eksploatacji takie jak: szkolenie personelu, znaki ostrzegawcze sygnały alarmujące o wypływie dwutlenku węgla i urządzenia przerywające wpływ dwutlenku węgla. Ponadto uwzględnia się następujące wymagania:

- a) zapewnienie dróg ewakuacyjnych, które powinny być zawsze wolne oraz umieszczenie odpowiednich znaków informacyjnych, wskazujących kierunek ewakuacji;
- b) zainstalowanie w chronionych pomieszczeniach urządzeń alarmowych, dających sygnały różniące się od wszystkich innych sygnałów i działających natychmiast po wykryciu pożaru i uruchomieniu urządzenia gaśniczego,
- c) zainstalowanie drzwi samo zamykających się, które otwierają się tylko na zewnątrz chronionego pomieszczenia i które można otworzyć od wewnątrz nawet wtedy, gdy zostały zamknięte od zewnątrz;
- d) zapewnienie przy wyjściach ciągłych sygnałów optycznych i akustycznych działających do chwili, gdy atmosfera w gaszonym pomieszczeniu stanie się bezpieczna;
- e) nawanianie dwutlenku węgla, aby można było węchem rozpoznać niebezpieczną atmosferę;
- f) umieszczenie przy wejściach napisów ostrzegawczych i instrukcji;
- g) potrzebę wyposażenia pomieszczeń chronionych w aparaty oddechowe i przeszkolenie personelu w ich używaniu;
- h) zapewnienie wentylacji pomieszczeń po ugaszeniu pożaru;
- i) zapewnienie wszelkich innych środków bezpieczeństwa, jakie w wyniku starannej analizy konkretnego przypadku zastosowania urządzenia gaśniczego zostaną uznane za konieczne.

2.1 Definicje i określenia

Urządzenie gaśnicze na dwutlenek węgla: zbiorniki dwutlenku węgla podłączone trwale do stałych rurociągów z dyszami rozmieszczonymi tak aby rozprowadzały dwutlenek węgla do przestrzeni chronionych w sposób pozwalający na uzyskanie zaprojektowanego stężenia gaśniczego.

Urządzenie gaszące przez całkowite wypełnienie: zbiorniki dwutlenku węgla podłączone trwale do stałych rurociągów z dyszami rozmieszczonymi tak, aby rozprowadzały dwutlenek węgla do przestrzeni chronionych lub pomieszczeń zamkniętych w taki sposób, by mogło być utrzymane stężenie gaśnicze.

Urządzenie gaszące miejscowo: zbiorniki dwutlenku węgla podłączone trwale do stałych rurociągów dyszami rozmieszczonymi tak, aby podawały dwutlenek węgla bezpośrednio na palący się materiał lub obiekt.

Urządzenie działające samoczynnie: urządzenie działające bez ingerencji człowieka.

Urządzenie sterujące: urządzenie sterujące przebieg procedury wyładowania dwutlenku węgla.

Uruchomienie ręczne: uruchomienie wymagające ingerencji człowieka do zadziałania urządzenia.

Urządzenie wykonawcze: każdy podzespół działający między uruchomieniem urządzenia a wyładowaniem dwutlenku węgla.

Wyladowanie dwutlenku węgla: otwarcie zbiornika i zaworów kierunkowych, powodujące wypływ dwutlenku węgla do chronionej przestrzeni.

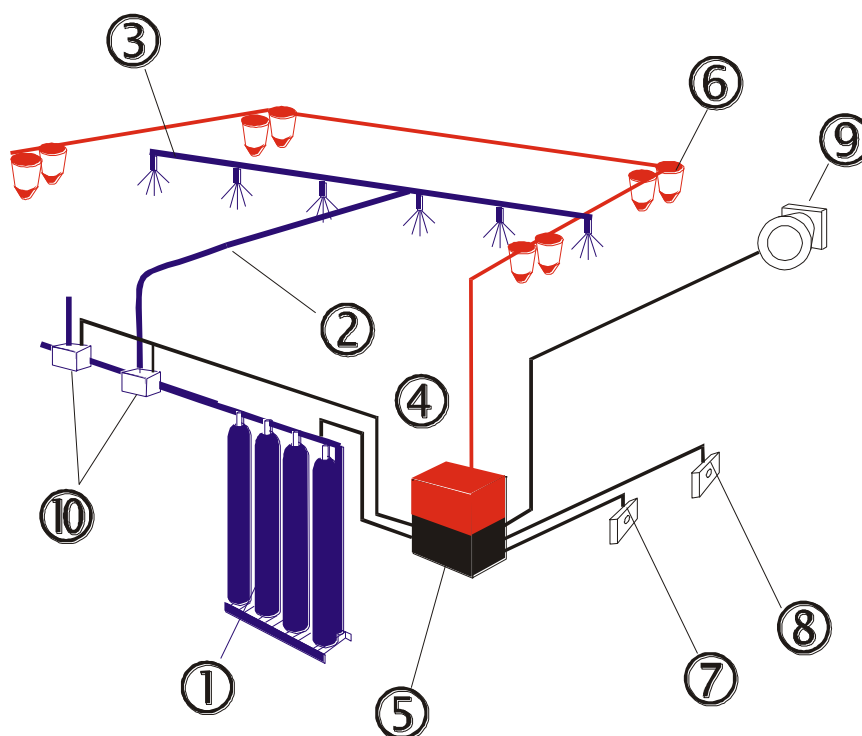
Czas utrzymywania stężenia gaśniczego: czas, w którym dwutlenek węgla, w wymaganym stężeniu, otacza gaszony obiekt.

