

Urządzenia elektryczne w obszarach zagrożonych wybuchem

[zagadnienia wybrane]

Michał Świerzewski

**Stowarzyszenie Elektryków Polskich
Sekcja Instalacji i Urządzeń Elektrycznych**

Ex

Warszawa 2010

Urządzenia elektryczne w obszarach zagrożonych wybuchem

Spis treści

1. Wstęp
2. Podstawowe pojęcia i definicje
3. Wiadomości podstawowe
4. Dyrektywa Atex 94/9/WE
 - 4.1. Cele dyrektywy Atex 94/9/WE
 - 4.2. Zakres stosowania dyrektywy Atex 94/9/WE
 - 4.3. Obszary stosowania dyrektywy Atex 94/9/WE
 - 4.4. Urządzenia wyłączone z zakresu dyrektywy Atex 94/9/WE
 - 4.5. Podział urządzeń i systemów ochronnych na grupy i kategorie
 - 4.6. Zasadnicze wymagania
 - 4.7. Instrukcje eksploatacji
 - 4.8. Oznakowanie urządzeń i systemów ochronnych
 - 4.9. Procedury oceny zgodności
 - 4.10. Zastosowanie dyrektywy Atex 94/9/WE do wyrobów używanych, naprawianych lub modyfikowanych oraz części zamiennych
5. Ocena zagrożenia wybuchem i zapobieganie wybuchowi
 6. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem
 - 6.1 Wprowadzenie
 - 6.2. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych
 - 6.3. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych
 - 6.4. Wpływ wentylacji przestrzeni zagrożonych wybuchem na ich klasyfikację
 - 6.5 Kolejność wyznaczania stref zagrożonych wybuchem
 - 6.6. Dokumentacja klasyfikacyjna
7. Urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym
 - 7.1. Urządzenia przeznaczone do stosowania w obecności mieszanin gazowych
 - 7.1. Rodzaje elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym
 - 7..2. Podział urządzeń grupy II na podgrupy
 - 7..3. Klasy temperaturowe
 - 7..4, Oznaczanie elektrycznych urządzeń przeciwwybuchowych

- 7.5. Urządzenia przeznaczone do pracy w obecności mieszanin pyłowych
- 8. Alternatywna metoda oceny ryzyka obejmująca „poziom zabezpieczenia urządzeń” (EPL)
 - 8.1. Podstawowe wymagania
 - 8.2. Znakowanie
- 9. Dobór urządzeń elektrycznych do stref zagrożenia wybuchem
 - 9.1. Wymagania wspólne
 - 9.2. Strefa 0 zagrożenia wybuchem
 - 9.3. Strefa 1 zagrożenia wybuchem
 - 9.4. Strefa 2 zagrożenia wybuchem
 - 9.5. Strefy zagrożenia wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem
- 10. Podstawowe wymagania w stosunku do wykonania instalacji elektrycznych
 - 10.1. Wymagania ogólne
 - 10.2. Dokumentacja
 - 10.3. Ochrona przed wpływami zewnętrznymi
 - 10.4. Zabezpieczenie przed iskrzeniem
 - 10.5. Układy sieciowe
 - 10.6. Wyrównywanie potencjałów.
 - 10.7. Bezpieczeństwo elektryczne
 - 10.8. Przeciwpowozarowy wyłącznik zasilania
 - 10.9. Przewodowanie
 - 10.10. Wprowadzanie przewodów do urządzeń przeciwwybuchowych
- 11. Eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem
 - 11.2. Wiadomości ogólne
 - 11.3. Oględziny
 - 11.4. Wymagania szczegółowe
 - 11.5. Pomiary w przestrzeniach zagrożonych wybuchem
 - 11.6. Naprawy

Ustawy, rozporządzenia i normy

Urządzenia elektryczne w obszarach zagrożonych wybuchem

1. Wstęp

W przestrzeniach, w których produkuje się, użytkuje lub przechowuje ciecze łatwo zapalne, np. benzynę, alkohole, eter, toluen, ksylen, rozcieńczalniki organiczne, gazy palne, np. propan-butan, wodór, acetylen istnieje możliwość przenikania par tych cieczy i gazów do otaczającej je przestrzeni i tworzenia z powietrzem (z tlenem z powietrza) mieszanin wybuchowych. Podobnie w czasie obróbki ciał stałych lub produkcji i transportu materiałów sypkich mogą do otaczającego powietrza przedostawać się pyły i tworzyć z nim mieszaniny.

Prawidłowy, technicznie i ekonomicznie uzasadniony, dobór urządzeń i wykonanie instalacji elektrycznych w sposób adekwatny do zagrożenia wybuchem przestrzeni obniża koszty inwestycji, ułatwia eksploatację i przede wszystkim zwiększa bezpieczeństwo przeciwpożarowe obiektu i bezpieczeństwo ludzi.

Bezpieczeństwo przeciwwybuchowe polega przede wszystkim na:

- 1) wyeliminowaniu lub ograniczeniu powstawania mieszanin wybuchowych,
- 2) przeprowadzeniu klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem do odpowiednich stref zagrożenia, adekwatnych do spodziewanego niebezpieczeństwa, jeżeli nie jest możliwe wyeliminowanie lub ograniczenie powstawania mieszanin wybuchowych,
- 3) dobraniu urządzeń elektrycznych, technologicznych, ochronnych itp. w wykonaniu odpowiadającym wymaganiom odnośnie do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem,
- 4) wykonaniu oprzewodowania odpornego na warunki środowiskowe występujące w danej strefie zagrożenia, np. substancje chemiczne, wilgoć, wpływy mechaniczne,
- 5) zabezpieczeniu urządzeń elektrycznych i przewodów przed:
 - a) prądami przetężeniowymi,
 - b) przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi,
 - c) porażeniem prądem elektrycznym
- 6) zabezpieczeniu obiektów budowlanych i urządzeń technologicznych na zewnątrz budynków przed wyładowaniami atmosferycznymi,

- 7) zabezpieczeniu urządzeń technologicznych i instalacji przed wyładowaniami elektryczności statycznej,
- 8) zabezpieczeniu przed korozją urządzeń technologicznych zakopanych w gruncie, przez zastosowanie ochrony katodowej.

2. Podstawowe pojęcia i definicje

- **Urządzenia** – maszyny, sprzęt, przyrządy stałe lub ruchome, podzespoły sterujące wraz z oprzyrządowaniem oraz systemy wykrywania i zapobiegania zagrożeniom, które oddzielnie lub połączone ze sobą są przeznaczone do wytwarzania, przesyłania, magazynowania, pomiaru, regulacji i przetwarzania energii, albo przetwórstwa materiałów, które, przez ich własne potencjalne źródła zapalenia, są zdolne do spowodowania wybuchu.
- **Systemy ochronne** – urządzenia, których zadaniem jest sygnalizowanie zagrożenia, natychmiastowe powstrzymanie powstającego wybuchu lub ograniczenie jego zasięgu, należą do nich między innymi:
 - monitorowanie temperatury,
 - monitorowanie drgań mechanicznych,
 - systemy gaśnicze i wykrywania iskier,
 - systemy tłumienia wybuchu,
 - systemy izolowania procesu,
 - systemy awaryjnego wyłączenia
- **Części i podzespoły** - wyroby istotne ze względu na bezpieczeństwo funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych, bez funkcji samodzielnych.
- **Materiały niebezpieczne pożarowo (substancje palne):**
 - a) gazy palne,
 - b) ciecze palne o temperaturze zapłonu poniżej 328,15 (55 °C),
 - c) materiały wytwarzające w zetknięciu z wodą gazy palne,
 - d) materiały zapalające się samorzutnie na powietrzu,
 - e) materiały wybuchowe i pirotechniczne,
 - f) materiały ulegające samorzutnemu rozkładowi lub polimeryzacji.
- **Mieszanina wybuchowa (atmosfera wybuchowa)** - mieszanina substancji palnych w postaci: gazów, par, mgieł lub pyłów z powietrzem w warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu spalanie rozprzestrzenia się na całą nie spaloną mieszaninę; spalaniu temu towarzyszy gwałtowny wzrost ciśnienia.

- **Wybuch fizyczny** – wybuch spowodowany zjawiskami fizycznymi np. przemianą cieczy w parę lub przekroczeniem wytrzymałości ścianek naczyń.
- **Wybuch chemiczny** - reakcja utleniania lub rozkładu wywołująca gwałtowny wzrost temperatury i ciśnienia.
- **deflagracja** – reakcja utleniania – wybuch rozprzestrzeniający się z prędkością mniejszą od prędkości dźwięku,
- **detonacja** - wybuch rozprzestrzeniający się z prędkością naddźwiękową, któremu towarzyszy fala uderzeniowa,
- **Przestrzeń zagrożona wybuchem** - przestrzeń, w której palne gazy, pary cieczy palnych, mgły, pyły lub włókna palnych ciał stałych w różnych warunkach mogą utworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe (atmosfery wybuchowe), które pod wpływem czynnika energetycznego (iskry, łuku elektrycznego lub przekroczenia temperatury samozapalenia) ulegają gwałtownemu spalaniu połączonemu z gwałtownym wzrostem ciśnienia.
- **Strefa zagrożenia wybuchem** - przestrzeń, w której występuje lub może wystąpić mieszanina wybuchowa substancji palnych z powietrzem (z tlenem z powietrza) lub innymi gazami utleniającymi o stężeniu substancji palnej między dolną i górną granicą wybuchowości.
- **Maksymalne ciśnienie wybuchu** - maksymalne ciśnienie występujące w zamkniętym naczyniu podczas wybuchu mieszaniny wybuchowej, oznaczone w określonych warunkach badania.
- **Minimalna energia zapalenia (zapłonu)** - najmniejsza energia elektryczna nagromadzona w kondensatorze, która, przy jego rozładowaniu, jest wystarczająca do zapalenia najbardziej zapalnej mieszaniny w określonych warunkach badania.
- **Granice wybuchowości** - zakresy stężeń czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem, między którymi może dojść do wybuchu
- **Dolna granica wybuchowości (DGW)** - minimalne stężenie czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem, przy którym może dojść do wybuchu
- **Górna granica wybuchowości (GGW)** - maksymalne stężenie czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem, powyżej którego mieszanina staje się niezapalna.
- **stężenie stechiometryczne** – stężenie gazu lub pary w mieszaninie z powietrzem, przy którym teoretycznie następuje spalanie całej ilości tlenu zawartego w mieszaninie,
- **Dolna temperaturowa granica wybuchowości** - temperatura cieczy palnej, przy której

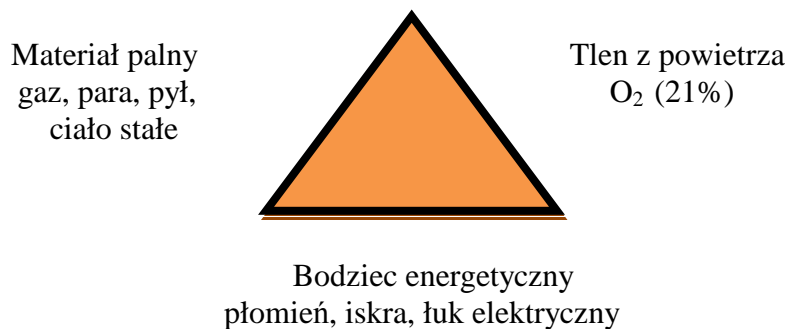
- stężenie pary nasyconej w powietrzu jest równe dolnej granicy wybuchowości,
- **Górna temperaturowa granica wybuchowości** - temperatura cieczy palnej, przy której stężenie pary nasyconej w powietrzu jest równe górnej granicy wybuchowości,
 - **Graniczne stężenie tlenu** – maksymalne stężenie tlenu w mieszaninie substancji palnej, powietrza i gazu obojętnego, w której nie dojdzie do wybuchu w określonych warunkach badania
 - **Stężenie stechiometryczne** w przedziale stężeń między dolną i górną granicą wybuchowości - stężenie czynnika palnego, przy którym teoretycznie następuje całkowite spalanie ciała palnego.
 - **Temperatura zapłonu cieczy palnej** - najniższa temperatura cieczy palnej, przy której w określonych warunkach badania z cieczy wydziela się gaz lub para w ilości wystarczającej do utworzenia z powietrzem mieszaniny palnej, która pod wpływem płomyka probierczego przesuniętego nad powierzchnią tej cieczy zapali się na krótką chwilę.
 - **Mieszanina hybrydowa** - mieszanina substancji palnych z powietrzem w różnych stanach skupienia, np. gazu i pyłu z powietrzem.
 - **Temperatura samozapalenia (samozapłonu)** - najniższa temperatura, pod wpływem której mieszanina wybuchowa zapala się samoczynnie, oznaczona w określonych warunkach badania.
 - **Temperatura samozapalenia obłoku pyłu** - najniższa temperatura nagrzanej powierzchni, od której następuje samoczynne zapalenie obłoku pyłu, wyznaczona w określonych warunkach badania,
 - **Minimalna temperatura samozapalenia warstwy pyłu** - najniższa temperatura nagrzanej powierzchni, przy której warstwa pyłu ulega zapaleniu w określonych warunkach badania,

3. Wiadomości podstawowe

3.1. Palenie się i wybuch

Warunkiem zapoczątkowania procesu palenia się jest jednocześnie wystąpienie trzech czynników (Rys.3.1):

- materiału palnego,
- tlenu z powietrza
- bodźca energetycznego inicjującego reakcję utleniania (egzotermiczną)



Rys.3.1.Trójkąt palenia się

Jeżeli zabraknie jednego z tych czynników proces palenia się jest niemożliwy.

Proces palenia może przybierać różne formy:

- palenia powierzchniowego
- palenia przestrzennego

Spalanie powierzchniowe ciał stałych przebiega na ich powierzchni, spalanie powierzchniowe występuje przy źródle wycieku gazu, np. u wylotu palnika gazowego, a spalanie powierzchniowe par cieczy palnych występuje w cienkiej warstwie tuż nad powierzchnią tej cieczy. Spalanie powierzchniowe przebiega z niewielką prędkością i nie towarzyszy mu podwyższenie ciśnienia.

Spalanie przestrzenne występuje w mieszaninach gazów palnych, par cieczy palnych i pyłów z powietrzem. W czasie spalania przestrzennego prędkość przesuwania się płomienia przekracza 1000 m/s i towarzyszy mu gwałtowny wzrost ciśnienia – tworzy się fala ciśnieniowa o silnym działaniu kruszącym. Mieszaniny takie nazywa się mieszaninami wybuchowymi.

Mieszaniny wybuchowe z powietrzem mogą tworzyć: gazy palne w każdej temperaturze, pary cieczy palnych w temperaturach wyższych od ich temperatury zapłonu i pyły materiałów palnych.

Mieszaniny wybuchowe mogą tworzyć się w przestrzeniach, w których produkuje się, użytkuje się lub przechowuje ciecze łatwo zapalne, np. benzynę, alkohole, eter, toluen, ksylen, rozpuszczalniki organiczne; gazy palne, np. propan-butan, wodór, metan, acetylen istnieje możliwość przenikania par tych cieczy i gazów do otaczającej przestrzeni i tworzenie z powietrzem mieszaniny wybuchowej.

Podobnie w czasie obróbki ciał stałych lub produkcji i transportu materiałów sypkich mogą do otaczającego powietrza przedostawać się pyły tych materiałów i tworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe.

3.2. Temperatura zapłonu cieczy palnych

Temperatura zapłonu cieczy palnej jest to najniższa temperatura, przy której z cieczy palnej powstanie dostateczna ilość pary do utworzenia się tuż nad jej powierzchnią mieszaniny palnej z powietrzem, która zapali się na chwilę od znormalizowanego płomyka wodorowego przesuniętego nad tą powierzchnią i zgaśnie. Im temperatura zapłonu cieczy palnej jest niższa, tym ciecz jest bardziej niebezpieczna z punktu widzenia zagrożenia pożarowego (wybuchowego). W tabelicy 3.1, podane są przykładowe temperatury cieczy palnych. Zgodnie z rozporządzeniem [6] przyjęto, że w normalnych warunkach atmosferycznych mieszaniny wybuchowe z powietrzem mogą tworzyć pary cieczy palnych o temperaturze nie przekraczającej 55 °C.

Tablica 3.1. Temperatury zapłonu wybranych cieczy palnych

Nazwa cieczy palnej	Temperatura zapłonu [°C]
Benzyna samochodowa	-51
Aceton	-19
Benzen	-11
Alkohol etylowy	11
Trójchloroetylen	32
Toluen	4
Olej napędowy	>37
Cykloheksanon	34 - 65
Chlorohydryna etylenu	55

3.3. Gęstość względna gazów i par

Do określenia w jaki sposób gaz lub para zachowują się w mieszaninie z powietrzem potrzebna jest znajomość gęstości tej substancji w stosunku do powietrza.

Gęstość (masa właściwa) jest to stosunek masy ciała do jego objętości. Według prawa Avogadro objętość zajmowana przez jeden mol (gramocząsteczkę) (gramocząsteczka – ilość gramów danego związku równa liczbowo jego ciężarowi cząsteczkowemu) gazu wynosi 22,41 litra w warunkach normalnych. Posługując się tym prawem można obliczyć przybliżoną gęstość gazu „d” lub mieszaniny gazów na podstawie wzoru chemicznego cząsteczek tych gazów wg równania

$$d = M/22,4$$

w którym:

M – ciężar cząsteczkowy

Przykłady;

Metan CH_4 , którego gęstość w warunkach normalnych ($M = 12 + 4 = 16$) wyniesie

$$d = 16/22,4 = 0,714 \text{ g/l}$$

Acetylen C_2H_2 , którego gęstość w warunkach normalnych ($M = 24 + 2 = 26$) wyniesie

$$d = 26/22,4 = 1,161$$

Powietrze jest mieszaniną tlenu i azotu. Ciężar cząsteczkowy tlenu wynosi 32, a azotu 28. Zawartość azotu w powietrzu wynosi około 80%. Średni ciężar cząsteczkowy powietrza wyniesie więc około 29.