Właściwa jednostka: organizacja, urząd lub osoba odpowiedzialna za dopuszczenie urządzenia, instalacji, metody lub systemu do stosowania.

Zawór kierunkowy: urządzenie służące do sterowania przepływu dwutlenku węgla z kolektora w kierunku określonego obszaru chronionego.

2.2. Główne elementy urządzenia gaśniczego

Urządzenie gaśnicze na dwutlenek węgla składa się z następujących głównych elementów: jednego lub kilku zbiorników z dwutlenkiem węgla, zaworów kierunkowych, mechanizmów uruchamiających, rurociągu rozprowadzającego i dysz.



Rys. 2. Schemat przykładowej instalacji gaśniczej na CO₂ 1- bateria butli, 2-rurociąg, 3- dysza, 4,5 –centrala sygnalizacji pożarowej z modulem gaszenia, 6-linie dozоровe z czujkami pożarowymi, 7- przycisk START, 8- przycisk STOP, 9- urządzenia alarmowe, 10- zawory kierunkowe,

2.3. Podstawy projektowania urządzeń gaśniczych na dwutlenek węgla

Konstrukcja pomieszczeń chronionych urządzeniem, gaśniczym przez całkowite wypełnienie powinna być taka aby dwutlenek węgla nie mógł z nich łatwo uchodzić. Ściany i drzwi powinny być szczelne, aby odpowiednio długo możliwe było utrzymanie wymaganego stężenia dwutlenku węgla. Tam, gdzie to jest możliwe, otwory powinny się samoczynnie zamykać, a urządzenia wentylacyjne wyłączać przed lub przynajmniej

jednocześnie z uruchomieniem urządzenia gaśniczego i pozostawać zamknięte w czasie gaszenia.

Jeżeli nie ma możliwości zamknięcia otworów i jeżeli nie ma ścian i stropów, należy przewidzieć dodatkowe ilości dwutlenku węgla zgodnie. Gdy otwory te wychodzą na zewnątrz budynku, gdzie wiatr może mieć znaczący wpływ na ubytki dwutlenku węgla, należy podjąć specjalne środki zaradcze. Przypadki takie należy traktować specjalnie. W celu ustalenia, czy możliwe jest uzyskanie prawidłowego stężenia obliczeniowego należy przeprowadzić próby wyładowania dwutlenku węgla.

2.4 Projektowanie urządzeń gaszących przez całkowite wypełnienie

Do obliczenia potrzebnej ilości dwutlenku węgla podstawowym parametrem jest kubatura pomieszczenia, które ma być chronione. Od kubatury należy odliczać objętość stałych elementów konstrukcyjnych, jak: fundamenty, kolumny, belki itp.

W obliczeniach uwzględnia się następujące czynniki:

- kubaturę pomieszczenia,
- rodzaj materiału chronionego,
- otwory, które nie mogą być zamknięte,
- urządzenia wentylacyjne, które nie mogą być wyłączone.

Nie dopuszcza się otworów w podłodze.

1. Określenie wymaganej ilości dwutlenku węgla

Wymaganą masę dwutlenku węgla należy obliczać według wzoru

$$m = K_B (0,2A + 0,7 V) \text{ (kg)} \quad 1)$$

w którym:

$$A = A_V + 30 A_{OV}$$

$$V = V_V + V_Z - V_G$$

gdzie:

A_V - oznacza powierzchnie całkowitą wszystkich ścian, podłogi i stropów (łącznie z otworami) [m²],

A_{OV} - oznacza powierzchnię całkowitą wszystkich otworów, które będą otwarte w przypadku pożaru [m²],

V_V - oznacza kubaturę chronionego pomieszczenia [m³],

V_Z - oznacza objętość powietrza usuwaną lub włączaną w czasie utrzymywania stężenia gaśniczego (patrz tabl. 1) przez urządzenia wentylacyjne, które nie mogą być wyłączone w czasie gaszenia [m³],

V_G - oznacza objętość elementów konstrukcyjnych, którą można odliczyć od kubatury pomieszczenia [m³];

K_B - oznacza współczynnik materiałowy, równy lub większy od jedności (patrz tabl. 1).