Przyjmując w przybliżeniu, że ciężar cząsteczkowy powietrza wynosi 29 i że jego gęstość wynosi 1, przez podzielenie ciężaru cząsteczkowego gazu przez ciężar cząsteczkowy powietrza otrzymuje się gęstość d_p danego gazu względem powietrza. Gaz lub para i powietrze muszą być pod tym samym ciśnieniem i w tej samej temperaturze.

Przykłady - gęstość względna wyniesie:

metanu ciężar cząsteczkowy $M = 16$, gęstość względna d_p

$$d_p = M/29 = 16/29 = 0,55$$

acetyleny ciężar cząsteczkowy $M = 26$, gęstość względna d_p

$$d_p = M/29 = 26/29 = 0,89$$

Gęstość względna jest wartością niemianowaną. W tabelicy 3.2. podano ciężary cząsteczkowe i gęstości względne wybranych gazów i par.

Tabela 3.2. Ciężary cząsteczkowe i gęstości względne wybranych gazów i par

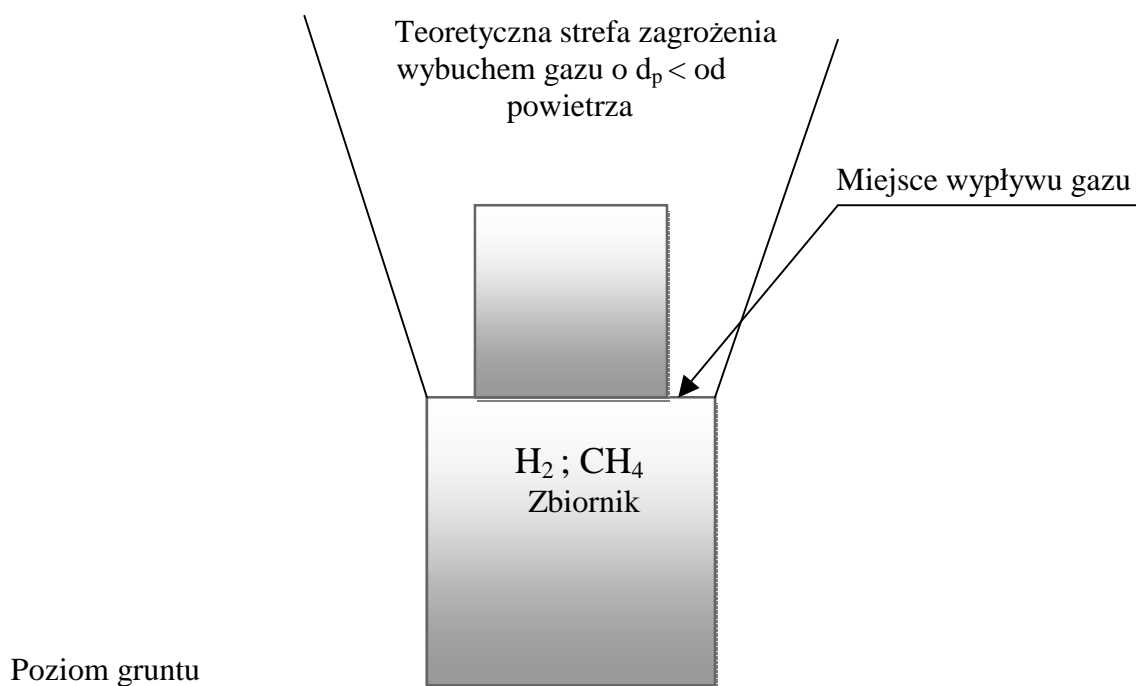
Nazwa substancji	Ciężar cząsteczkowy [g/l]	Gęstość względna
Wodór	2,016	0,07
Metan	16,0	0,55
Amoniak	17,03	0,59
Acetylen	26,0	0,89
Alkohol etylowy	46,1	1,53
Dwusiarczek węgla	76,1	2,62

W zależności od gęstości względnej gazy i pary dzieli się na trzy grupy tabela 3.3.

Tablica 3.3. Podział gazów i par w zależności od gęstości względnej

Gęstość względna	Charakterystyka	
	Gazy	Gazy i pary
< 0,8	unoszące się	-
0,8 do 1,1	rozchodzące się we wszystkich kierunkach	-
> 1,1	-	opadające, pełzające i snujące się

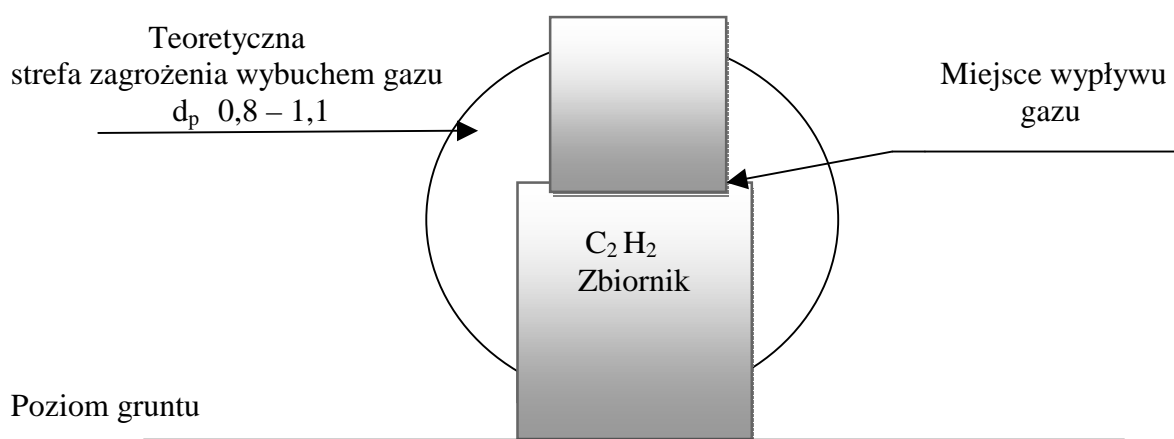
Gazy lżejsze od powietrza (o gęstości względnej mniejszej niż 0,8) unoszą się pod wpływem siły proporcjonalnej do różnicy gęstości gazu i powietrza z prędkością proporcjonalną do pierwiastka kwadratowego aktualnego ciśnienia hydrostatycznego. Unosząc się cząsteczki gazu w bezładnym ruchu dyfundują pomiędzy cząsteczki powietrza i tworzą mieszaninę. Mieszanina ta unosząc się z ciągle malejącą prędkością ulega coraz większemu rozcieńczeniu powietrzem. W określonej odległości od punktu wypływu gazu stężenie jego pozostaje stałe, jeżeli unosząca się mieszanina nie napotka przeszkody lub nie ujdzie do atmosfery.



Rys 3.2.

Rozchodzenie się gazu lżejszego od powietrza

Gazy o gęstości zbliżonej do gęstości powietrza rozchodzą się od punktu wydzielania w dowolnych kierunkach tworząc w przestrzeni strefę kulistą mieszaniny z powietrzem, w której stężenie gazu maleje proporcjonalnie do trzeciej potęgi promienia kuli 'r' (Rys. 3,3.) W razie napotkania przeszkody kulista postać utworzonej mieszaniny ulega spłaszczeniu. Po odbiciu mieszanina tworzy smugę skierowaną prostopadle do tej przeszkody. Pionowa ściana zbiornika powoduje wytwarzanie smugi poziomej rozszerzającej się w przestrzeni w postaci stożka o osi głównej w płaszczyźnie poziomej i podstawie skierowanej prostopadle do kierunku ruchu smugi. Można przyjąć z dużym przybliżeniem, że stężenie gazu w smudze maleje proporcjonalnie do kwadratu odległości od wierzchołku stożka.



Rys. 3.3.

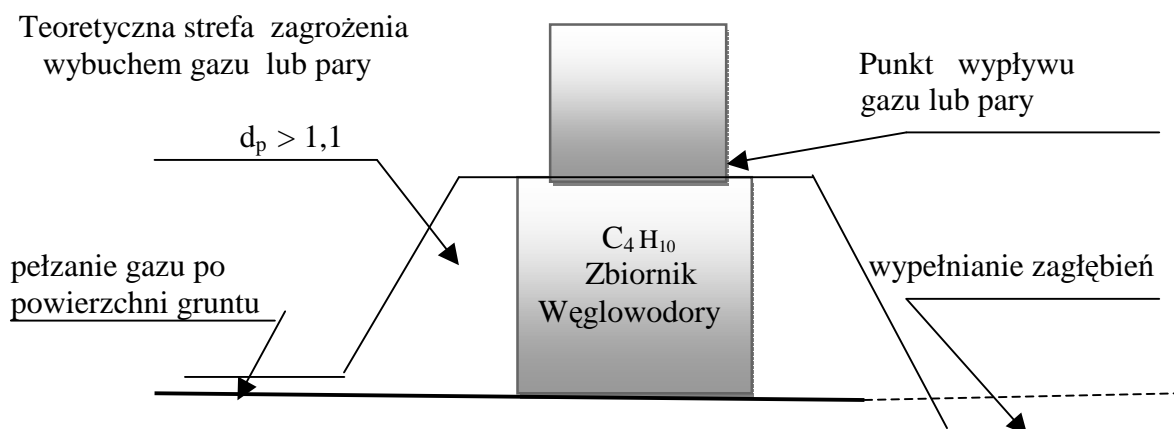
Rozchodzenie się gazu o gęstości zbliżonej do gęstości powietrza

Gazy i pary o gęstości większej od gęstości powietrza mają naturalną zdolność do opadania z prędkością proporcjonalną do różnicy ich gęstości i gęstości powietrza. Opadając i mieszając się z powietrzem wytwarzają one stożek rozszerzający się w dół o kacie wierzchołkowym odwrotnie proporcjonalnym do prędkości opadania. Z chwilą osiągnięcia poziomego gruntu stężenie gazu lub pary w mieszaninie wzrasta na skutek ciągłego dopływu nowych cząsteczek gazu. W pewnej chwili, tuż nad gruntem w środku stożka stężenie gazu lub pary osiąga praktycznie swoje maksimum. Gaz zaczyna się słać i pełznąć po powierzchni

gruntu we wszystkich kierunkach tym dalej im jest cięższy od powietrza. Wskutek tego ma on małą zdolność dyfuzji; jest ona ograniczona tylko do kierunku w górę.

Mimo, że przed osiągnięciem poziomu gruntu kąt stożka jest największy w gazach niewiele cięższych od powietrza po osiągnięciu powierzchni gruntu na skutek zjawiska pełzania promień zasięgu warstwy gazu (pary) tuż nad gruntem rośnie proporcjonalnie do gęstości gazu lub pary. Na skutek rozpełzania się gazów (par) na większej powierzchni gruntu i ich małej lotności wysokość strefy zagrożenia licząc od poziomu gruntu jest tym mniejsza, im substancje te są cięższe od powietrza (Rys 3.4).

Wnioski te należy traktować z dużą ostrożnością z powodu nie uwzględnienia wielu istotnych czynników, które mają zasadniczy wpływ na rozprzestrzenianie się gazów i par w powietrzu. Podział gazów i par w zależności od ich gęstości względnej jest zupełnie umowny i nie ma żadnych podstaw teoretycznych. Mimo to umożliwia on jednak lokalizację największego zagęszczenia czynnika palnego, a zatem największego prawdopodobieństwa powstawania i utrzymywania się mieszanin wybuchowych.



Rys. 3.4.

Rozchodzenie się gazów i par cięższych od powietrza

3.4. Granice wybuchowości

Z obserwacji przebiegu palenia się mieszanin gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem oraz efektów uzyskiwanych podczas tego procesu wynika, że przebieg spalania może być różny w zależności od stężenia czynnika palnego w mieszaninie, temperatury, ciśnienia, impulsu cieplnego, stopnia czystości cieczy lub gazu, rodzaju i formy naczynia lub

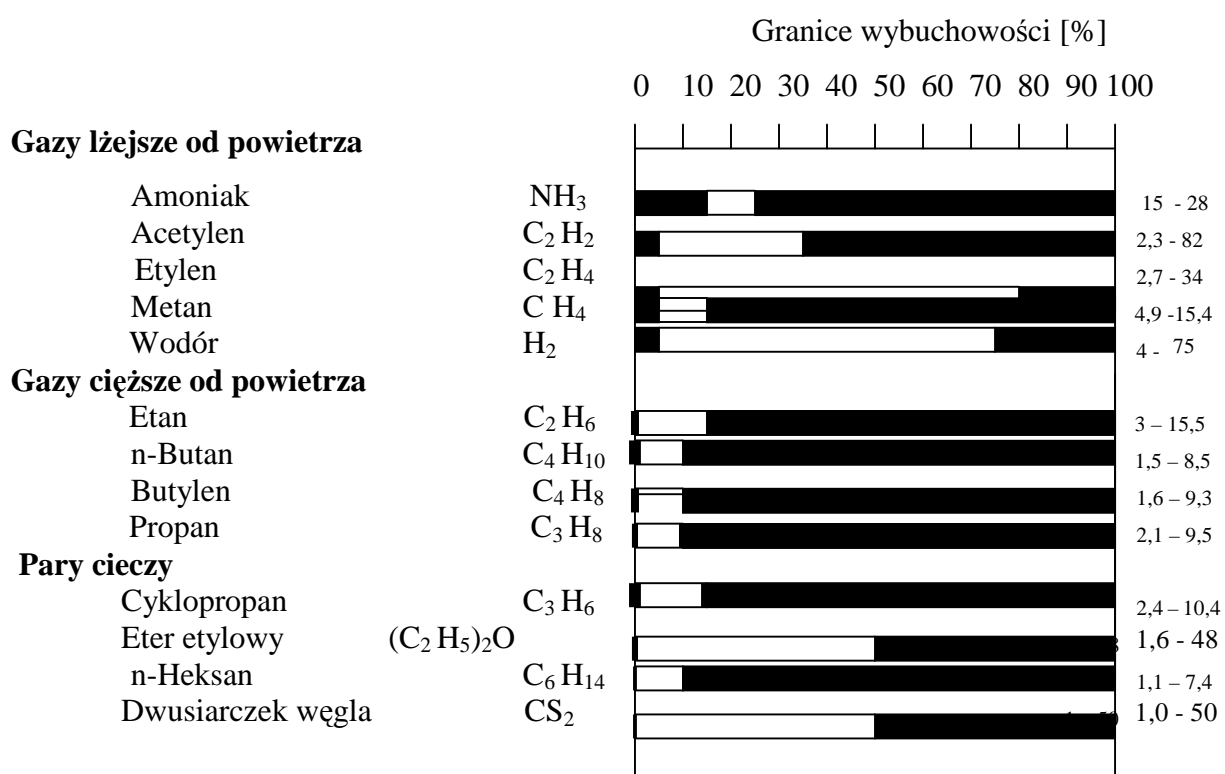
pomieszczenia. W stałych warunkach otoczenia najważniejszym czynnikiem wpływającym na przebieg spalania jest stężenie ciała palnego w mieszaninie z powietrzem.

Przy małych lub bardzo dużych stężeniach czynnika palnego mieszanina nie jest zapalna. Mieszaninę można zapalić powyżej pewnego ściśle określonego dla każdej mieszaniny stężenia minimalnego nazywanego dolną granicą wybuchowości i poniżej stężenia maksymalnego nazywanego górną granicą wybuchowości. Stężenia te wyraża się w procentach objętości, w mg/l lub w gramach na metr sześcienny.

Gdy w mieszaninie z powietrzem zawarta jest dostateczna ilość czynnika palnego (pary cieczy palnej lub gazu palnego) o stężeniu powyżej dolnej granicy wybuchowości i poniżej górnej granicy wybuchowości (tabl.3.2) powstaje tzw. mieszanina wybuchowa.

Mieszanina wybuchowa pod wpływem dostarczonej energii cieplnej zapala się w całej objętości – wybucha.

Tablica 3. 4. Granice wybuchowości wybranych gazów i par cieczy palnych



3.5. Temperatura samozapalenia mieszanin wybuchowych

Najniższą temperaturę, od której rozpoczyna się samorzutny proces palenia się (np. nagrzanego powierzchni stykającej się z mieszaniną wybuchową) bez udziału dodatkowych źródeł energii, np. iskier, łuku elektrycznego lub płomienia nazywa się temperaturą samozapalenia (samozapłonu). Temperatura samozapalenia zależy od bardzo wielu

czynników; wyniki jej pomiaru zależą od metody przeprowadzenia badań. Niemożliwe jest oznaczenie bezwzględnej temperatury samozapalenia - poniżej której samozapalenie mieszaniny wystąpić nie może, a powyżej której występuje niewątpliwie. Można jedynie ustalić (np. w normie) umowną metodę oznaczania temperatur samozapalenia ograniczoną szeregiem warunków badania i tak otrzymaną wartość temperatury samozapalenia uznać za wartość graniczną danej mieszaniny wybuchowej (tabl. 3.5.)

Tablica 3.5. Temperatury samozapalenia wybranych mieszanin wybuchowych

Nazwa substancji	Temperatura samozapalenia [°C]
Amoniak	630
Wodór	580
Aceton	540
Cyklopropan	498
Alkohol etylowy	425
Eter dwumetylowy	350
Furfurol	320
Acetylen	305
Metyloglikol	290
Dwusiarczek węgla	102
fosforowodór	100

3.6. Mieszanki pyłów z powietrzem

Podobnie jak gazy palne i pary cieczy palnych pyły materiałów palnych tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. I w tym przypadku powstanie mieszaniny wybuchowej zależy od stężenia pyłu w mieszaninie (tabl.3.6.) Stężenie pyłów w mieszaninie z powietrzem wyrażane jest w gramach na metr sześcienny lub w mg na dm³.

Tablica 3.6. Charakterystyczne właściwości wybranych mieszanin pyłów z powietrzem

Rodzaj pyłu	Temperatura zapalenia °C		DGW mg/dm ³	Maks. ciśnienie wybuchu MPa
	chmura	warstwa		
Aluminium	650	760	45	0,51
Żelazo	320	310	105	0,29
Cynk	680	460	500	0,34
Kakao	510	200	450	0,48
Żywica fenolowa	580	b.d.	25	0,63
Octan celulozy	470	400	45	0,95
Cukier	370	400	45	0,77

W wielu przypadkach przy analizie zagrożenia wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem może być ważniejsza znajomość temperatury samozapalenia warstwy pyłu

zalegającego na nagrzanej powierzchni niż znajomość temperatury samozapalenia chmury pyłowej. Wynika to z niebezpieczeństwa samozapalenia warstwy pyłu na nagrzanej powierzchni i poderwania chmury pyłowej, która utworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową. Dodatkowo w tak utworzonej chmurze pyłowej znajdują się zazwyczaj rozżarzone cząsteczki pyłu, które natychmiast spowodują jej zapalenie. Dlatego podawane są temperatury samozapalenia zarówno mieszaniny pyłu z powietrzem, jak i temperatury samozapalenia pyłu zleżącego w umownej 5 mm lub w 12,5 mm warstwie.

3.7.. Źródła energii zapalającej

Mieszanina wybuchowa może być zapalona – pobudzona do wybuchu, najrozmaitszymi czynnikami zewnętrznymi, które dostarczą dostateczną energię do zapoczątkowania reakcji. Czynnikiem tych może być wiele działających pojedynczo lub współdziałających, można do nich zaliczyć:

- 1) nagrzane powierzchnie,
- 2) iskry w obwodach elektrycznych,
- 3) wyładowania atmosferyczne,
- 4) wyładowania elektryczności statycznej,
- 5) łuk elektryczny,
- 6) otwarty płomień,
- 7) iskry mechaniczne,
- 8) różnego rodzaju promieniowanie.

Każda iskra wywołana zarówno czynnikami elektrycznymi, jak i mechanicznymi jest nośnikiem energii cieplnej. Największą zdolność zapalenia mieszanin wybuchowych mają iskry elektryczne niezależnie od pochodzenia, bowiem towarzyszy im szereg dodatkowych zjawisk ułatwiających zapalenie mieszaniny, np. jonizacja.

Jednak nie każda iskra elektryczna jest zdolna do zapalenia mieszaniny wybuchowej. Aby mogło nastąpić zapalenie mieszaniny wybuchowej, iskra elektryczna musi mieć pewną minimalną energię, poniżej której zapalenie mieszaniny nie jest możliwe (tablica 3.7.)

Tablica 3.7. Minimalne energie iskier elektrycznych zapalających mieszaniny wybuchowe

Nazwa substancji	Minimalna energia zapalająca mJ
Dwusiarczek węgla	0,009
Acetylen	0,011

Wodór	0,018
Siarkowodór	0,068
Propan	0,22
Aceton	0,25
Butan	0,225
Metan	0,28
Amoniak	6,8

Energia wydzielona w iskrze elektrycznej zależy od szeregu parametrów obwodu elektrycznego, w którym powstaje – od napięcia, natężenia prądu, indukcyjności, pojemności, szybkości przerywania obwodu, materiału elektrod. Znajomość minimalnej energii iskier elektrycznych potrzebnej do zapalenia określonej mieszaniny wybuchowej oraz czynników zwiększających i zmniejszających jej zdolność zapalającą pozwala na konstruowanie urządzeń i obwodów z bezpieczną iskrą (iskrobezpiecznych)..

4. Dyrektywa Atex 94/9/WE

4.1. Cele dyrektywy Atex 94/9/WE

Celem dyrektywy ATEX jest zapewnienie swobodnego przepływu wyrobów, objętych jej postanowieniami na obszarze Unii Europejskiej. Jej zadaniem jest również wyeliminowanie, a przynajmniej zminimalizowanie ryzyka użytkowania niektórych wyrobów w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Z tego względu dyrektywa wprowadza ujednolicone zasady i procedury oceny zgodności.

Zasadnicze wymagania określone w dyrektywie, dotyczące bezpieczeństwa i ochrony zdrowia odnoszą się zwłaszcza do:

- potencjalnych źródeł zapalenia urządzeń przeznaczonych do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem,
- systemów ochronnych, które uruchamiają się samoczynnie po wystąpieniu wybuchu i, których zadaniem jest natychmiastowe powstrzymanie wybuchu lub ograniczenie skutków rozprzestrzeniania się płomieni i ciśnienia,
- aparatury zabezpieczającej, która przyczynia się do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i samodzielnych systemów ochronnych w strefach zagrożonych wybuchem,
- części i podzespołów nie pełniących samodzielnych funkcji, lecz ważnych ze względu na bezpieczeństwo funkcjonowania urządzeń lub systemów ochronnych.

Tylko wyroby objęte wymaganiami dyrektywy 94/9/WE, które są zgodne z jej postanowieniami, mogą być wprowadzane do obrotu na terytorium Unii Europejskiej oraz funkcjonować zgodnie z projektem i przeznaczeniem w przewidzianym środowisku.

Dyrektywa 94/9/WE po raz pierwszy wprowadza zharmonizowane wymagania odnośnie do urządzeń nieelektrycznych, urządzeń przeznaczonych do użytkowania w środowisku potencjalnie zagrożonym wybuchem mieszanin pyłowych oraz systemów ochronnych. Wymagania określone w dyrektywie dotyczą również aparatury zabezpieczającej, przeznaczonej do instalowania poza strefami zagrożonymi wybuchem, która jest wymagana lub przyczynia się do bezpiecznej pracy urządzeń lub systemów ochronnych zainstalowanych w strefach zagrożonych wybuchem. Wymagania te dotyczą zarówno urządzeń elektrycznych, jak i nieelektrycznych.

Postanowienia dyrektywy ATEX dotyczą wyrobów po raz pierwszy wprowadzanych do obrotu zarówno produkowanych w krajach UE, jak i importowanych z poza Unii Europejskiej bez względu na datę i miejsce wytworzenia. Biorąc pod uwagę, że pojęcie „wprowadzania do obrotu” dotyczy wyrobów po raz pierwszy udostępnionych w celu ich dystrybucji i/lub użytkowania w UE Dyrektywa ATEX 94/9/WE obejmuje tylko:

- wyroby nowe produkowane w UE,
- wyroby „jako-nowe”,
- wyroby nowe lub używane importowane z poza Unii Europejskiej,
- wyroby nowe i „jako nowe” oznakowane przez osobę, która nie jest ich pierwotnym producentem.

Wyroby określane pojęciem „jako-nowe”, są to wyroby na tyle zmodyfikowane, że ich właściwości w zakresie bezpieczeństwa, ochrony zdrowia i ewentualnie działania są znacznie zmienione.

Producent odpowiada za zgodność wyrobów z wymaganiami dyrektywy, jeżeli wyroby te podlegają postanowieniom dyrektywy.

4.2. Zakres stosowania dyrektywy ATEX 94/9/WE

Urządzenia

Urządzenie wchodzi w zakres dyrektywy tylko wówczas, gdy jest ono przeznaczone w całości lub w części do użytku w przestrzeni zagrożonej wybuchem.

Urządzenie, w którego wnętrzu może powstać atmosfera wybuchowa z powodu jego konstrukcji, sposobu działania lub z innych przyczyn i może utworzyć atmosferę wybuchową w swoim otoczeniu podlega dyrektywie.

Innym warunkiem podległości postanowieniom dyrektywy jest występowanie w urządzeniu własnego potencjalnego źródła zapalenia.

Według dyrektywy źródłami zapalenia mogą być iskry i łuki elektryczne, wyładowania elektrostatyczne, fale elektromagnetyczne, promieniowanie jonizujące, promieniowanie optyczne nagrzane powierzchnie, płomienie i gorące gazy, iskry wytworzone mechanicznie, reakcje chemiczne, kompresja.

Jeżeli jedynym źródłem elektryzowania elektrostatycznego wyrobów są czynniki związane z procesem technologicznym, to takie wyroby nie są traktowane jako posiadające własne źródło zapalenia i nie wchodzi w zakres dyrektywy 94/9/WE

Urządzenie ma własne potencjalne źródło zapalenia, gdy w czasie pracy w przestrzeni zagrożonej wybuchem zgodnie ze swoim przeznaczeniem i kategorią ochrony przeciwwybuchowej (nawet w czasie wadliwego działania) jest zdolne do zapalenia mieszaniny wybuchowej, jeżeli nie będą zachowane środki bezpieczeństwa. Dlatego urządzenie musi mieć odpowiedni poziom zabezpieczenia.

Potencjalne źródła zapalenia w urządzeniach nieelektrycznych są zazwyczaj spowodowane częściami ruchomymi zdolnymi do wytworzenia nagrzaných powierzchni i iskieł powstałych w wyniku tarcia. Przykładami takich urządzeń są: przekładnie, wentylator, pompy, kompresory, hamulce. Tego rodzaju urządzenia mechaniczne zwykle współpracują z urządzeniem napędowym, najczęściej z silnikiem elektrycznym. Razem wprowadzone do obrotu traktowane są jako „zestaw”.

Urządzenie mechaniczne wyposażone w elementy służące do pomiarów wielkości nieelektrycznych, np. w termoelementy, które wytwarzają bardzo niskie napięcia lub małe prądy i można je uznać za „urządzenia proste” i nie mają żadnych innych części elektrycznych powinny być poddawane procedurom oceny zgodności przewidzianym do urządzeń nieelektrycznych.

W przypadku urządzeń, zawierających urządzenie elektryczne, które można łatwo oddzielić od części nieelektrycznej można zastosować procedury oceny zgodności osobne do części nieelektrycznej, np. pompy. W razie, gdy urządzenie elektryczne zamontowane z urządzeniem nieelektrycznym nie jest urządzeniem prostym, np. silnik napędowy pompy, to taki wyrób jest traktowany jako zestaw.

Trzeba analizować wszystkie potencjalne źródła zapalenia urządzeń objętych postanowieniami dyrektywy.

Urządzenia mechaniczne obracające się z niewielką prędkością, lub do których dostarczana moc jest niewielka mogą nie być zdolne do wytworzenia nagrzaných

powierzchni lub innych źródeł zapalenia, nawet w przypadku rzadko spotykanych uszkodzeń. Producent takiego urządzenia powinien ocenić, czy jest ono zdolne do zapalenia mieszaniny wybuchowej, jeżeli nie, to nie powinno być ono traktowane jako urządzenie ATEX, ani oznakowane zgodnie z dyrektywą 94/9/WE.

Zestawy

Zestaw utworzony z połączenia dwóch lub większej liczby urządzeń razem z innymi niezbędnymi częściami lub podzespołami uznaje się za wyrób podlegający dyrektywie, jeżeli ten zestaw jest wprowadzany do obrotu lub oddawany do użytku jako jeden zespół użytkowy.

Urządzenia takie muszą być instalowane w oparciu o instrukcję w taki sposób aby była zachowana zgodność z dyrektywą bez konieczności przeprowadzania dalszej oceny zgodności.

Gdy zestaw jest utworzony z urządzeń, które były wcześniej wprowadzone do obrotu przez różnych producentów, są zgodne z dyrektywą i odpowiednio oznakowane CE itd. to jego producent może domniemywać zgodność tych urządzeń. Może jednak przeprowadzić własną analizę ryzyka zestawu w odniesieniu do ewentualnie powstałych zagrożeń zapalenia lub innych zagrożeń, które mogą wystąpić w następstwie tego połączenia. W przypadku wykrycia dodatkowych zagrożeń zapalenia konieczne jest przeprowadzenie oceny zgodności zestawu pod kątem tych zagrożeń. Stosując części lub podzespoły, na które były wydane świadectwa zgodności przez ich producenta wykonawca zestawu może domniemywać ich zgodność.

Jeżeli wykonawca łączy w zestaw części i podzespoły nie mające oznakowania CE, lub części i podzespoły nie posiadające świadectwa zgodności, bo części te są wytwarzane przez niego lub uzyskane w celu dalszej obróbki, to nie może on domniemywać ich zgodności, a jego ocena zgodności zestawu powinna obejmować te części. Ocena ryzyka zestawu przeprowadzona przez producenta nie wyklucza przeprowadzenia odpowiedniej procedury oceny zgodności przez jednostkę notyfikowaną.

W celu wyjaśnienia pojęcia „zestawu” w rozumieniu dyrektywy 94/9/WE należy rozpatrzyć następujące przykłady:

- 1) pompa wraz z silnikiem napędowym tworzy wobec zagrożenia zapaleniem pojedyncze urządzenie. Oznacza to, że przy ocenie ryzyka wybuchu pompa i silnik elektryczny nie mogą być analizowane oddzielnie. W takim przypadku cały zespół musi być poddany procedurze oceny zgodności jako urządzenie elektryczne. To samo odnosi się do wentylatora i silnika elektrycznego, jeżeli wentylator jest integralną częścią silnika.

2) Niekiedy pompa i napędzający ją silnik elektryczny mogą być analizowane oddzielnie, mimo że tworzą jeden zespół użytkowy, jeżeli połączenie pompy i silnika nie stwarza dodatkowego zagrożenia zapaleniem. W takim przypadku zespół użytkowy jako całość nie stanowi pojedynczego urządzenia podlegającego dyrektywie. Ze względu na bezpieczeństwo przeciwwybuchowe jest on traktowany jako połączenie pojedynczych urządzeń, na które producent dostarcza oddzielne deklaracje zgodności WE – pompy i silnika elektrycznego. Producent może w przypadku, gdy do tworzenia zestawu są użyte wyroby zgodne z ATEX i oznakowane CE wystawić wspólną deklarację zgodności. Jednak w każdym przypadku producent zestawu powinien przeprowadzić analizę zagrożenia zapaleniem w celu stwierdzenia, że w wyniku połączenia nie zmieniły się właściwości przeciwwybuchowe wyrobów. Gdy taka analiza daje wynik pozytywny tzn., że nie stwierdzono dodatkowego zagrożenia zapaleniem – producent opracowuje dokumentację techniczną, znakuje zestaw znakiem CE i Ex, określa zakres użytkowania zgodny z przeznaczeniem, podpisuje deklarację zgodności WE obejmującą cały zestaw i opracowuje instrukcję bezpiecznego użytkowania tego zestawu. Taki sposób postępowania nie wymaga przeprowadzenia dodatkowej certyfikacji przez jednostkę notyfikowaną.

W przypadku stwierdzenia zagrożenia zapaleniem w wyniku połączenia w zestaw, np. pompy i silnika elektrycznego lub w razie braku wcześniejszej pełnej zgodności komponentów z dyrektywą, taki zestaw musi być poddany pełnej procedurze oceny zgodności odpowiedniej do kategorii.

Systemy ochronne

Systemy ochronne są wyrobami przeznaczonymi do natychmiastowego powstrzymania wybuchu w stadium początkowym lub ograniczenia zasięgu wybuchu. Są one wprowadzane do obrotu jako samodzielne systemy. Przykładami takich systemów są:

- przerywacze płomieni,
- systemy odciążające (wykorzystujące m. membrany rozrywne, panele odciążające, klapy wybuchowe),
- zapory gaszące,
- systemy tłumienia wybuchów.

Zgodnie z przeznaczeniem systemy ochronne są, przynajmniej częściowo instalowane w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Systemy ochronne podlegają dyrektywie niezależnie od tego czy mają własne źródło zapalenia czy nie ze względu na to, że służą do ograniczenia lub eliminacji skutków wybuchu.

Jeżeli systemy ochronne mają własne źródło zapalenia, to muszą spełniać zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia odnoszące się do urządzeń.

Systemy ochronne mogą być wprowadzane do obrotu oddzielnie w celu użycia ich jako samodzielnych systemów (w takich przypadkach muszą być w wymagany sposób certyfikowane i oznakowane) lub jako integralna część urządzeń. Wówczas nie są one traktowane jako samodzielne systemy ochronne. Ich zgodność jest badana wraz z urządzeniem, w które są wbudowane i nie są oddzielnie oznakowane. Zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia odnoszą się również do zintegrowanych systemów ochronnych.

Części i podzespoły

W rozumieniu dyrektywy 94/9/WE części i podzespoły są jednocześnie:

- istotne ze względu na bezpieczne działanie urządzeń i systemów ochronnych w odniesieniu do bezpieczeństwa przeciwwybuchowego
- pozbawione funkcji samodzielnych (gdyby miały funkcje samodzielne, to byłyby uważane za urządzenia lub za systemy ochronne albo za aparaturę).