Współczynnik 0,2 wyrażony w [kg/m²], uwzględnia tę część dwutlenku węgla, która może wydostać się na zewnątrz w czasie gaszenia;

Współczynnik 0,7, wyrażony w [kg/m³], uwzględnia minimalną masę dwutlenku węgla przyjętą do obliczeń.

Współczynnik materiałowy K_B , którego wartości są podane w tabl. 1, należy uwzględniać przy projektowaniu urządzeń gaśniczych w przypadku materiałów i obiektów szczególnie zagrożonych pożarem, które wymagają stężenia gaśniczego wyższego niż normalne.

Współczynnik K_B dla materiałów nie wymienionych w części tabl. 1 należy wyznaczać się za pomocą aparatu z palnikiem tyglowym wg PN-93/M-51250/01.

Tablica 1. Współczynniki materiałowe, wymagane stężenia i czas utrzymywania stężenia gaśniczego CO₂

Materialy palne	Współczynnik materiałowy K_B	Wymagane stężenie CO ₂ %	Czas utrzymywania stężenia CO ₂ min
A. materiały palne¹			-
Aceton	1	34	-
Acetylen	2,75	66	-
Alkohol etylowy	1,34	43	-
Alkohol metylowy	1,22	40	-
Benzol , benzen	1,1	37	-
Benzyna	1	34	-
Butadien	1,26	41	-
Butan	1	34	-
Buten – 1	1,1	37	-
Chlorek etylenu	1	34	-
Cyklopropan	1,1	37	-
Dowtherm (nośnik ciepła)	1,47	46	-
Dwusiarczan węgla	3,03	72	-
Etan	1,22	40	-
Eter dwumetylowy	1,22	40	-
Eter etylowy	1,47	46	-
Etylen	1,6	49	-
Gaz węglowy lub ziemny	1,1	37	-
Heksan	1,03	35	-
Heptan	1,03	35	-
Izobutan	1,06	36	-
Izobutylen	1	34	-
JP – 4	1,06	36	-
Keton metylowy	1,22	40	-
Metan	1	34	-
Metylobutan – 1	1,06	36	-
Mrówczan izobutyli	1	34	-
Mrówczan metyli	1,18	39	-
Nafta	1	34	-
Octan metyli	1,03	35	-
Oktan	1,03	35	-
Oleje hartownicze i smary	1	34	-
Oleje napędowe	1	34	-
Paliwo lotnicze	1,06	36	-
Pentan	1,03	35	-
Propan	1,06	36	-
Propylen	1,06	36	-
Siarkowódór	1,06	36	-
Tlenek etylenu	1,8	53	-
Tlenek węgla	2,43	64	-
Wódór	3,3	75	-

B. materiały palne ²⁾			
Materiały celulozowe	2,25	62	20
Bawełna	2	58	20
Papier, papier falisty	2,25	62	20
Tworzywa sztuczne	2	58	20
Polistyren	1	34	-
Poliuretan	1	34	-
C. Specjalne przypadki stosowania			
Pomieszczenia przyłączy kablowych i kanały kablowe	1,5	47	10
Pomieszczenia ETO	2,25	62	20
Elektryczne instalacje komputerowe	1,5	47	10
Rozdzielnie elektryczne	1,2	40	10
Generatory elektryczne	2	58	do zatrzymania
Transformatory olejowe	2	58	-
Pomieszczenia drukarskie	2,25	62	20
Lakiernie i suszarnie	1,2	40	-
Przędzalnie	2	58	-

¹⁾ *Podane liczby wzięto z biuletynów informacyjnych 503 i 627 Urzędu Górnictwa „Granice palności gazów i par”*

²⁾ *Materiały stałe, zwykle pochodzenia organicznego, które spalając się tworzą żarzące ogniska.*

W przypadku materiałów tłących i żarzących uwzględnia się specjalne warunki gaszenia polegające na wydłużonym utrzymaniu stężenia gaśniczego.

2. Wpływ urządzeń wentylacyjnych, które nie mogą być wyłączone w czasie gaszenia

W celu obliczenia masy potrzebnego dwutlenku węgla należy do kubatury pomieszczenia chronionego (V_V) doliczyć objętość powietrza (V_Z) wtłoczonego lub wyciąganego z pomieszczenia podczas wyładowywania dwutlenku węgla i w czasie utrzymywania stężenia gaśniczego podanego w Tabeli 1.