Niektóre wyroby mogą mieć funkcje samodzielne lub ich nie mieć w zależności od zakresu oceny zgodności przed wprowadzeniem ich do obrotu lub oddania do użytkowania.

Części i podzespoły, które mają być zastosowane w urządzeniach lub w systemach ochronnych, posiadające świadectwo zgodności obejmujące opis ich właściwości oraz instrukcję ich zastosowania w wyrobie, uznaje się za zgodne z odnośnymi postanowieniami dyrektywy. Części i podzespoły Ex określone w normach zharmonizowanych, są częściami i podzespołami w rozumieniu dyrektywy 94/9/WE. Części i podzespoły nie mogą być oznakowane „CE” (nie są urządzeniami) z wyjątkiem przypadków, gdy wymagane jest to przez inne dyrektywy, np. EMC dyrektywa 89/336/EWG. Przykładami części i podzespołów wprowadzanych do obrotu, gdy jest wyraźnie określone ich przeznaczenie do wbudowania w wyroby ATEX, są:

- zaciski,
- zestawy przycisków,
- przekaźniki,
- puste osłony ognioszczelne,
- zapłoniki do świetlówek,
- hermetyzowane przekaźniki i styczniki wraz z zaciskami i połączeniami wewnętrznymi,
- hamulce maszyn przeznaczone jako części składowe urządzeń ATEX,

- zbiorniki ciśnieniowe wypełnione proszkiem tłumiącym wybuch,
- taśmy przenośnikowe do przenośników pyłów palnych,
- niesamodzielne systemy ochronne,

Zgodność części i podzespołów oceniana jest według tych samych kryteriów, jak urządzenia, systemy ochronne i aparaty, w których są zastosowane. Niekiedy częściom i podzespołom może być przypisana kategoria, wówczas mogą one być używane tylko w urządzeniach tej kategorii. Części i podzespoły bez określonej kategorii mają szeroki zakres zastosowań. Części i podzespoły do samodzielnych systemów ochronnych nie mają określonej kategorii podobnie jak same systemy ochronne. Szczegóły zastosowań podawane są w załączonej dokumentacji, np. w świadectwie zgodności.

Wiele części i podzespołów jest wprowadzanych do obrotu z przeznaczeniem ogólnotechnicznym, np. łożyska, uszczelnienia mechaniczne, diody Zenera bez wyraźnego wskazania zastosowania ich w wyrobach przeciwwybuchowych lub systemach ochronnych. Ich zgodność w konkretnych zastosowaniach odnoszącą się do bezpieczeństwa wyrobu, w którym są zastosowane ocenia się w trakcie oceny zgodności tego wyrobu.

Części i podzespoły wprowadzane do obrotu z wyraźnym określeniem stosowania ich w urządzeniach, systemach ochronnych lub aparaturze, np. listwy zaciskowe budowy wzmocnionej, osłony ognioszczelne, skrzynki zaciskowe ognioszczelne lub budowy wzmocnionej, dławice przewodów ognioszczelne powinny być oceniane oddzielnie i powinny mieć świadectwo zgodności.

Aparatura zabezpieczająca, sterująca i regulacyjna

Dyrektywie podlega:

1. aparatura zabezpieczająca, sterująca i regulacyjna, jeżeli przyczynia się lub jest wymagana do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych w środowisku atmosfer wybuchowych,
2. aparatura ta podlega dyrektywie nawet, jeżeli jest przeznaczona do użytku poza przestrzenią zagrożoną wybuchem. Takiej aparatury nie zalicza się do kategorii,
3. zabezpieczające systemy pomiarowo-kontrolne, np. czujniki, logiczne sterowniki programowalne rozumiane jako aparatura zabezpieczająca mogą się w systemach znajdować częściowo wewnątrz stref zagrożonych wybuchem i częściowo poza tymi strefami.

W stosunku do tej aparatury zasadnicze wymagania stosuje się tylko w zakresie niezbędnym do bezpiecznego i niezawodnego jej funkcjonowania w środowisku zagrożonym wybuchem. Przykłady:

- pompa, regulator ciśnienia, akumulator itd. zapewniające dostateczne ciśnienie i przepływ do zasilania systemu hydraulicznego zabezpieczającego,
- zabezpieczenie przetężeniowe silników elektrycznych przeciwwybuchowych Exe (budowy wzmocnionej),
- systemy do kontroli środowiska zainstalowane poza strefami zagrożonymi wybuchem, zawierające czujniki do pomiaru stężeń czynników tworzących mieszaniny wybuchowe w przestrzeni zagrożonej wybuchem, inicjujące działania urządzeń i systemów ochronnych w przypadku stwierdzenia przekroczenia stężeń dopuszczalnych,
- sterowniki zainstalowane w przestrzeniach niezagrażonych wybuchem połączone z czujnikami do pomiaru temperatur, ciśnień, przepływu itp. w strefach zagrożonych wybuchem w celu kontroli procesu technologicznego.

Ze względów bezpieczeństwa i ekonomicznych wskazane jest instalowanie takiej aparatury poza strefami zagrożonymi wybuchem. Jednak niekiedy może to być, ze względów technicznych nieuzasadnione. Wówczas taka aparatura może być traktowana jako urządzenie. Trzeba rozróżnić dwie sytuacje:

- jeżeli aparatura ma własne potencjalne źródło zapalenia, do w stosunku do niej będą miały zastosowanie wymagania odnośnie do urządzeń,
- jeżeli aparatura nie ma własnego potencjalnego źródła zapalenia, to nie można jej traktować jak urządzenie.

Aparatura nie objęta dyrektywą 94/9/WE

- aparatura inna niż aparatura zabezpieczająca, sterująca i regulacyjna
- aparatura, również aparatura zabezpieczająca, sterująca i regulacyjna, która nie jest wymagana i nie przyczynia się do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń w strefach zagrożonych wybuchem
- nawet, jeżeli aparatura zabezpieczająca, sterująca i regulacyjna przyczynia się lub jest wymagana do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń lecz wobec zagrożeń innych niż zagrożenie wybuchem,
- aparatura kontrolna (monitorująca) zapewniająca tylko powstanie sygnału alarmowego bez bezpośredniego sterowania urządzeniem w strefie zagrożonej wybuchem.

Przykłady:

- styczniki, sterowniki logiczne itp. nie pełniące funkcji zabezpieczających wobec zagrożenia wybuchem,
- systemy zraszania wodą do przeciwpożarowej ochrony instalacji,

- drzwi przeciwybuchowe,
- systemy pomiaru stężeń, które alarmują lecz nie mają funkcji sterujących,
- systemy wentylacji awaryjnej działającej po wykryciu dopuszczalnych stężeń czynników palnych.

4.3. Obszary stosowania dyrektywy ATEX 94/9/WE

W dyrektywie 94/9/WE atmosfera wybuchowa jest zdefiniowana jako mieszanina:

- a) substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł lub pyłów, z powietrzem,
- b) w warunkach atmosferycznych¹⁾
- c) w której po zapaleniu płomień rozprzestrzenia się na całą niespaloną mieszaninę (niekiedy, zwłaszcza w przypadku pyłów, nie cały materiał palny jest spalony).

Przestrzenie, w których może wystąpić mieszanina wybuchowa nazywane są „przestrzeniami zagrożonymi wybuchem”

Wyroby objęte dyrektywą 94/9/WE projektowane są i produkowane tylko z przeznaczeniem do tego rodzaju przestrzeni.

Trzeba brać pod uwagę, że wyroby, które są przeznaczone do użytku w atmosferze, która może być wybuchowa lecz nie spełnia jednego lub kilku warunków określonych w punktach a) do c) nie są objęte zakresem dyrektywy. Na przykład:

- wyrób w mieszaninie potencjalnie wybuchowej, bez obecności powietrza nie wchodzi w zakres dyrektywy (chodzi o mieszaniny, w których występuje utleniacz inny niż powietrze, np. chlor)
- wyrób przeznaczony do użytkowania w mieszaninie o ciśnieniu lub temperaturze innych niż atmosferyczne.

Tego rodzaju specjalne procesy wymagają urządzeń specjalnie do nich przystosowanych, ponieważ urządzenia przeznaczone do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w warunkach atmosferycznych mogą w innych warunkach stanowić zagrożenie wybuchem.

4.4. Urządzenia wyłączone z zakresu dyrektywy ATEX 94/9/WE

Postanowień rozporządzenia (dyrektywy) nie stosuje się do:

- aparatury medycznej przeznaczonej do użytku w środowisku medycznym,
- urządzeń i systemów ochronnych, jeżeli zagrożenie wynika wyłącznie z obecności materiałów wybuchowych lub substancji chemicznie niestabilnych,

- urządzeń przeznaczonych do użytku domowego i stosowanych do celów niezarobkowych, jeżeli atmosfera wybuchowa może powstać wyłącznie w wyniku przypadkowego wypływu paliwa gazowego,
- środków ochrony indywidualnej określonych w rozporządzeniu wydanym na podstawie artykułu 9 ustawy z dnia 9 sierpnia 2002r. o systemie oceny zgodności
- statków pełnomorskich i ruchomych platform morskich wraz z ich wyposażeniem pokładowym,
- środków transportu – statków oraz pojazdów i ich przyczep przeznaczonych wyłącznie do transportu osób drogą powietrzną lub siecią transportu drogowego, kolejowego lub wodnego oraz transportu towarów. Wyłączeniu nie podlegają pojazdy przeznaczone do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem,
- wyrobów przeznaczonych do użytku sił zbrojnych i policji oraz podobnych formacji.

Urządzenia wyłączone z postanowień rozporządzenia (dyrektywy) objęte są postanowieniami innych rozporządzeń lub są przedmiotem umów międzynarodowych, których sygnatariuszami są kraje członkowskie Unii Europejskiej w tym Polska.

Przykłady szczególnych urządzeń (wyrobów) nie objętych dyrektywą

Urządzenia „proste”

W przypadku „prostych” wyrobów elektrycznych europejskie normy zharmonizowane pozwalają na prawidłową ocenę efektywności źródeł zapalenia i w rezultacie tego określenie czy mają one być brane pod uwagę jako źródła efektywne, czy nie. Są one szczegółowo omówione przy rozpatrywaniu obwodów iskrobezpiecznych

Większość prostych wyrobów mechanicznych nie wchodzi w zakres dyrektywy, ze względu na to, że nie mają one własnego źródła zapalenia, np. narzędzia ręczne – młotki, klucze, wkrętaki.

Instalacje

Dyrektywa 94/9/WE nie zawiera przepisów dotyczących procesów instalowania.

Generalnie instalowanie urządzeń jest podmiotem wymagań prawnych albo dyrektywy dotyczącej miejsca pracy, albo przepisów krajowych państw członkowskich lub normy zharmonizowanej.

Zestawienia urządzeń i ich instalowania w miejscu użytkowania nie uznaje się za produkcję, wynikiem takiego działania nie jest urządzenie lecz instalacja i nie wchodzi w zakres dyrektywy ATEX.

Instalator musi zapewnić, że poszczególne urządzenia pierwotnie zgodne pozostają nadal zgodne po ich zainstalowaniu i oddaniu do ruchu. Musi on więc stosować się do wszelkich wskazówek producenta. Przykładem takiej instalacji może być obwód składający się z czujnika, przetwornika, bariery ochronnej i zasilacza dostarczonych przez różnych producentów i zainstalowanych na odpowiedzialność użytkownika.

Nie zawsze możliwe jest wyznaczenie wyraźnej granicy między instalacją i zestawem.

W przypadku zestawów i instalacji odpowiedzialność spada na osobę, która wprowadza zestaw do obrotu i na użytkownika końcowego instalacji. Każdy z nich musi opracować dokumentację techniczną wykazując w jaki sposób spełnił odpowiednie przepisy.

4.5. Podział urządzeń i systemów ochronnych na grupy i kategorie

W rozporządzeniu (dyrektywie) ustalono następujące grupy urządzeń i systemów ochronnych elektrycznych i nieelektrycznych, np. mechanicznych, pneumatycznych identyczne, jak w normie PN – EN 60079-0 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Wymagania ogólne.

W dyrektywie ATEX 94/9/WE ustalono podział urządzeń na dwie grupy. W celu podjęcia odpowiedniej procedury oceny zgodności producent musi najpierw określić, biorąc pod uwagę użytkowanie zgodne z przeznaczeniem, do jakiej grupy i kategorii należy zakwalifikować wyrób.

Aparatura wymagana lub przyczyniająca się do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń lub systemów ochronnych (aparatura towarzysząca) musi przejść procedurę oceny zgodności według kategorii tych urządzeń lub systemów ochronnych .

Części lub podzespoły i aparatura mogą być odpowiednie do urządzeń różnych grup i kategorii.

- 1) grupę I – stanowiącą urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w zakładach górniczych, w których występuje zagrożenie metanowe i/lub zagrożenie wybuchem pyłu węglowego,
- 2) grupę II – stanowiącą urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w innych niż zakłady górnicze miejscach zagrożonych wybuchem.

W obrębie tych grup wydzielono kategorie urządzeń i systemów ochronnych.

Grupy te i kategorie dotyczą wszystkich rodzajów urządzeń i systemów ochronnych przewidzianych do instalowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Wyroby grupy I

W grupie I, dotyczącej urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym przeznaczonych do pracy w górnictwie metanowym, wydzielono kategorie urządzeń M1 i M2.

- 1) **kategoria M1** - obejmuje urządzenia zaprojektowane i, w razie potrzeby, wyposażone w specjalne dodatkowe środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego tak, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi określonymi przez producenta, zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia w czasie pracy w atmosferze wybuchowej nawet w przypadku rzadko występującego uszkodzenia; urządzenia tej kategorii charakteryzują się takimi zabezpieczeniami, że:
 - a) w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny środek, zapewni wymagany poziom zabezpieczenia, albo wymagany poziom zabezpieczenia będzie zapewniony w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń,
 - b) źródła zapalenia (w urządzeniu) nie mogą się uaktywnić nawet w przypadku rzadko występujących uszkodzeń; urządzenia te, w miarę potrzeby, wyposaża się w specjalne środki zabezpieczające, które są zdolne do funkcjonowania w atmosferze wybuchowej,
- 2) **kategoria M2** - obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, gwarantując wysoki poziom zabezpieczenia; w urządzeniach tej kategorii producent zapewnia:
 - wyłączenie zasilania w przypadku wystąpienia atmosfery wybuchowej,
 - środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego dające wymagany poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania tych urządzeń oraz w przypadku trudnych warunków ich eksploatacji, szczególnie powstałych wskutek nieostrożnego obchodzenia się z nimi i zmieniających się warunków środowiskowych.

Wymagania w stosunku do urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy I, kategorii M1 i M2 zestawione są w tablicy 4.1.

Tablica 5.1.8.1. Wymagania w stosunku do urządzeń grupy I

Wymagania	Kategoria urządzeń M1	Kategoria urządzeń M2
Poziom zabezpieczenia	Bardzo wysoki	Wysoki

Liczba dopuszczalnych niezależnych uszkodzeń	2 niezależne uszkodzenia	Wyłączenie urządzenia spod napięcia w razie wystąpienia mieszaniny wybuchowej
Liczba niezależnych zabezpieczeń	2 niezależne zabezpieczenia	-

Wyroby grupy II

W grupie II, dotyczącej urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem innych niż kopalnie metanowe, wydzielono kategorie 1, 2 i 3.

- 1) **kategoria 1** obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii:
 - a) są przeznaczone do użytku w miejscach, w których mieszaniny wybuchowe gazów palnych, par cieczy palnych lub pyłów z powietrzem są obecne stale, często lub w długich okresach, czyli w strefach zagrożenia wybuchem 0 lub 20;
 - b) zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia, nawet w przypadku rzadko występujących uszkodzeń i charakteryzują się takimi środkami zabezpieczenia, że:
 - w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny środek, zapewni wymagany poziom zabezpieczenia, albo
 - wymagany poziom zabezpieczenia będzie zapewniony w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń.
- 2). **kategoria 2** obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, zapewniając wysoki poziom zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii:
 - a) są przeznaczone do użytkowania w miejscach, w których występowanie mieszanin wybuchowych gazów palnych, par cieczy palnych lub pyłów z powietrzem jest prawdopodobne czyli w strefach zagrożenia wybuchem 1 lub 21;
 - b) posiadają środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadkach częstych zakłóceń lub uszkodzeń urządzeń, jakie bierze się pod uwagę,

- 3) kategoria 3** obejmuje urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ustalonymi przez producenta, zapewniając normalny stopień zabezpieczenia. Urządzenia tej kategorii:
- są przeznaczone do użytku w miejscach, w których wystąpienie mieszanin wybuchowych gazów palnych, par cieczy palnych lub pyłów z powietrzem jest mało prawdopodobne, a jeżeli wystąpią, to rzadko i w krótkim okresie, czyli w strefach zagrożenia wybuchem 2 i 22;
 - zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania tych urządzeń.

Urządzenia wymienionych kategorii powinny spełniać zasadnicze wymagania określone w rozporządzeniu.

Wymagania w stosunku do urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy II, kategorii 1, 2 i 3 są zestawione w tablicy 4.2.

Tablica 5.1.8.2. Wymagania w stosunku do urządzeń grupy II

Wymagania	Kategoria 1		Kategoria 2		Kategoria 3	
Poziom zabezpieczenia	Bardzo wysoki		Wysoki		Normalny	
Przeznaczenie do pracy w strefie zagrożenia wybuchem	0	20	1	21	2	22
Liczba niezależnych środków bezpieczeństwa	2		środki zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia		środki zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia	
Wymagany poziom zabezpieczenia w razie niezależnych uszkodzeń	Bardzo wysoki poziom zabezpieczenia w razie 2 niezależnych uszkodzeń		Wysoki poziom zabezpieczenia nawet w razie częstych uszkodzeń, jakie bierze się pod uwagę		Normalny poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania	

4.6. Zasadnicze wymagania

Wymagania wspólne

Gdy producent urządzeń przeciwwybuchowych zastosował normy zharmonizowane, dotyczące urządzeń i systemów ochronnych lub jeżeli jest brak norm zharmonizowanych i zastosował normy krajowe, obejmujące jedno lub więcej zasadniczych wymagań, to uznaje się, że urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły są zgodne z wymaganiami rozporządzenia.

Urządzenia i systemy ochronne mogą być zaprojektowane do użytkowania w określonej specyficznej atmosferze wybuchowej. Szczególne przeznaczenie tych urządzeń powinno być wyraźnie oznaczone.

Urządzenia i systemy ochronne mogą być wprowadzane do obrotu i oddawane do użytku tylko wtedy, gdy przy prawidłowym zainstalowaniu, konserwowaniu i użytkowaniu zgodnym z przeznaczeniem nie będą stwarzać zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia osób, zwierząt domowych oraz mienia.

Gdy konieczne jest zapewnienie specyficznych warunków bezpieczeństwa osób użytkujących urządzenia przeciwwybuchowe i systemy ochronne mogą być ustalone inne niż podane w rozporządzeniu wymagania, jednak pod warunkiem, że nie spowodują one konieczności modyfikacji urządzeń i systemów ochronnych w sposób niezgodny z wymaganiami rozporządzenia.

Do obrotu mogą być wprowadzane urządzenia przeciwwybuchowe i systemy ochronne, jeżeli uzyskały pozytywny wynik oceny zgodności, umieszczono na nich oznakowanie CE oraz dołączono do nich deklarację zgodności WE.

Przy projektowaniu i wytwarzaniu urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym i systemów ochronnych należy uwzględniać aktualny stan wiedzy technicznej w tym zakresie.

Urządzenia i systemy ochronne powinny być projektowane zgodnie z zasadami zintegrowanego bezpieczeństwa przeciwwybuchowego. W tym celu producent powinien podjąć działania aby:

- zapobiec, w miarę możliwości, wytworzeniu lub uwalnianiu mieszanin wybuchowych przez urządzenia i systemy ochronne;
- zapobiec zapaleniu mieszaniny wybuchowej uwzględniając charakter każdego źródła zapalenia; elektrycznego lub nieelektrycznego;
- w przypadku powstania, mimo podjętych środków ostrożności, wybuchu, mogącego zagrozić swym działaniem bezpośrednim lub pośrednim bezpieczeństwu osób, zwierząt domowych oraz mieniu natychmiast powstrzymać lub ograniczyć zasięg płomienia i ciśnienia wybuchu do bezpiecznego poziomu.

Wytwarzanie urządzeń i systemów ochronnych powinno być poprzedzone analizą możliwości wystąpienia awarii podczas ich użytkowania. Celem tej analizy jest uniknięcie niebezpiecznych sytuacji podczas użytkowania urządzeń i systemów ochronnych.

Przeprowadzając analizę dotyczącą możliwości wystąpienia awarii należy uwzględnić nieprawidłowości jakie mogą wystąpić podczas użytkowania urządzeń i systemów ochronnych.

Szczególne znaczenie mają właściwości materiałów stosowanych do budowy urządzeń i systemów ochronnych. Przy ich doborze należy przedsięwziąć środki aby

- obciążenia występujące w czasie eksploatacji urządzeń i systemów ochronnych nie mogły spowodować wybuchu,
- w warunkach eksploatacji urządzeń i systemów ochronnych materiały zastosowane do ich budowy nie mogły wchodzić w reakcje ze składnikami atmosfery wybuchowej, które mogłyby ujemnie wpływać na ich stan bezpieczeństwa przeciwybuchowego,
- przewidywalne zmiany ich właściwości i kompatybilności w połączeniu z innymi materiałami nie osłabiły osiągniętego zabezpieczenia, zwłaszcza w zakresie odporności na korozję, zużycie, przewodności elektrycznej, wytrzymałości mechanicznej, starzenia się i skutków zmian temperatury.

Urządzenia i systemy ochronne powinny być wytwarzane zgodnie z wiedzą techniczną w zakresie bezpieczeństwa przeciwybuchowego, tak aby mogły bezpiecznie funkcjonować podczas przewidywanego okresu ich żywotności.

Części i podzespoły przeznaczone do wbudowania w urządzenia przeciwybuchowe lub do wykorzystania jako części zamienne w urządzeniach i systemach ochronnych projektuje się i wytwarza, tak aby po ich zamontowaniu, zgodnie z instrukcją producenta, działały bezpiecznie i realizowały cele zabezpieczenia przeciwybuchowego.

Urządzenia, które w czasie eksploatacji mogą emitować gazy i pary cieczy palnych powinny stanowić układy zamknięte.

Jeżeli urządzenia mają otwory lub nieszczelne złącza, to w miarę możliwości powinny mieć taką konstrukcję, aby emisje gazów lub pyłów nie mogły doprowadzić do powstawania mieszanin wybuchowych na zewnątrz tych urządzeń. Otwory do napełniania i opróżniania urządzeń technologicznych powinny mieć w miarę możliwości, taką konstrukcję i wyposażenie, aby ograniczyć emisję substancji palnych podczas ich napełniania i opróżniania.

Zasadnicze wymagania w stosunku do urządzeń grupy I

Urządzenia grupy I kategorii M1 są tak konstruowane, aby pył węglowy nie mógł wnikać do ich wnętrza. Otwieranie tych urządzeń powinno być możliwe tylko w stanie beznapięciowym lub w warunkach, w których zapewnione jest iskrobezpieczeństwo. Jeżeli w warunkach ruchowych nie ma możliwości wyłączenia tych urządzeń spod napięcia, to producent powinien na ich otwieranych częściach umieścić napisy ostrzegawcze lub zastosować systemy blokujące.

Urządzenia grupy I kategorii M2 powinny być skonstruowane w sposób uniemożliwiający wnikanie pyłu węglowego do ich wnętrza. Urządzenia te wyposaża się w takie środki zabezpieczające, aby ich ewentualne wewnętrzne źródła zapalenia nie uaktywniły się w czasie normalnego ich działania, nawet w trudnych warunkach użytkowania, zwłaszcza wynikających ze zmieniających się warunków środowiska i nieostrożnego obchodzenia się z nimi.

Podstawowym środkiem zabezpieczenia urządzeń kategorii M2 jest samoczynne wyłączenie napięcia w przypadku pojawienia się mieszaniny wybuchowej metanu i pyłu węglowego z powietrzem. Urządzenia te muszą być tak skonstruowane, aby zapewnić bezpieczeństwo od momentu powstania mieszaniny wybuchowej do chwili wyłączenia napięcia.

Urządzenia kategorii M2 powinny być tak skonstruowane, aby ich otwieranie umożliwiające, dostęp do części, które mogłyby być źródłem energii zapalającej było możliwe tylko w ich stanie beznapięciowym. Otwieranie tych urządzeń pod napięciem powinno być uniemożliwione przez blokady elektryczne lub mechaniczne. Jeżeli nie ma możliwości wyłączenia tych urządzeń, to producent umieszcza tabliczkę ostrzegawczą na otwieranych ich częściach. Temperatura powierzchni zewnętrznych urządzeń kategorii M2 powinna być wyraźnie niższa od temperatury zapalenia spodziewanej mieszaniny pyłu z powietrzem.

Zasadnicze wymagania w stosunku do urządzeń grupy II

Urządzenia grupy II kategorii 1, 2 i 3 tak się projektuje i wytwarza, aby w przypadku zagrożenia wybuchem mieszanin gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem ich wewnętrzne źródła zapalenia nie uaktywniły się nawet podczas częstych ich zakłóceń i uszkodzeń.

Urządzenia grupy II kategorii 1, 2 i 3, których powierzchnie w czasie użytkowania mogą się nagrzewać wyposaża się w zabezpieczenia zapewniające, że nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach nie zostanie przekroczona maksymalna dopuszczalna temperatura tych powierzchni. Powinno się także uwzględnić przyrosty temperatury wynikające z akumulacji ciepła i reakcji chemicznych.

Otwieranie tych urządzeń powinno być możliwe tylko w stanie beznapięciowym lub w warunkach, w których zapewnione jest iskrobezpieczeństwo. Jeżeli w warunkach ruchowych nie ma możliwości wyłączenia tych urządzeń spod napięcia, to producent powinien na ich otwieranych częściach umieścić napisy ostrzegawcze lub zastosować systemy blokujące.

W razie umieszczenia elementów, mogących spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej w osłonie ognioszczelnej, to powinna ona wytrzymać ciśnienie powstałe w czasie wewnętrznego wybuchu mieszaniny wybuchowej i zapobiec przeniesieniu się wybuchu do otaczającej urządzenie mieszaniny wybuchowej.

Należy zapobiegać pojawieniu się potencjalnych źródeł zapalenia: iskier, płomieni, łuków elektrycznych, wysokich temperatur powierzchni, energii akustycznej, promieniowania optycznego, fal elektromagnetycznych i innych źródeł zapalenia.

Należy zapobiegać:

- * ładunkom elektrostatycznym powodującym niebezpieczne wyładowania,
- * występowaniu w częściach przewodzących urządzenia prądów błądzących lub upływowych sprzyjających powstawaniu niebezpiecznej korozji, nagrzewaniu powierzchni lub iskrzeniu zdolnemu do zapalenia mieszaniny wybuchowej.

Zasadnicze wymagania w stosunku do urządzeń przeznaczonych do pracy w obecności pyłów

Urządzenia i systemy ochronne kategorii 1, 2 i 3 przeznaczone do pracy w obecności pyłów powinny być tak konstruowane, aby:

- gromadzenie się pyłów na ich powierzchniach było ograniczone,
- warstwy pyłu nagromadzonego na ich powierzchniach nie mogły się zapalić,
- * nie powodowały zapalenia mieszanin, wybuchowych pyłów z powietrzem nawet w przypadku rzadko występujących uszkodzeń.,
- wnikanie do nich pyłów i wydostawanie się z nich pyłów mogło odbywać się tylko w specjalnie do tego celu przewidzianych miejscach w urządzeniu; dotyczy to również wpustów kablowych i elementów przyłączeniowych,
- temperatura powierzchni urządzeń powinna być wyraźnie niższa od temperatury zapalenia warstwy pyłu,
- w związku z akumulacją ciepła należy uwzględniać grubość warstwy pyłów osiadłych na powierzchni urządzeń i systemów ochronnych, a w razie potrzeb stosować środki ograniczające te temperatury,
- otwarcie obudów lub zamkniętych pojemników, które stanowią środek zabezpieczenia przeciwwybuchowego urządzeń i systemów ochronnych było możliwe tylko przy użyciu specjalnych narzędzi lub przy zachowaniu

odpowiednich środków bezpieczeństwa,

Urządzenia grupy II kategorii 3 przeznaczone do pracy w obecności mieszanin wybuchowych pyłów z powietrzem powinny być tak wykonane, aby nie mogły spowodować zapalenia tych mieszanin podczas normalnego ich działania. Urządzenia te, łącznie z wpustami kablowymi i elementami przyłączeniowymi, powinny być budowane z uwzględnieniem granulacji cząstek pyłu, tak aby pył nie mógł tworzyć w ich wnętrzu mieszaniny wybuchowej z powietrzem.

Należy zapobiegać pojawieniu się potencjalnych źródeł zapalenia; iskier, płomieni, łuków elektrycznych, wysokich temperatur powierzchni, energii akustycznej, promieniowania optycznego, fal elektromagnetycznych i innych źródeł energii, a w szczególności:

- ładunków elektrostatycznych zdolnych do wywoływania niebezpiecznych wyładowań,
 - prądów błędzących i upływowych w częściach przewodzących sprzyjających powstawaniu korozji, nagrzewaniu powierzchni lub iskrzeniu zdolnemu do zapalenia mieszanin wybuchowych,
- * nadmiernego nagrzewania wynikającego z tarcia lub uderzeń materiałów stykających się ze sobą podczas wirowania lub przez wniknięcie ciał obcych.

Zasadnicze wymagania w zakresie wyposażenia w aparaturę zabezpieczającą

Urządzenia i systemy ochronne powinny być wyposażone w zintegrowaną z nimi aparaturę pomiarową, sterującą i regulacyjną, zapobiegającą generowaniu w aparaturze fal uderzeniowych lub sprężeń zdolnych do zapalenia mieszaniny wybuchowej.

Urządzenia zabezpieczające aparaturę technologiczną powinny funkcjonować niezależnie od jej wyposażenia pomiarowego i sterującego, niezbędnego ze względów funkcjonalnych.

Przy projektowaniu urządzeń należy przewidzieć środki zapobiegające ich niebezpiecznym przeciążeniom w postaci zintegrowanych z nimi elementów pomiarowych, sterowniczych i regulacyjnych, zwłaszcza takich jak: odłączniki i zabezpieczenia przeciążeniowe, ograniczniki temperatury, wyłączniki sterowane różnicą ciśnień, przepływomierze, wyłączniki czasowe i inne podobne elementy kontrolne.

Urządzenia zabezpieczające powinny uruchamiać bezpośrednio odpowiednie urządzenia wykonawcze, bez pośrednictwa oprogramowania.

Urządzenia i systemy ochronne powinny być bezpieczne w przypadku uszkodzenia urządzeń zabezpieczających.

W czasie projektowania i wykonywania urządzeń i systemów ochronnych powinny być zastosowane odpowiednie środki, umożliwiające, w przypadku uszkodzenia urządzeń zabezpieczających, niezwłoczne wykrycie tych uszkodzeń i ograniczenie do minimum ich negatywnych skutków. Należy stosować zasadę zachowania bezpieczeństwa w przypadku uszkodzenia urządzeń zabezpieczających.

Wyłączniki awaryjne urządzeń zabezpieczających powinny mieć blokady uniemożliwiające ponowne załączenie bez uprzedniego świadomego usunięcia tych blokad.

Urządzenia monitorujące zawartość zanieczyszczeń w powietrzu powinny mieć próg alarmu nastawiony z odpowiednim współczynnikiem bezpieczeństwa w stosunku do dolnej granicy wybuchowości analizowanej atmosfery, z uwzględnieniem warunków funkcjonowania instalacji i możliwych błędów systemu pomiarowego.

W przypadku uruchomienia się systemu wyłączenia awaryjnego, zakumulowane energie powinny być, w miarę możliwości, szybko i bezpiecznie odłączone lub rozproszone, aby nie stanowiły zagrożenia. Nie dotyczy to oczywiście energii zgromadzonej w akumulatorach.

Zasadnicze wymagania do systemów ochronnych

Systemy ochronne powinny mieć takie parametry, aby skutki ewentualnego wybuchu były zredukowane do bezpiecznego poziomu. Systemy ochronne tak się projektuje i rozmieszcza w urządzeniach, aby:

- ewentualny wybuch nie mógł się rozprzestrzeniać na drodze reakcji łańcuchowych lub przez wyrzuty płomieni,
- w przypadku zaniku zasilania podstawowego nadal zachowywały swą zdolność działania przez okres wystarczający do podjęcia akcji ratowniczej,
- działały pomimo zewnętrznych zakłóceń.

Systemy ochronne odporne na wybuch (przewidziane do pracy w czasie wybuchu) powinny być tak wykonane, aby wytrzymały falę uderzeniową bez utraty integralności systemu. Biorąc pod uwagę, że obciążenie systemów ochronnych będzie, w razie wybuchu, przekraczać ich wytrzymałość, urządzenia odciążające nie mogą stanowić zagrożenia dla osób znajdujących się w ich pobliżu.

Systemy tłumienia wybuchów powinny reagować na rozwijający się wybuch w jego najwcześniejszej – początkowej fazie i przeciwdziałać mu skutecznie, z uwzględnieniem maksymalnej szybkości narastania ciśnienia i maksymalnego ciśnienia wybuchu.

Systemy odsprężające, przewidziane do izolowania określonych urządzeń i instalacji powinny tak szybko, jak to jest możliwe, w przypadku wybuchu, zachować zdolność do

zabezpieczenia przed przeniesieniem płomienia oraz swą wytrzymałość mechaniczną w warunkach działania.

Systemy ochronne, powinny być tak zaprojektowane, aby w razie potrzeby było możliwe zintegrowanie ich z przyrządami monitorującymi zanieczyszczenie powietrza umożliwiające odcięcie dopływu substancji niebezpiecznej oraz wyłączenie urządzeń i instalacji, nie mogących działać bezpiecznie.