3. Wpływ otworów

Wpływ wszystkich otworów, łącznie z otworami wydmuchowymi (odciążającymi) w ścianach i stropie, które nie będą zamknięte podczas pożaru, jest uwzględniony przez A_{OV} we

wzorze 1). Porowatości materiałów budowlanych lub nieszczelności drzwi, okien żaluzji itp. nie należy traktować jak otworów, gdyż zostały one uwzględnione we wzorze)

Nie dopuszcza się otworów w pomieszczeniu, gdy konieczne jest utrzymywanie wymaganego stężenia przez założony czas, chyba że stosuje się dodatkową ilość dwutlenku węgla w celu utrzymania potrzebnego stężenia. W przypadku gdy stosunek A_V/A_V jest większe od 0,03 urządzenie należy zaprojektować jako gaszące miejscowo.

4. Jednoczesne wypełnianie połączonych kubatur

W przypadku dwóch lub większej liczby połączonych kubatur, pomiędzy którymi może wystąpić "swobodny przepływ" dwutlenku węgla lub pożar mógłby rozprzestrzenić się z jednego pomieszczenia do drugiego, ilość dwutlenku węgla powinna równać się sumie ilości obliczonych dla każdej kubatury. Jeżeli jedna kubatura wymaga stężenia większego niż normalne, we wszystkich połączonych kubaturach należy stosować stężenie wyższe.

5. Czas trwania wyładowania dwutlenku węgla

Czas rzeczywisty wyładowania obliczonej wymaganej masy dwutlenku węgla m powinien być nie dłuższy od 1 min. Dla pożarów materiałów stałych, jak np. materiałów wymienionych w tabl. 1, wymagających utrzymywania stężenia gaśniczego przez określony

czas, obliczona masa dwutlenku węgla powinna być wyładowana w ciągu 7 min, przy czym natężenie wypływu nie powinno być mniejsze od potrzebnego do wytworzenia stężenia 30% w ciągu 2 min.

6. Temperatury magazynowania

Temperatury magazynowania dwutlenku węgla pod wysokim ciśnieniem mogą się mieścić w przedziale od -20°C do $+50^{\circ}\text{C}$ bez potrzeby stosowania specjalnych metod kompensacji zmiany natężenia wypływu.

7. Powierzchnie odciążające

Z uwagi na wzrost ciśnienia w pomieszczeniu, w którym nastąpiło gwałtowne wyładowanie dwutlenku węgla należy przewidzieć otwierające się samoczynnie ujścia odciążające zlokalizowane w najwyższym miejscu każdego szczelnego pomieszczenia. Najczęściej rolę powierzchni odciążających pełnią w wystarczającym stopniu nieszczelności drzwi, okien, przewodów wentylacyjnych. W przypadku szczelnych pomieszczeń, powierzchnia wentylacji grawitacyjnej F (mm^2) może być obliczana z wzoru

$$F = 23,9 \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

gdzie:

Q - obliczeniowe natężenie przepływu dwutlenku węgla wyrażone w kg/min ,

P - dopuszczalne ciśnienie wewnątrz pomieszczenia wyrażone w barach.

W wielu przypadkach, szczególnie gdy pomieszczenia zagrożone są wybuchem, otwory odciążające przewidziane są już w wentylacji. Te i inne istniejące otwory spełniają często rolę odciążającą.

Przykład obliczeniowy

Do zabezpieczenia przewidziano pomieszczenie magazynowe do składowania alkoholu etylowego ($K_B = 1,34$) z otworem (nie zamykanym) o powierzchni 2 m^2 .

Wymiary pomieszczenia

Długość - 16 m

Szerokość - 10 m

Wysokość - 3,5 m.

Kubatura obliczeniowa

$$V_{v>} = 16 \cdot 3,5 \cdot 10 = 560 \text{ m}^3$$

Objętość uwzględniająca wentylację mechaniczną:

$$V_Z = 0 \text{ m}^3$$

Objętość elementów konstrukcyjnych:

$$V_G = 0 \text{ m}^3$$

$$V = (560 + 0 - 0) = 560 \text{ m}^3$$

Powierzchnia całkowita wszystkich ścian pomieszczenia:

$$A_v = (16 \cdot 10 \cdot 2) + (16 \cdot 3,5 \cdot 2) + (10 \cdot 3,5 \cdot 2) = 502 \text{ m}^2$$