4.7. Instrukcje montażu i eksploatacji


Do urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym i systemów ochronnych wprowadzanych do obrotu załączane są instrukcje producenta zawierające:

- informacje zamieszczone w oznaczeniu,
- informacje ułatwiające konserwację urządzenia lub systemu ochronnego, zwłaszcza adres osoby wprowadzającej je do obrotu i adres serwisu,
- wytyczne w zakresie bezpieczeństwa w czasie instalowania, oddawania do eksploatacji, uruchamiania, użytkowania, montażu i demontażu, regulacji i konserwacji tych urządzeń i systemów ochronnych,
- informacje umożliwiające określenie czy urządzenie zaliczone do danej grupy i kategorii lub system ochronny mogą być używane bezpiecznie w przewidywanej przestrzeni i warunkach pracy,
- parametry elektryczne i ciśnieniowe, maksymalne temperatury powierzchni lub inne wartości dopuszczalne,
- dodatkowe informacje w koniecznych przypadkach:
 - a) wskazanie obszarów niebezpiecznych, usytuowanych naprzeciw systemów odciążających,
 - b) instrukcje dotyczące szkoleń,
 - c) specjalne warunki używania urządzenia i systemu ochronnego mi. informacje o możliwościach niewłaściwego ich użycia wykazanych **doświadczeniem**,
 - d) charakterystyki narzędzi, jakie mogą być odpowiednie do danego urządzenia lub systemu ochronnego

Do instrukcji dołączane są rysunki i schematy potrzebne do: uruchamiania, konserwacji, kontroli i sprawdzania poprawnego działania oraz naprawy urządzenia lub systemu ochronnego oraz zalecenia dotyczące bezpieczeństwa..

4.8. Oznakowanie urządzeń i systemów ochronnych

Urządzenia i systemy ochronne (elektryczne i nieelektryczne) odpowiadające wymaganiom określonym w rozporządzeniu (w dyrektywie ATEX 100a)) oznaczane są w sposób czytelny i trwały. Oznaczenie powinno zawierać co najmniej:

- 1) nazwę i adres producenta,
- 2) oznaczenie CE,
- 3) serię lub typ urządzenia lub systemu ochronnego,
- 4) numer fabryczny (jeżeli stosowane są numery fabryczne),
- 5) rok produkcji urządzenia lub systemu ochronnego,
- 6) specjalne oznaczenie zabezpieczenia przeciwwybuchowego wyrażające zgodność z dyrektywą ATEX: ,
- 7) symbole grupy i kategorii urządzeń,
- 8) w przypadku urządzeń zaliczonych do grupy II za symbolami grupy i kategorii urządzeń umieszcza się literę „G”, co oznacza, że urządzenie jest przeznaczone do pracy w obecności mieszanin wybuchowych gazów lub par z powietrzem (1G, 2G, 3G) albo literę „D”, co oznacza, że urządzenie jest przeznaczone do pracy w obecności mieszanin wybuchowych pyłów z powietrzem (1D, 2D, 3D).

Tam, gdzie to jest niezbędne, na urządzeniach i systemach ochronnych (np. na urządzeniach elektrycznych) umieszcza się oznaczenia zawierające informacje istotne ze względu na bezpieczeństwo ich użytkowania.

Z prawej strony znaku CE umieszcza się numer identyfikacyjny jednostki notyfikowanej, która uczestniczyła w fazie kontroli produkcji urządzeń i systemów ochronnych.

W przypadku gdy do urządzeń i systemów ochronnych mają zastosowanie odrębne przepisy, które przewidują umieszczenie oznakowania CE, np. dyrektywa niskonapięciowa lub dyrektywa maszynowa, oznakowanie to może być umieszczone, jednak pod warunkiem, że urządzenie lub system ochronny spełniają wymagania tych przepisów. Jeżeli choć jeden z odrębnych przepisów pozwala producentowi na wybór innych przepisów, to oznakowanie CE powinno wskazywać zgodność urządzeń i systemów ochronnych z przepisami, które zastosował producent. W takim przypadku producent podaje szczegółowe dane o zastosowanych przepisach w dołączonych do urządzeń i systemów ochronnych dokumentach, ostrzeżeniach lub instrukcjach, wymaganych przez te przepisy.

4.9. Procedury oceny zgodności

Procedury oceny zgodności urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym powinny być przeprowadzane zgodnie z załącznikiem nr 1 do rozporządzenia .- dyrektywy ATEX [12] i ustawy o systemie oceny zgodności [

Producent urządzeń, systemów ochronnych lub aparatury, albo jego upoważniony przedstawiciel, przed wprowadzeniem ich do obrotu stosuje procedury oceny zgodności określone w załączniku nr 1 do rozporządzenia (dyrektywy) w stosunku do urządzeń zaliczonych do:

- grupy I kategorii M1 i grupy II kategorii 1 – badanie typu WE wraz z zapewnieniem jakości produkcji lub weryfikacją wyrobu,
- * grupy I kategorii M2 i grupy II kategorii 2 w przypadku:
 - a) silników spalinowych i urządzeń elektrycznych – badanie typu WE wraz ze zgodnością z typem lub zapewnieniem jakości wyrobu,
 - b) innych niż wymienione w literze a urządzeń - wewnętrzną kontrolę produkcji oraz przesyła dokumentację techniczną jednostce notyfikowanej, która potwierdza jej odbiór i przechowuje ją,
- grupy II kategorii 3 wewnętrzną kontrolę produkcji.

W stosunku do urządzeń grup I i II producent może, zamiast wyżej opisanych procedur, przeprowadzić weryfikację produkcji jednostkowej.

Producent lub jego upoważniony przedstawiciel, wprowadzający do obrotu części lub podzespoły urządzeń i systemów ochronnych wystawia dla nich świadectwo zgodności potwierdzające ich zgodność, z mającymi do nich zastosowanie wymaganiami określonymi w dyrektywie (rozporządzeniu).

Świadectwo zgodności powinno zawierać:

- charakterystykę części i podzespołów,
- warunki wbudowania części i podzespołów do urządzeń lub systemów ochronnych, aby zapewniły spełnienie zasadniczych wymagań, mających zastosowanie do finalnego wyrobu.

Badanie typu WE jest procedurą umożliwiającą jednostce notyfikowanej sprawdzenie i poświadczenie, że egzemplarz urządzenia reprezentujący przewidywaną produkcję odpowiada wymaganiom określonym w rozporządzeniu.

Producent lub jego upoważniony przedstawiciel składa wniosek o przeprowadzenie badania WE w wybranej przez siebie jednostce notyfikowanej wraz z dokumentacją techniczną i daje do dyspozycji jednostki notyfikowanej reprezentatywny egzemplarz wyrobu nazywany „typem”.

Jednostka notyfikowana bada dokumentację techniczną i sprawdza, czy typ jest wykonany zgodnie z dokumentacją, identyfikuje elementy, które zostały zaprojektowane zgodnie z odpowiednimi normami zharmonizowanymi i bada te części które są zaprojektowane z pominięciem tych norm. Następnie przeprowadza odpowiednie badania i próby w celu stwierdzenia, czy rozwiązania przyjęte przez producenta spełniają zasadnicze wymagania określone w rozporządzeniu, jeżeli nie były zastosowane normy zharmonizowane oraz bada, czy producent prawidłowo zastosował normy zharmonizowane

Jeżeli badania dają wynik pozytywny, jednostka notyfikowana sporządza certyfikat badania typu WE i wydaje go wnioskodawcy.

Certyfikat badania typu WE zawiera co najmniej:

- 1) nazwę i adres producenta,
- 2) wnioski z badań,
- 3) dane niezbędne do identyfikacji zatwierdzonego typu
- 4) warunki jego ważności.

Do certyfikatu jednostka notyfikowana dołącza wykaz istotnych informacji zawartych w dokumentacji technicznej. Jeżeli typ nie spełnia wymagań określonych w rozporządzeniu, jednostka notyfikowana odmawia wydania certyfikatu badania typu WE.

Producent urządzeń lub systemów ochronnych zawiadamia jednostkę notyfikowaną, która wydała certyfikat o wszystkich modyfikacjach i zmianach zatwierdzonego typu, jeżeli mogą one mieć wpływ na brak zgodności z zasadniczymi wymaganiami lub na ustalone warunki użytkowania wyrobu. Dodatkowe zatwierdzenie jest sporządzane jako uzupełnienie do certyfikatu badania typu WE.

Obowiązkiem producenta jest zapewnienie zgodności wyrobu z typem opisanym w certyfikacie badania typu WE i wymaganiami określonymi w rozporządzeniu. Na podstawie certyfikatu producent lub jego upoważniony przedstawiciel wystawia deklarację zgodności i umieszcza na każdym wyrobie znak CE.

Wewnętrzna kontrola produkcji jest procedurą dotyczącą każdego producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela, który sporządza dokumentację techniczną każdego produkowanego urządzenia.

Dokumentacja techniczna powinna być przechowywana przez okres 10 lat od dnia wyprodukowania ostatniego egzemplarza urządzenia.

Dokumentacja techniczna powinna umożliwiać ocenę zgodności urządzenia z wymaganiami określonymi w rozporządzeniu, które dotyczą tego urządzenia, oraz w zakresie niezbędnym do dokonania oceny zgodności, powinna obejmować: projektowanie, wytwarzanie i eksploatację oraz zawierać co najmniej:

- opis ogólny urządzenia,
- projekt koncepcyjny konstrukcji oraz rysunki i schematy elementów, podzespołów i obwodów,
- opisy i wyjaśnienia niezbędne do zrozumienia działania urządzenia, rysunków i schematów,
- wykaz zastosowanych norm zharmonizowanych w całości lub częściowo a w przypadku nie zastosowania tych norm opis rozwiązań przyjętych w celu spełnienia zasadniczych wymagań określonych w rozporządzeniu
- wyniki obliczeń projektowych lub przeprowadzonych badań,
- protokół badań.

Producent lub jego upoważniony przedstawiciel sporządzający dokumentację techniczną zapewnia i oświadcza, że urządzenie spełnia wymagania określone w rozporządzeniu i na każdym egzemplarzu urządzenia umieszcza oznakowanie CE oraz wystawia deklarację zgodności WE. Kopia deklaracji zgodności powinna być przechowywana wraz z dokumentacją techniczną.

Producent podejmuje wszelkie niezbędne działania w celu zapewnienia, że w procesie wytwarzania urządzenia została zachowana jego zgodność z dokumentacją techniczną oraz z wymaganiami określonymi w rozporządzeniu, które go dotyczą.

Producent, zamiast procedur wymienionych w stosunku do urządzeń grup I i II może przeprowadzić weryfikację produkcji jednostkowej.

Weryfikację produkcji jednostkowej przeprowadza jednostka notyfikowana wybrana przez producenta lub przez jego upoważnionego przedstawiciela na jego wniosek. Jednostka notyfikowana w oparciu o przeprowadzone badania i próby umieszcza swój numer identyfikacyjny i wystawia zaświadczenie o zgodności urządzenia lub systemu ochronnego.

Weryfikacja jednostkowa jest procedurą, za pomocą której producent zapewnia i oświadcza, że urządzenie, do którego zostało wydane zaświadczenie spełnia wymagania dotyczące tego urządzenia określone w rozporządzeniu.

Na podstawie uzyskanego zaświadczenia producent lub jego upoważniony przedstawiciel umieszcza znak CE na urządzeniach i wystawia deklarację zgodności WE.

Producent lub jego upoważniony przedstawiciel wprowadzający do obrotu części urządzeń i ich podzespoły wystawia dla nich świadectwo zgodności potwierdzające ich zgodność z mającymi do nich zastosowanie wymaganiami określonymi w rozporządzeniu. Świadectwo zgodności powinno zawierać:

- nazwę lub znak identyfikacyjny producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela oraz ich adres,
- charakterystykę części lub podzespołów,
- warunki wbudowania części urządzeń i podzespołów do urządzeń, aby zapewniały spełnienie zasadniczych wymagań, mających zastosowanie do finalnego urządzenia i systemu ochronnego

Na zakończenie procedur oceny zgodności producent lub jego upoważniony przedstawiciel umieszcza na każdym egzemplarzu wyrobu znak CE potwierdzający zgodność tego wyrobu z przepisami rozporządzenia.

4.10. Zastosowanie dyrektywy 94/9/WE do wyrobów używanych, naprawianych lub modyfikowanych oraz części zamiennych

Wymagania ogólne

Producent wyrobu powinien zdecydować, czy wyrób jest wprowadzany na rynek unijny lub oddawany do użytku po raz pierwszy lub czy zmiany są na tyle duże, że wyrób musi być traktowany jako nowy, a zamiarem producenta lub wynikiem modyfikacji jest wprowadzenie tego wyrobu do obrotu. Jeżeli odpowiedź na te pytania lub ich część jest pozytywna, to wyrób ten całkowicie podlega dyrektywie ATEX 94/9/WE. We wszystkich innych przypadkach dyrektywa nie obowiązuje, a osoba odpowiedzialna musi zapewnić, że zostały zastosowane odpowiednie krajowe lub wspólnotowe przepisy.

Zastosowanie dyrektywy 94/9/WE w stosunku do wyrobów „jak-nowe” nie stanowi naruszenia prawa dotyczącego własności intelektualnej.

Wyrób używany oraz wyrób „z drugiej ręki” jest to wyrób, który był wprowadzony do obrotu w UE przed wejściem w życie dyrektywy 94/9/WE i oddany do użytku na terytorium UE. Wyrób ten był zgodny z obowiązującym wówczas prawem krajowym lub wspólnotowym w zależności od daty wprowadzenia do obrotu.

Dyrektywa ATEX 94/9/WE nie ma zastosowania do tych wyrobów.

Wyroby używane wprowadzone do obrotu i eksploatowane w WE przed datą wejścia w życie dyrektywy ATEX nie [podlegają tej dyrektywie. Wyroby te były oznakowane i eksploatowane zgodnie z przepisami obowiązującymi w tamtym czasie. Przepływ tych towarów w UE następuje zgodnie z artykułem 28/30 Traktatu WE do czasu ich modyfikacji w taki sposób, że stają się „jak-nowe”.

Dyrektywa powinna być stosowana wobec wyrobów używanych importowanych z państw, nie będących członkami Wspólnoty, które są dostępne po raz pierwszy w Unii po 30 czerwca 2003r. w celu dystrybucji lub użytkowania.

Wyroby regenerowane (odnowione)

W rozumieniu dyrektywy ATEX wyroby regenerowane (odnowione) są to wyroby, które były w obrocie i były eksploatowane na terytorium UE ale ich działanie uległo zmianie, np. w skutek starzenia się i zostały zmodyfikowane w celu ich odtworzenia. Jeżeli modyfikacje dotyczyły tylko odtworzenia wyglądu zewnętrznego lub poprawienia jego estetyki bez ingerencji w jego bezpieczeństwo lub działanie, to dyrektywa 94/9/WE nie obowiązuje.

Wyroby o zmienionej konfiguracji

Są to wyroby eksploatowane, które były w obrocie i były użytkowane na terytorium UE, których konfiguracja była zmieniona przez dodanie lub odłączenie jednej lub wielu części (podzespołów). Jeżeli nie były to znaczące modyfikacje, wpływające na funkcjonowanie lub bezpieczeństwo wyrobu, to dyrektywa 94/9/WE nie obowiązuje.

Wyroby znacząco zmodyfikowane.

W rozumieniu dyrektywy 94/9/WE „znacząca modyfikacja” jest to modyfikacja wpływająca na zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia lub wpływająca na integralność budowy przeciwybuchowej. W takim przypadku dyrektywa 94/9/ WE musi być zastosowana.

Jest ogólną zasadą ponowne stosowanie dyrektywy 94/9/WE w stosunku do wyrobów znacznie zmodyfikowanych, jeżeli wyrób ten jest przewidziany do ponownego wprowadzenia do obrotu na terenie WE w celu dystrybucji i użytkowania.

Wyroby naprawione

Wyroby naprawione (po naprawie), są to wyroby, które były uszkodzone i ich funkcjonowanie zostało przywrócone bez nadawania im nowych cech i przeprowadzania modyfikacji, W tym przypadku gdy wyrób był wprowadzony do obrotu i nie jest przeznaczony do sprzedaży jako nowy Dyrektywa ATEX 94/9/WE nie obowiązuje.

Nie przeszkadza to jednak zastosowaniu przepisów krajowych państw członkowskich dotyczących warunków pracy, które mogą wymagać pewnego rodzaju oceny wyrobów naprawianych.

Części zamienne

„Część zamienna” jest to każda część przeznaczona na zamianę uszkodzonych lub zniszczonych części wyrobu wcześniej wprowadzonego do obrotu lub oddanego do użytku na rynku UE. Typową czynnością naprawczą jest wymiana części uszkodzonej, np. łożyska na część zamienną.

Od producenta części zamiennych na ogół nie wymaga się aby części te odpowiadały wymaganiom dyrektywy ATEX, chyba, że części te są urządzeniami lub częściami i podzespołami określonymi w dyrektywie. W takim wypadku wszystkie wymagania określone w dyrektywie powinny być spełnione.

W przypadku, gdy producent oryginalnej części oferuje na jej miejsce nową inną część zamienną ze względu na postęp techniczny, zaprzestanie produkcji wcześniejszych części itp. i jest ona wykorzystana do naprawy, nie wprowadzając w nim znaczących modyfikacji, naprawiony wyrób nie jest przedmiotem oceny zgodności z dyrektywą 94/9/WE, bowiem jako wyrób naprawiony nie jest on wprowadzany do obrotu, ani oddawany do użytku.

5. Ocena zagrożenia wybuchem i zapobieganie wybuchowi

Ocena zagrożenia wybuchem

W obiektach budowlanych i na terenach otwartych, gdzie prowadzone są procesy technologiczne z użyciem materiałów, które mogą utworzyć z powietrzem lub między sobą mieszaniny wybuchowe lub w których materiały takie są magazynowane powinna być przeprowadzona ocena zagrożenia wybuchem.

Mieszanina wybuchowa (atmosfera wybuchowa) jest to mieszanina substancji palnych w postaci gazów, par cieczy palnych, mgieł lub pyłów z powietrzem w normalnych warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu spalanie rozprzestrzenia się na całą nie spaloną mieszaninę, spalaniu temu towarzyszy gwałtowny wzrost ciśnienia.

Oceny zagrożenia wybuchem dokonuje: inwestor, projektant lub użytkownik decydujący o procesie technologicznym. [6].

Ocena zagrożenia wybuchem obejmuje wskazanie miejsc, pomieszczeń i przestrzeni zewnętrznych, w których mogą tworzyć się mieszaniny wybuchowe, wyznaczenie odpowiednich stref zagrożenia wybuchem oraz wskazanie źródeł ewentualnego zainicjowania wybuchu.

Ocenę zagrożenia wybuchem i klasyfikację do odpowiednich stref zagrożenia wybuchem powinien przeprowadzać zespół składający się z odpowiednich specjalistów – technologa odpowiedzialnego za proces technologiczny, specjalistów: ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska i bezpieczeństwa pracy, specjalistów elektryka i inżyniera d/s wentylacji.

Decyzja zespołu przeprowadzającego klasyfikację zagrożenia wybuchem powinna być ujęta w formie dokumentu, który staje się podstawą doboru urządzeń elektrycznych i systemów ochronnych w sklasyfikowanych przestrzeniach.

Ocena ryzyka

W każdej sytuacji przed przystąpieniem do klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem powinna być przeprowadzona ocena ryzyka.

Zasady oceny ryzyka

Zasady oceny ryzyka w oparciu o wytyczne normy PN-EN 1127-1:2009 Atmosfery wybuchowe.-Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem – Część 1. Pojęcia podstawowe i metodologia (oryg) [18]

Ocena ryzyka wybuchu początkowo koncentruje się na:

- prawdopodobieństwie wystąpienia mieszaniny wybuchowej,
- prawdopodobieństwie wystąpienia efektywnych źródeł zapalenia.

Ocena ryzyka powinna być przeprowadzona w odniesieniu do każdego procesu pracy lub procesu produkcyjnego oraz w odniesieniu do każdego stanu funkcjonowania.

Ocena nowej lub istniejącej instalacji powinna być oparta o następujące stany funkcjonowania:

- normalne warunki funkcjonowania łącznie z konserwacją,
- uruchamianie i wycofywanie z eksploatacji,
- nieprawidłowe funkcjonowanie – przewidywane uszkodzenia,
- nieprawidłowe zastosowanie, które może być racjonalnie przewidziane,

Ryzyko wybuchu musi być oceniane całościowo. Trzeba brać pod uwagę następujące czynniki:

- urządzenia stosowane do wykonywania pracy
- cechy charakterystyczne budynków zakładu,

- stosowane substancje – surowce, półprodukty, produkty,
- warunki pracy i parametry procesu,
- wzajemne oddziaływanie wymienionych czynników między sobą i środowiska,

Przy ocenie ryzyka wybuchu muszą być również brane pod uwagę miejsca, które są lub mogą być połączone otworami z miejscami, w których może powstawać atmosfera wybuchowa. Jeżeli atmosfera wybuchowa zawiera eóżner czynniki palne, to na leży uwzględnić to przy ocenie rtzyka wybuchu. Np. obecność mieszanin hybrydowych może znacznie zwiększyć skutki wybuchu.

Metody

Metody właściwe do oceny ryzyka wybuchu dotyczące procesu pracy lub instalacji oparte są na systematycznym podejściu do kontroli bezpieczeństwa zakładu i procesu .Analiza dotyczy istniejących źródeł mieszanin wybuchowych oraz efektywnych źródeł zapalenia, które mogą wystąpić w tym samym czasie i miejscu.

W praktyce zazwyczaj jest wystarczające określenie i ocena ryzyka za pomocą zestawu specyficznych pytań

Kryteria oceny

Aby mógł wystąpić wybuch, mający niebezpieczne skutki muszą być jednocześnie spełnione cztery następujące warunki:

- wysoki stopień rozproszenia substancji palnych,
- stężenie substancji palnych w ramach ich granic wybuchowości,
- niebezpieczna ilość atmosfery wybuchowej,
- efektywne źródło zapalenia

Aby sprawdzić, czy wymienione warunki są spełnione ryzyko wybuchu może być w praktyce ocenione przy postawieniu siedmiu pytań. Pierwsze cztery pytania służą określeniu, czy występuje ryzyko wybuchu i czy środki ochrony przeciwwybuchowej są konieczne. Jedynie udzielenia na nie pozytywne odpowiedzi trzeba rozważyć trzy pozostałe pytania, aby określić, czy proponowane środki ochrony ograniczają ryzyko wybuchu do dopuszczalnego poziomu. Etap ten powinien być przeprowadzony w połączeniu z doborem środków ochronnych i powtarzany , aż do znalezienia całościowego rozwiązania odpowiedniego w danych warunkach.

Przy ocenie ryzyka wybuchu należy pamiętać, że kryteria ochrony przeciwwybuchowej są zazwyczaj ważne tylko w normalnych warunkach atmosferycznych. W warunkach odbiegających od atmosferycznych kryteria bezpieczeństwa mogą się znacznie różnić. Przykłady:

- minimalna energia zapalenia mieszaniny może być znacznie mniejsza przy dużym stężeniu tlenu lub przy wysokiej temperaturze.

- wysokie ciśnienie początkowe powoduje wyższe maksymalne ciśnienie wybuchu i wzrost szybkości jego narastania.

- przy wysokiej temperaturze i wysokim ciśnieniu różnica między granicami wybuchowości (DGW i GGW) zwiększa się. Oznacza to, że dolna granica wybuchowości może się obniżyć, a górna wzrosnąć.

Przed przystąpieniem do klasyfikacji przestrzeni do stref zagrożenia wybuchem powinny być podjęte działania zmierzające do minimalizacji ryzyka wybuchu.

Zapobieganie wybuchowi i ograniczanie jego skutków

Aby mógł powstać wybuch muszą jednocześnie wystąpić: materiał palny w postaci gazu, pary lub pyłu, tlen z powietrza oraz źródło energii zapalającej. Warunek ten prowadzi do podstawowych zasad zapobiegania wybuchowi lub ograniczenia jego skutków. Należą do nich:

a) zapobieganie powstawaniu mieszanin wybuchowych przez

- eliminację z procesu technologicznego lub ograniczenie substancji mogących tworzyć z powietrzem lub między sobą mieszaniny wybuchowe,
- dodanie gazów obojętnych (inertyzacja), np. azotu, dwutlenku węgla, gazów szlachetnych, pary wodnej lub obojętnych substancji proszkowych, np. węgla, wapnia odpowiednich do przetwarzanych materiałów,
- ograniczenie do minimum przenikania na zewnątrz urządzeń technologicznych substancji palnych min. przez odpowiednią ich konstrukcję, dobór materiałów konstrukcyjnych, zabezpieczenie przed uszkodzeniami, pomiary i sygnalizacja stężeń substancji palnych na zewnątrz aparatury, usprawnienie i ograniczenie operacji napełniania i opróżniania,
- usuwanie substancji tworzących mieszaniny wybuchowe przez wentylację. Wentylacja może być stosowana wewnątrz i na zewnątrz urządzeń, części, podzespołów i urządzeń ochronnych. W przypadku pyłów wentylacja stanowi dostateczną ochronę tylko wtedy, gdy pył jest usuwany w miejscu jego powstawania i zapobiega się jego odkładaniu i zaleganiu.

b) zapobieganie powstawaniu jakiegokolwiek efektywnego źródła zapalenia,

c) ograniczenie skutków wybuchu do dopuszczalnych granic przez odpowiednią lokalizację pomieszczeń zagrożonych wybuchem np. na najwyższej

kondygnacji budynku, zastosowanie ochronnych środków konstrukcyjnych, np. lekkich dachów, klap wybuchowych.

Eliminacja lub minimalizacja ryzyka wybuchu może być osiągnięta przez zastosowanie jednego z wymienionych środków lub ich kombinacji. Przede wszystkim zaleca się zapobieganie powstawaniu mieszanin wybuchowych.

Im wystąpienie mieszaniny wybuchowej jest bardziej prawdopodobne, tym musi być zastosowany większy zakres środków ograniczających powstanie efektywnych źródeł zapalenia oraz zastosowanie środków zmniejszających skutki wybuchu.

6. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem

6.1. Wprowadzenie

W celu określenia zakresu środków niezbędnych do uniknięcia efektywnych źródeł zapalenia, miejsca potencjalnie zagrożone wybuchem są klasyfikowane do stref zagrożenia wybuchem.[6]

Pomieszczenia i przestrzenie zewnętrzne określa się jako zagrożone wybuchem, jeżeli może się w nich utworzyć mieszanina wybuchowa powstała z wydzielającej się takiej ilości: gazów palnych, par, mgieł, aerozoli lub pyłów, której wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia przekraczający 5 kPa.

W pomieszczeniach o dużych powierzchniach należy wyznaczać strefy zagrożone wybuchem, jeżeli mogą w nich wystąpić mieszaniny wybuchowe o objętości co najmniej 0,01 m³ w wolnej przestrzeni.

W rozporządzeniu [6] stwierdza się, że „klasyfikację stref zagrożenia wybuchem określa polska norma dotycząca zapobiegania wybuchowi i ochrony przed wybuchem”. Stwierdzeniu temu odpowiadają polskie normy: PN-EN 1127-1 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia [18]; w zakresie klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem, norma PN-EN 60079-10:2003 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10. Klasyfikacja obszarów niebezpiecznych [14, 15] i w zakresie przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów palnych z powietrzem norma PN-EN 61241-10:2005 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego Część 10 Klasyfikacja obszarów, w których występują lub mogą być obecne pyły palne [17]

Normy te są zharmonizowane z dyrektywą Unii Europejskiej 94/9/EC (ATEX 100a.), wprowadzoną do polskiego prawa rozporządzeniem Ministra Gospodarki, Pracy i

Polityki Społecznej z dnia 22 grudnia 2005r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz. U. Nr 263/2005, poz. 2203) [11].

Odnośnie do urządzeń elektrycznych, ale również urządzeń i systemów ochronnych innych niż urządzenia elektryczne podlegających wymaganiom określonym w rozporządzeniu powołane normy stanowią podstawę właściwej klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem do poszczególnych stref zagrożenia i w konsekwencji doboru i instalowania urządzeń przeznaczonych do użytku w tych przestrzeniach.

Podstawą uznania przestrzeni za potencjalnie zagrożoną wybuchem jest przede wszystkim czas emisji i utrzymywania się czynników tworzących z powietrzem mieszaniny wybuchowej i wentylacja.

Przy klasyfikacji przestrzeni do odpowiedniej strefy zagrożenia wybuchem oraz przy doborze urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym trzeba brać pod uwagę:

- właściwości fizyko-chemiczne czynników palnych występujących w danej przestrzeni; zwłaszcza: granice wybuchowości, temperaturę zapłonu w przypadku cieczy, grupę wybuchowości i temperaturę samozapalenia,
- charakter procesu technologicznego;
- możliwości przedostawania się czynników palnych do otaczającej przestrzeni;
- wentylację w klasyfikowanej przestrzeni;
- częstość występowania i przewidywany czas utrzymywania się mieszaniny wybuchowej.

Istnieje szereg prac, przy których a priori zakłada się wystąpienie zagrożenia wybuchem, np. przy malowaniu, lakierowaniu, klejeniu, myciu, suszeniu przy użyciu materiałów, których pary mogą tworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe..

6.2. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych [14,15]

Przestrzenie zagrożone wybuchem mieszanin gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem klasyfikuje się na strefy: 0, 1 i 2 według częstości i czasu występowania gazowej atmosfery wybuchowej (mieszaniny wybuchowej) w następujący sposób:

- **strefa 0** – jest to przestrzeń, w której gazowa atmosfera wybuchowa (mieszanina wybuchowa) występuje ciągle, w długich okresach czasu lub często (ponad 1000 godzin w roku), w czasie normalnych warunków pracy urządzeń technologicznych
W zasadzie warunki takie odpowiadają warunkom występującym we wnętrzach

zbiorników z cieczeniami palnymi, w rurociągach, w reaktorach i innych urządzeniach technologicznych oraz niekiedy w przestrzeniach nad zbiornikami z dachami pływającymi, w kanałach, studzienkach, pod stropami itp.

- **strefa 1** – jest to przestrzeń, w której pojawienie się gazowej atmosfery wybuchowej (mieszaniny wybuchowej) jest prawdopodobne w warunkach normalnej pracy urządzeń technologicznych (w czasie od 10 do 1000 godzin w roku). Strefa ta może obejmować min.:
 - bezpośrednie otoczenie strefy 0,
 - bezpośrednie otoczenie miejsc zasilania surowcami aparatury technologicznej,
 - bezpośrednie otoczenie miejsc napełniania i opróżniania,
 - otoczenie wrażliwych na uszkodzenia urządzeń , systemów ochronnych, części i podzespołów, wykonanych ze szkła, ceramiki, i podobnych materiałów,
 - bezpośrednie otoczenie niewłaściwie zabezpieczonych uszczelnień, np. w pompach, zaworach.
 - wokół dystrybutorów paliw i LPG (gazu płynnego), przy zaworach spustowych, zrzutowych i oddechowych ,
 - miejsca w czasie produkcji lub stosowania cieczy palnych, np. do mycia, czyszczenia, malowania, klejenia,
 - miejsca w czasie przelewania, mieszania, suszenia i innych czynności mogących doprowadzić do wydzielania się gazów palnych, par cieczy palnych, lub aerozoli w ilościach, które mogą w sprzyjających warunkach doprowadzić do powstania mieszaniny wybuchowej,
- **strefa 2** – jest to przestrzeń, w której w warunkach normalnej pracy urządzeń technologicznych pojawienie się gazowej atmosfery wybuchowej jest bardzo mało prawdopodobne. Jeżeli jednak mieszanina wybuchowa rzeczywiście powstanie, to tylko na krótki okres (około 10 godzin w roku). Strefa ta może obejmować min. miejsca otaczające strefę 0 lub 1 oraz pomieszczenia przeznaczone na trwałe pobyt ludzi, w których NDS substancji palnych utrzymywane są za pomocą wentylacji¹

6.3. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych [16, 17]

¹ NDS – najwyższe dopuszczalne stężenie (średnia ważona z 8 godzin).

Pyły palne zalegające na urządzeniach technologicznych i wyposażeniu pomieszczeń, warstwy, zwały i osady pyłowe powinny być traktowane tak samo, jak każde inne źródło, które może być przyczyną powstawania mieszanin wybuchowych pyłów z powietrzem

Przestrzenie zagrożone powstawaniem mieszanin pyłów z powietrzem klasyfikuje się do stref zagrożenia wybuchem: 20, 21 i 22 w zależności od czasu i częstości występowania mieszanin wybuchowych pyłów z powietrzem:

- **strefa 20** - jest to przestrzeń, w której mieszanina wybuchowa w postaci obłoku pyłu palnego w powietrzu występuje stale, długo lub często (ponad 1000 godzin w ciągu roku) w normalnych warunkach pracy urządzeń technologicznych, np. w młynach, sortowniach, kruszarniach, mieszalnikach, w komorach kurzowych, filtrach, cyklonach, w urządzeniach aspiracyjnych w przemysłach chemicznym, spożywczym, farmaceutycznym, obróbki drewna itp.
- **strefa 21** – jest to przestrzeń, w której mieszanina wybuchowa w postaci obłoku pyłu palnego w powietrzu może wystąpić w normalnych warunkach pracy w wyniku poderwania pyłu zleżącego, rozszczelnienia urządzeń produkcyjnych i aspiracyjnych – służących do odsysania i transportu pyłu, przy magazynowaniu, granulowaniu, brykietowaniu i podobnych operacjach technologicznych (w czasie 10 do 1000 godzin w ciągu roku) oraz w sytuacjach wymienionych w opisie strefy 20,
- **strefa 22** – jest to przestrzeń, w której wystąpienie mieszaniny wybuchowej pyłu palnego z powietrzem w normalnych warunkach pracy jest mało prawdopodobne , jednak w przypadku wystąpienia trwa krótko (poniżej 10 godzi w roku). Strefa ta może otaczać, min. miejsca w bezpośrednim sąsiedztwie urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów zawierających pył, z których może dojść do uwolnienia i gromadzenia się pyłu, np. w młynach i innych miejscach wymienionych w charakterystyce strefy 20 i 21.

Strefy zagrożenia wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem wyznacza się we wszystkich kierunkach od miejsca emisji substancji niebezpiecznych. Ich wymiary zależą od rodzaju źródła emisji, parametrów fizyko-chemicznych substancji, rodzaju wykonywanych czynności, rodzaju wentylacji i jej skuteczności, ciśnienia w aparaturze, temperatury itp.

6.4. Wpływ wentylacji przestrzeni zagrożonych wybuchem na ich klasyfikację

Gazy i pary emitowane do otaczającej aparaturę i urządzenia atmosfery tworzą mieszaniny z powietrzem o stężeniach czynników palnych zmniejszających się wraz z odległością od miejsca emisji. Intensywność wietrzenia może mieć istotny wpływ na typ lub wymiary strefy zagrożonej wybuchem.