Powierzchnia całkowita wszystkich otworów

$$A_{ov} = 2 \text{ m}^2$$

Powierzenia A wynosi:

$$A = 502 + 60 = 562 \text{ m}^2$$

Wymagana masa dwutlenku węgla m do ugaszenia pożaru w magazynie wynosi:

$$m = 1,34(0,2 \cdot 562 + 0,7 \cdot 560) = 675,9 \text{ kg}$$

2.5. Dysze wylotowe

W urządzeniach gaśniczych należy stosować dysze zamieszczone w wykazach wydanych przez właściwe jednostki (w Polsce CNBOP). Minimalne ciśnienie na wlocie dysz powinno mieć wartość co najmniej 14 bar dla urządzeń wysokociśnieniowych i 10 bar dla urządzeń niskociśnieniowych. Średnice dysz należy dobierać tak, aby nie mogły być zapychane przez zestalony dwutlenek węgla. Urządzenia gaszące przez całkowite wypełnienie należy projektować i instalować tak, aby we wszystkich częściach chronionej kubatury uzyskiwane było jednakowe stężenie dwutlenku węgla. Dysze należy montować przy samym suficie. W przypadku pomieszczeń o wysokości od 5 do 10 m zaleca się stosowanie dodatkowych dysz na poziomie około jednej trzeciej wysokości pomieszczenia. W pomieszczeniach o wysokości większej niż 10 m dysze dodatkowe należy instalować na poziomie jednej trzeciej i dwóch trzecich wysokości pomieszczenia.

2.6. Ilość magazynowanego dwutlenku węgla

Obliczona ilość dwutlenku węgla powinna być magazynowana w taki sposób, aby była zawsze gotowa do użycia i nie mogła być stosowana do innych celów. Należy zapewnić dodatkowe ilości dwutlenku węgla dla niskociśnieniowych urządzeń gaśniczych zgodnie z następującymi zasadami:

- a) uwzględniając współczynnik napełnienia zbiornika i obecność fazy gazowej masa dwutlenku węgla powinna być zwiększona przynajmniej o 10% w stosunku do masy określonej dla największej gaszonej strefy.
- b) jeżeli istnieje możliwość pozostawiania ciekłego dwutlenku węgla między zbiornikiem a dyszami, ilość dwutlenku węgla należy zwiększyć o tę pozostającą w rurach masę, przez dodanie 10% masy określonej wg punktu a).

2.7. Ilość dwutlenku węgla stanowiącego rezerwę dla urządzenia gaśniczego

Gdy urządzenie gaśnicze zabezpiecza jeden lub więcej obiektów chronionych, w szczególnych przypadkach może być potrzebna 100% rezerwa masy dwutlenku węgla. Zbiorniki rezerwowe powinny być wtedy trwale podłączone do takich urządzeń gaśniczych. W pozostałych przypadkach, przy ustaleniu wielkości rezerwy dwutlenku węgla, należy brać pod uwagę przede wszystkim czas potrzebny do przywrócenia urządzenia do stanu gotowości.

2.8. Pomieszczenia do przechowywania dwutlenku węgla

Zbiorniki z dwutlenkiem węgla wraz z odpowiednimi zaworami, mechanizmami uruchamiającymi i innymi urządzeniami powinny być, w miarę możliwości, zlokalizowane w pomieszczeniu nie zagrożonym pożarem. Pomieszczenie to powinno być usytuowane w pobliżu pomieszczeń lub obiektów chronionych i łatwo dostępne. Pomieszczenie, w którym znajdują się zbiorniki z dwutlenkiem węgla, powinno być zabezpieczone przed wejściem osób nieupoważnionych. W pewnych przypadkach i za zezwoleniem właściwej jednostki dopuszcza się lokalizację zbiorników z dwutlenkiem węgla w pomieszczeniach chronionych.

2.9. Urządzenia wysokociśnieniowe

Pomieszczenie przeznaczone do przechowywania butli z dwutlenkiem węgla urządzenia wysokociśnieniowego powinno być tak zaprojektowane, aby temperatura otoczenia nie mogła przekraczać wartości temperatur podanych w tabeli poniżej.

Tabela 2. Najwyższa temperatura przechowywania CO₂

Współczynnik napełnienia kg/dm ³	Najwyższa temperatura otoczenia °C
0,75	40
0,68	49
0,55	65

2.10. Urządzenie niskociśnieniowe

Urządzenie niskociśnieniowe należy projektować tak, aby temperatura dwutlenku węgla w zbiorniku była utrzymana na poziomie około -18°C. Dla utrzymania tej temperatury należy podjąć odpowiednie środki, takie jak: zastosowanie izolacji, chłodzenie i/lub ogrzewanie zależne od temperatury otoczenia w pomieszczeniu. Może być konieczne także odprowadzenie ciepła wytworzonego przez urządzenie chłodnicze.

2.11. Zbiorniki z dwutlenkiem węgla

Zbiorniki niskociśnieniowe

Konstrukcja zbiornika powinna zapewnić utrzymywanie temperatury dwutlenku węgla -18°C przy ciśnieniu około 20 bar. Ponadto należy przewidzieć środki do ciągłego wskazywania ilości dwutlenku węgla. Układ chłodzenia powinien zapewnić utrzymywanie temperatury i ciśnienia dwutlenku węgla w wymaganych granicach. Zbiorniki niskociśnieniowe powinny być wyposażone w urządzenie sygnalizujące wzrost ciśnienia, podające sygnał akustyczny przed zadziałaniem zaworów bezpieczeństwa. Zbiornik powinien mieć izolację, aby ograniczyć ubytki dwutlenku węgla w przypadku popsucia się urządzenia chłodniczego. Przy najwyższej przewidywanej temperaturze otoczenia, w ciągu 24 godzin wielkość ubytków nie może przekroczyć 1,5% (przy ładunku od 3 do 6 ton), 0,8% (przy ładunku od powyżej 6 do 10 ton) i 0,5% (przy ładunku powyżej 10 ton). Materiały izolacyjne zbiornika powinny być zabezpieczone blaszaną osłoną przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Zbiornik powinien być wyposażony w manometr i zawór bezpieczeństwa.

Zbiorniki wysokociśnieniowe - baterie wysokociśnieniowych butli

Niezbędna ilość dwutlenku węgla powinna być zmagazynowana w zasadzie w jednej baterii butli. Ochrona kilku oddzielnych obiektów może być dokonana przez jedną baterię, jeżeli nie ma prawdopodobieństwa rozprzestrzeniania się pożaru z jednego obiektu na drugi. Całkowita pojemność baterii powinna odpowiadać ilości dwutlenku węgla potrzebnego do zabezpieczenia pomieszczenia lub obiektu wymagającego największej masy dwutlenku węgla.

Urządzenia uruchamiające baterię i rurociągi powinny być tak zaprojektowane, aby każda chroniona strefa mogła być oddzielnie wypełniona dwutlenkiem węgla.

Butle wchodzące w skład baterii powinny być zamocowane w sposób uniemożliwiający przemieszczanie się podczas wyładowywania dwutlenku węgla. Każda butla powinna być wymierna niezależnie od pozostałych. W każdym przewodzie łączącym zawór butli z kolektorem powinien być zamontowany zawór zwrotny. Usunięcie którejkolwiek butli nie powinno uniemożliwiać poprawnego działania baterii. Należy przewidzieć możliwość pomiaru ilości dwutlenku węgla w każdej butli.

Zawory kierunkowe

Jeżeli kilka stref zagrożonych pożarem jest chronionych jedną baterią butli dwutlenku węgla lub jednym zbiornikiem, należy dla każdej strefy przewidzieć zawór kierunkowy.

Zawory kierunkowe urządzeń zasilanych z butli powinny otwierać się samoczynnie przed lub jednocześnie z otwarciem zaworów butli. W przypadku zbiorników niskociśnieniowych zawory kierunkowe powinny się otwierać samoczynnie i zamykać samoczynnie po wyładowaniu wymaganej ilości dwutlenku węgla.

Zawory kierunkowe należy instalować tak, aby były zabezpieczone przed działaniem ognia. Działanie zaworów kierunkowych i ich urządzeń sterujących powinno być zawsze możliwe do sprawdzenia.

2.12. Rurociągi rozprowadzające

Rury powinny być wykonane z materiału niepalnego mającego właściwości fizyczne i chemiczne gwarantujące niezawodne działanie rurociągów pod ciśnieniem.

Rury i kształtki dla urządzeń niskociśnieniowych należy projektować na ciśnienie próbne 40 bar. $1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa}$. Preferowane powinny być złącza gwintowane lub kołnierzowe. Gdy używana jest armatura wysokociśnieniowa, szczególną uwagę należy zwrócić na zapewnienie dokładnego montażu. Odcinki rurociągu, które mogą być zamknięte na obu końcach, np. odcinek między kolektorem a normalnie zamkniętym zaworem kierunkowym, powinny być wykonane z rur bez szwu. Odcinki rurociągu mające otwarty jeden koniec i które nie będą stale pod ciśnieniem, mogą być wykonane z rur ze szwem, z wyjątkiem rur o średnicy nominalnej większej niż 40 mm, zasilanych ze zbiornika niskociśnieniowego. Rur o średnicy nominalnej mniejszej niż 50 mm nie należy łączyć przez spawanie w miejscu montażu.

Nie należy stosować kształtek z żeliwa mającego w strukturze grafit płytkowy, gdyż mogą pękać w temperaturach i przy ciśnieniach występujących w urządzeniach gaśniczych na dwutlenek węgla. Rurociąg powinien być podparty w sposób niezawodny z zachowaniem odpowiedniego luzu na rozszerzanie się i kurczenie oraz zabezpieczony przed działaniem ognia i uszkodzeniami mechanicznymi, chemicznymi i innymi. Tam, gdzie istnieje możliwość wybuchu, należy rurociąg zawiesić na podporach amortyzujących prawdopodobne działanie fali uderzeniowej. W rurociągach, w których układy zaworów mogłyby utworzyć zamknięte odcinki, należy odcinki te wyposażać w zawory nadmiarowe. Rury powinny być drożne, wolne od zadziórów, rdzy i innych przeszkód. Należy zapewnić odpowiednią ochronę rur przed korozją. Przed zainstalowaniem należy rury oczyścić od wewnątrz. Po zainstalowaniu, ale przed zamontowaniem dysz, rury należy dokładnie przedmuchać.

2.13. Mechanizmy uruchamiające

Urządzenia gaśnicze mogą być w zależności od potrzeb uruchamiane samoczynnie i ręcznie lub tylko ręcznie. Działanie mechanizmu uruchamiającego powinno powodować

zadziałanie całego urządzenia gaśniczego łącznie z wykonaniem funkcji pomocniczych takich, jak: wysłanie sygnałów alarmowych, wyłączenie urządzeń wentylacyjnych, pomp, przenośników, grzejników, zasuw, żaluzji itp. Wszystkie urządzenia należy lokalizować, instalować i odpowiednio zabezpieczać tak, aby nie podlegały uszkodzeniom mechanicznym, chemicznym i innym, które mogą mieć ujemny wpływ na ich działanie.

2.13.1 Uruchamianie samoczynne

Urządzenia uruchamiane samoczynnie powinny być sterowane przez dopuszczone do stosowania elementy stanowiące instalacje sygnalizacji pożarowej. Przy stosowaniu do wykrywania pożaru czujek dymu lub płomienia, urządzenie gaśnicze należy zaprojektować tak, aby zadziało dopiero po zaistnieniu dwóch oddzielnych sygnałów o pożarze.

2.13.2 Uruchamianie ręczne

Ręczne mechanizmy uruchamiające należy lokalizować, w przypadku urządzeń gaszących przez całkowite wypełnienie, na zewnątrz chronionego pomieszczenia w pobliżu wyjścia (wyjść) z tego pomieszczenia. W przypadku urządzeń gaszących miejscowo mechanizm należy lokalizować w miejscu dogodnym i bezpiecznym dla uruchamiającego. Ręczne mechanizmy uruchamiające powinny być zabezpieczone przed przypadkowym włączeniem za pomocą zawleczki lub szklanej osłony (pokrywki) i mieć wyraźne oznakowanie wskazujące ich przeznaczenie. Strefa chroniona przez urządzenie gaśnicze uruchamiane ręcznie powinna być, dla uniknięcia pomyłek, wyraźnie oznakowana.

Rodzaje urządzeń wykonawczych

Do uruchamiania urządzeń gaśniczych mogą być stosowane mechanizmy uruchamiające wykorzystujące napęd elektryczny, pneumatyczny lub mechaniczny.

1. Urządzenia wykorzystujące napęd elektryczny

Urządzenia elektryczne przeznaczone do wyzwania wypływu dwutlenku węgla i sygnalizujące zadziałanie mechanizmów uruchamiających powinny być zasilane z dwóch, niezależnych źródeł energii np. z sieci głównej z możliwością samoczynnego przełączenia na zasilanie bateryjne w przypadku awarii sieci. Obwody z elementami wykrywającymi pożar powinny być dozowane samoczynnie, a urządzenia alarmowe sygnalizujące usterki dozowanego urządzenia lub instalacji elektrycznej powinny nadawać sygnał akustyczny i optyczny. Sygnały te powinny się różnić od sygnałów alarmowych sygnalizujących zadziałanie urządzenia gaśniczego.

2. Urządzenia wykorzystujące napęd pneumatyczny

Jako źródło energii dopuszcza się stosowanie dwutlenku węgla z urządzenia gaśniczego. Jeżeli wybierze się inne niezawodne źródło ciśnienia, to powinno być ono używane wyłącznie do tego celu. Przy stosowaniu gazu sprężonego z butli pilotujących do uruchomienia zaworów pozostałych butli, jego ilość i natężenie wypływu należy zaprojektować tak, aby zawory tych butli otwierały się jednocześnie. Ciśnienie gazu w butlach pilotujących powinno być kontrolowane w sposób ciągły, a nadmierny spadek tego ciśnienia powinien być sygnalizowany.

3. Urządzenia wykorzystujące napęd mechaniczny

Urządzenia uruchamiające mogą być napędzane mechanicznie za pomocą lin i obciążników. Liny sterownicze powinny być prowadzone w rurach ochronnych ze swobodnie obracającymi się narożnymi krążkami linowymi przy wszystkich zmianach kierunku.

3. Przebieg ćwiczenia

1. Obliczyć masę CO₂ potrzebną do zabezpieczenia pomieszczenia o wymiarach 5 m x 5 m i wysokości 2,8 m, w którym składowany jest alkohol etylowy. Brak wentylacji, brak niezamykalnych otworów.
2. Obliczyć powierzchnię otworu odciążającego, jeżeli butla 40 dm³ CO₂ o współczynniku napełnienia 0,68 kg/dm³ zostanie wyładowana w ciągu 40 sekund, a przyrost ciśnienia w pomieszczeniu nie może przekroczyć 250 Pa.
3. Narysować z natury schemat stanowiska przedstawiający:
 - a) część hydrauliczną SUG (zbiorniki, kolektor, wskaźnik wypływu, rurociąg, dysze)
 - b) część elektryczną (centrala sterowania gaszeniem, czujki pożarowe, przyciski "GASZENIE", "STOP", sygnalizatory akustyczne, panele ostrzegawcze wew. i zew., wyzwalacz elektromechaniczny).
4. Sprawdzić i opisać przebieg procedury gaśniczej po wciśnięciu przycisku "GASZENIE".
5. Odczytać masę zbiornika z gazem, wskazywaną przez wagę elektroniczną, przed i po wyładowaniu gazu.
6. Prowadzący ćwiczenie uruchamia wyładowanie gazu gaśniczego.
7. Obserwować i zapisywać efekty towarzyszące wyładowaniu:
 - a) zmiany widoczności
 - b) zmiany temperatury
 - c) przyrost ciśnienia,
 - d) zmiany stężenia CO₂ na wysokości 2,2 m, przez 10 min (co 1 min) po wyładowaniu gazu.

4. Sprawozdanie

1. Cel ćwiczenia.
2. Schemat stanowiska.
3. Przebieg ćwiczenia.
4. Obliczenia masy dwutlenku węgla oraz obliczenia powierzchni odciążającej.
5. Opis przebiegu wyładowania gazu gaśniczego.
5. Parametry wyładowania:
 - a) rzeczywista masa gazu gaśniczego,
 - b) uzyskane stężenie CO₂ i O₂ (stężenie O₂ obliczyć na podstawie znanego stężenia CO₂),
 - c) maksymalny przyrost ciśnienia (porównać z teoretycznym),
 - d) spadek temperatury podczas wyładowania,
 - d) efekt gaśniczy,
 - e) wykres zmian stężenia CO₂ przez 10 min po wyładowaniu.
6. Podsumowanie i wnioski. (zakres stosowania SUG gazowych, oddziaływanie CO₂ na człowieka, wady i zalety gaszenia gazem).

5. Pytania kontrolne

1. W jaki sposób oblicza się masę CO₂ do gaszenia pożarów w pomieszczeniu przez całkowite wypełnienie?
2. W jakim celu stosowane są powierzchnie odciążające i jak się je liczy?
3. Jaki jest czas trwania wyładowania dwutlenku węgla i od czego zależy czas utrzymywania stężeń gaśniczych?
4. Jakie główne elementy wchodzi w skład urządzenia gaśniczego na CO₂?
5. Jakie wymagania powinny spełniać zbiorniki z dwutlenkiem węgla?
6. W jaki sposób rozmieszcza się dysze wylotowe w urządzeniach gaszących przez całkowite wypełnienie i jakie wymagania powinny one spełniać?
7. Jakie są stosowane sposoby uruchamiania urządzeń gaśniczych na CO₂?
8. Jaki jest mechanizm gaszenia dwutlenku węgla i do jakich materiałów jest on stosowany?
9. Do gaszenia jakich materiałów nie nadaje się CO₂ i dlaczego?

Literatura:

- [1] PN-93/M-51250/01 Stałe urządzenia gaśnicze. Urządzenia na dwutlenek węgla. Zasady projektowania i instalowania.
- [2] Praca zbiorowa: „Nowe zasady projektowania i instalowania stałych urządzeń gaśniczych na dwutlenek węgla” Warszawa 1995r
- [3] J.Świetnicki, K.Fiejko:”Stałe urządzenia gaśnicze, dziś i jutro” CNBOP Józefów 1994r.
- [4] Jan Lindner „Gaszenie pożarów gazami obojętnymi i środkami chemicznymi” Wyd. Arkady Warszawa 1969 r.