Rozróżnia się następujące główne typy 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 zapobieżenia powstawaniu mieszanin wybuchowych. Wentylacja naturalna może być również efektywna w budynkach, pod warunkiem występowania w ścianach i sufitach otworów o wystarczających rozmiarach. Na zewnątrz budynków do oceny wietrzenia zazwyczaj zakłada się prędkość wiatru 0,5 m/s choć często przekracza ona 2 m/s. Przykładem wentylacji naturalnej mogą być typowe dla przemysłu chemicznego i petrochemicznego instalacje zewnętrzne 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, kiedy 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, zapobiegać powstawaniu i utrzymywaniu się mieszanin wybuchowych

Wentylacja sztuczna przestrzeni potencjalnie zagrożonych wybuchem musi spełniać następujące warunki:

- powietrze do nawiewu musi być pobierane z przestrzeni zewnętrznych niezagrażonych wybuchem,
- powietrze odciągane z przestrzeni zagrożonych wybuchem musi być wydalane do przestrzeni zewnętrznych niezagrażonych wybuchem z innych przyczyn niż wyrzut zanieczyszczonego powietrza,
- przestrzeń w miejscu wyrzutu zanieczyszczonego powietrza powinna być klasyfikowana do odpowiedniej strefy zagrożenia wybuchem,
- przed przystąpieniem do projektowania wentylacji należy ustalić stopień emisji czynników palnych
- kierunek odciągania i nawiewu powietrza powinien być zgodny z gęstością względną występujących czynników palnych,

Stopnie wentylacji Rozróżnia się następujące trzy stopnie wentylacji:

- a) **wysoki stopień wentylacji** – może redukować 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 (najwyższych dopuszczalnych stężeń),
- b) **średni stopień wentylacji** – może ograniczać stężenie czynnika palnego poniżej dolnej granicy wybuchowości mimo ciągłej emisji zanieczyszczeń i nie dopuścić do tworzenia mieszaniny wybuchowej po ustaniu emisji
- c) **niski stopień wentylacji** – wentylacja nie może ograniczać stężenia czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem w czasie trwania jego emisji oraz nie może zapobiec powstania mieszaniny wybuchowej po ustaniu emisji czynnika palnego.

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

Metodyka obliczania objętości mieszaniny wybuchowej i parametrów wentylacji podana jest w normie [15]

Określenie wpływu stopnia wentylacji na klasyfikację przestrzeni zagrożonych wybuchem

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 niezagrożonych (tablica 5.1.)

Tablica 5.1. Wpływ wentylacji na klasyfikację zagrożenia wybuchem

Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem wpływ wentylacji na typ strefy zagrożonej wybuchem						
Stopień emisji	Wentylacja					
	Stopień wentylacji					
	Wysoki			Średni		
	Dostępność wentylacji					
	Dobra	Średnia	Słaba	Dobra	Średnia	Słaba
Ciągły	strefa 0 NE niezagrożona	strefa 0 NE strefa 2 ^{a)}	strefa 0 NE strefa 1 ^{a)}	strefa 0	strefa 0+ strefa 2 ^{d)}	strefa 0+ strefa 1 ^{d)}
Pierwotny	strefa 1 NE niezagrożona	strefa 1 NE strefa 2 ^{a)}	strefa 1 NE strefa 2 ^{a)}	strefa 1	strefa 1+ strefa 2 ^{d)}	strefa 0+ strefa 1 ^{d)}
Wtórny	strefa 2 NE niezagrożona	strefa 2 NE niezagrożona	strefa 2	strefa 2	strefa 2	strefa 2

a) strefa 0 NE; strefa 1 NE; strefa 2 NE - strefy teoretyczne, mające pomijalne rozmiary w czasie normalnych stanów pracy

b) wtórne źródło emisji może się zamienić w źródło pierwotne lub ciągłe dlatego wymiary spowodowanej przez nie 2 strefy zagrożenia wybuchem powinny być rozszerzone

c) jeżeli wentylacja jest tak słaba, że mieszanina wybuchowa będzie się utrzymywać trwale, to dana przestrzeń powinna być zaliczona do strefy 0 zagrożenia wybuchem

d) + oznacza otoczenie strefą

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 [15] 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.

Stopień wentylacji uważa się za wysoki gdy objętość V_z mieszaniny wybuchowej jest mała lub pomijalna. W takim przypadku w czasie działania wentylacji źródło emisji należy traktować jako nie wytwarzające mieszaniny wybuchowej, co oznacza, że otaczająca je przestrzeń nie jest zagrożona wybuchem. Mimo to mieszanina wybuchowa może powstawać ściśle przy źródle emisji, choć w pomijalnej ilości.

Wysoki stopień wentylacji może być wykorzystywany jedynie jako miejscowa sztuczna wentylacja w sąsiedztwie źródła emisji tylko w niewielkich zamkniętych przestrzeniach ewentualnie przy bardzo małej prędkości emisji. W większości zamkniętych przestrzeni zazwyczaj występuje kilka źródeł emisji.

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 zagrożenia wybuchem 1 lub 2. 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 klasyfikuje 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:

- a) **dobra** – wentylacja funkcjonuje w czasie normalnego stanu pracy urządzeń technologicznych,
- b) **średnia** – wentylacja pracuje stale w czasie normalnego stanu pracy urządzeń technologicznych, przerwy są rzadkie i krótkotrwałe
- c) **zła** – wietrzenie 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 uniemożliwiające 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.

6.5. Kolejność wyznaczania stref zagrożenia wybuchem

Strefy zagrożenia wybuchem, w zależności od warunków, wyznacza się w następującej kolejności:

- strefę 0 - jeżeli istnieją ku temu warunki,
- strefę 1 – wokół strefy 0 oraz wokół odpowietrzeń zbiorników, zaworów oddechowych i wentylacyjnych oraz przy otwartych zbiornikach, reaktorach itp.,
- strefę 2 – wokół strefy 1, w razie braku skutecznej wentylacji, przy występowaniu substancji ogrzanych lub pod ciśnieniem Wokół strefy 2 może być wyznaczona strefa zagrożona pożarem

Podobnie wyznacza się strefy 20, 21, 22. Po strefach 21 i 22 mogą być wyznaczone przestrzenie zagrożone pożarem.

Istnieją również przepisy branżowe zawierające odpowiednią klasyfikację typowych obiektów, np. baz i stacji paliw oraz rurociągów dalekosiężnych.

6.6. Dokumentacja klasyfikacyjna

Dokumentacja klasyfikacyjna powinna zawierać:

- wykaz norm i przepisów,
- rysunki i opis przestrzeni klasyfikowanych, opis procesu technologicznego

- charakterystyki substancji tworzących z powietrzem (z tlenem z powietrza) mieszaniny wybuchowe,
- analizę wpływu wentylacji na stężenia gazów lub par w mieszaninie z powietrzem,
- formularze klasyfikacyjne

7.Urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym

7.1. Urządzenia przeznaczone do stosowania w obecności mieszanin gazowych

Elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym są to urządzenia elektryczne, w których budowie zastosowano środki (rozwiązania konstrukcyjne) zapobiegające zapaleniu otaczającej je mieszaniny wybuchowej.

Urządzenia elektryczne przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem są konstruowane, produkowane, badane i oznakowane zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki (dyrektywą UE Atex 100a), o raz z normami przedmiotowymi dotyczącymi poszczególnych rodzajów budowy przeciwwybuchowej.

W urządzeniach elektrycznych przeznaczonych do pracy w obecności mieszanin gazowych bezpieczeństwo przeciwwybuchowe można osiągnąć następującymi sposobami:

- przez osłonięcie części iskrzących i nagrzewających się (mogących spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej) w taki sposób aby uniemożliwić dostęp do nich mieszaniny wybuchowej,
- przez osłonięcie części iskrzących i nagrzewających się osłoną zapobiegającą przeniesieniu się wybuchu z wnętrza osłony do otaczającej urządzenie mieszaniny wybuchowej,
- przez wykonanie części mogących iskrzyć lub nagrzewać się ze zwiększoną niezawodnością elektryczną i mechaniczną,
- przez wykonanie obwodów elektrycznych w sposób uniemożliwiający powstawanie iskier, łuków elektrycznych i podwyższonych temperatur, mogących zapalić mieszaniny wybuchowe

Urządzenia w osłonie olejowej [26]– urządzenia elektryczne, których wszystkie części mogące spowodować zapalenie otaczającej mieszaniny wybuchowej są tak głęboko zanurzone w oleju lub w innej cieczy izolacyjnej, że powstające iskry, łuki elektryczne, podwyższone temperatury, nie mogą spowodować zapalenia mieszaniny wybuchowej znajdującej się na zewnątrz oleju. Części nie zanurzone w cieczy mają innego rodzaju wykonanie przeciwwybuchowe. Obudowa urządzenia ma zazwyczaj stopień ochrony IP

66. Warstwa cieczy izolacyjnej nad częściami czynnymi urządzenia nie powinna być mniejsza niż 25 mm nawet przy jej możliwym najniższym poziomie.

Urządzenia elektryczne w osłonie cieczonej mogą być tylko w wykonaniu stacjonarnym na prąd przemienny. Urządzenia te przeznaczone są do stosowania w strefach 1 i 2 zagrożenia wybuchem.

Urządzenia w osłonie gazowej z nadciśnieniem [23] - urządzenia elektryczne, w których bezpieczeństwo wobec mieszanin wybuchowych jest osiągnięte przez umieszczenie, wszystkich części, które mogą iskrzyć lub nagrzewać się, w osłonie stale przewietrzanej gazem ochronnym, z nadciśnieniem w stosunku do otaczającej to urządzenie atmosfery lub w osłonie napełnionej gazem ochronnym pozostającym pod stałym nadciśnieniem. Najczęściej stosowanym czynnikiem ochronnym jest czyste powietrze lub inny gaz niepalny. Osłony ciśnieniowe dzieli się na trzy typy:

- px – obniża klasyfikację zagrożenia wybuchem wewnątrz obudowy ciśnieniowej ze strefy 1 do nie zagrożonych wybuchem,
- py – obniża klasyfikację zagrożenia wybuchem wewnątrz obudowy ciśnieniowej ze strefy 1 do strefy 2,
- pz - obniża klasyfikację zagrożenia wybuchem wewnątrz obudowy ciśnieniowej ze strefy 2 do strefy nie zagrożonej wybuchem.

Gaz użyty do przewietrzania lub napełniania osłon (powietrze lub gaz obojętny) nie może zawierać pyłów, gazów i par palnych oraz wilgoci atmosferycznej.

Istnieją dwa rozwiązania konstrukcyjne osłon ciśnieniowych: osłony ciśnieniowe, przez które stale przepływa gaz ochronny z odpowiednim nadciśnieniem oraz obudowy ciśnieniowe z nadciśnieniem statycznym, w których znajduje się odpowiednia ilość gazu ochronnego, aby podtrzymać nadciśnienie i wyrównać ewentualne ubytki gazu.. Temperatura powietrza użytego do przewietrzania nie może być wyższa niż dopuszczalna przy poszczególnych klasach temperaturowych mieszanin wybuchowych.

Powietrze może być pobierane przez rurociągi lub kanały wentylacyjne ze strefy bezpiecznej na zewnątrz przestrzeni zagrożonych wybuchem. Powietrze przewietrzające może być odprowadzane na zewnątrz budynku lub do pomieszczeń nie zagrożonych wybuchem. Otwory wylotowe powinny być zabezpieczone przed przedostawaniem się do instalacji przewietrzającej pyłów i wilgoci..

Temperatury osłon urządzeń ciśnieniowych nie mogą przekraczać temperatur dopuszczalnych dla mieszanin wybuchowych poszczególnych klas temperaturowych. W urządzeniach w osłonach ciśnieniowych włączenie napięcia zasilającego powinno

być poprzedzone wstępnym przewietrzaniem. Wstępne przewietrzanie wykonuje się w celu usunięcia ewentualnej mieszaniny wybuchowej z wnętrza osłony i rurociągów doprowadzających gaz ochronny.

Osłony urządzeń i rurociągi doprowadzające gaz ochronny powinny wytrzymywać 1,5-krotną wartość nadciśnienia roboczego, nie mniej jednak niż 200 Pa. Nadciśnienie robocze gazu ochronnego przy ściankach osłony i rurociągów nie powinno być mniejsze od 50 Pa w osłonach typu px i py oraz 25 Pa w osłonach typu pz. Stopień ochrony obudowy urządzenia i rurociągów powinien wynosić co najmniej IP 40 [tabl.]

Urządzenia z osłoną z nadciśnieniem powinny być wyposażone w zabezpieczenia i blokady:

- przed włączeniem urządzenia pod napięcie zanim osłony i rurociągi będą wstępnie przewietrzone gazem ochronnym w ilości wystarczającej do usunięcia z nich powietrza zanieczyszczonego; ilość powietrza przewietrzającego nie powinna być mniejsza niż pięciokrotna objętość osłony i rurociągów,
- uruchamiające sygnalizację lub wyłączające urządzenie elektryczne spod napięcia w przypadku spadku nadciśnienia poniżej 50 Pa (pz -25Pa).

Czas reakcji blokad na spadek nadciśnienia w obudowie urządzenia i w rurociągach powinien być tak nastawiony, aby uruchomienie sygnału lub wyłączenie urządzenia spod napięcia nastąpiło zanim spadek nadciśnienia osiągnie 25 Pa.

- urządzenie powinno być wyposażone w przyrządy do automatycznej i wizualnej kontroli nadciśnienia.

Osłony gazowe z nadciśnieniem stosuje się do: silników elektrycznych dużej mocy zwłaszcza wysokiego napięcia, szaf rozdzielczych i sterowniczych, kiosków analizatorów i innych urządzeń o dużych kubaturach. .

Urządzenia w osłonach gazowych z nadciśnieniem przystosowane są do instalowania w strefach 1 i 2 Zagrożenia wybuchem.

Urządzenia w osłonie piaskowej [25] -urządzenia elektryczne bez części ruchomych, w których bezpieczeństwo wobec mieszanin wybuchowych jest osiągnięte przez zanurzenie w piasku lub w kulkach szklanych wszystkich części mogących iskrzyć lub nagrzewać się. Zapobiega to zetknięciu z atmosferą wybuchową otaczającą urządzenie elektryczne iskier, łuków i części o podwyższonej temperaturze.

Temperatury zewnętrznych powierzchni obudowy nie mogą przekraczać najwyższych dopuszczalnych temperatur przy poszczególnych klasach temperaturowych mieszanin wybuchowych.

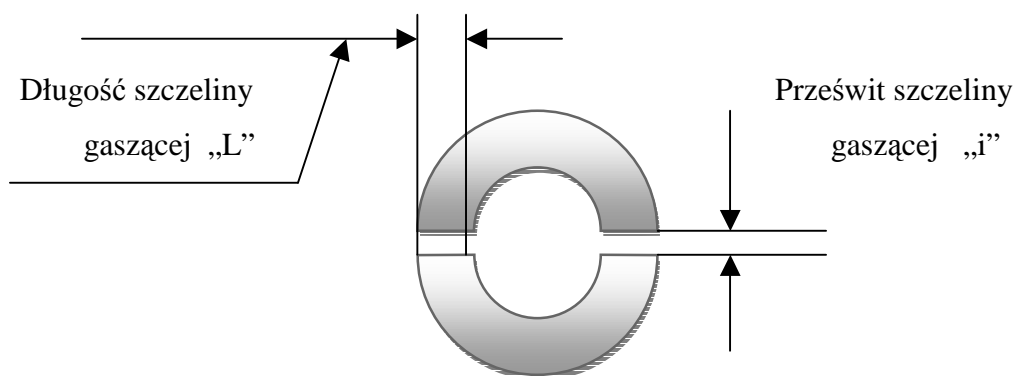
Do wypełnienia obudowy urządzenia elektrycznego stosuje się piasek kwarcowy składający się z SiO_2 nie mniej niż 98,5 % oraz z niewielkich ilości tlenków aluminium, żelaza, wapnia i magnezu lub kulki szklane o odpowiedniej granulacji

Stopień ochrony obudowy powinien wynosić nie mniej niż IP 54, zaś spawów IP67 [tabl. Urządzenia w osłonie piaskowej są fabrycznie napełniane i uszczelniane bez możliwości ich otwierania w czasie eksploatacji bez uszkodzenia obudowy. W przypadku uszkodzenia obudowy lub wewnętrznych części urządzenia musi ono być oddane do naprawy i ponownego napełnienia czynnikiem ochronnym do serwisu fabrycznego i ponownie atestowane (w przypadku urządzeń grupy II, kategorii 2).

Oslonę piaskową stosuje się min. do urządzeń elektronicznych, skrzynek zaciskowych, dławików, transformatorów, prostowników, urządzeń grzejnych. Urządzenia w osłonie piaskowej przeznaczone są do instalowania w strefach 1 i 2 zagrożenia wybuchem.

Urządzenia z osłoną ognioszczelną [22] – urządzenia elektryczne, których wszystkie części mogące wywołać zapalenie otaczającej mieszaniny wybuchowej umieszczone są w osłonie ognioszczelnej tzn. takiej, która bez uszkodzenia wytrzymuje ciśnienie wybuchu powstałego w jej wnętrzu i skutecznie zapobiega przeniesieniu wybuchu na zewnątrz do otaczającej urządzenie elektryczne przestrzeni zawierającej mieszaninę wybuchową.

Ognioszczelność osłony uzyskiwana jest przez zastosowanie szczelin gaszących. Szczelinę gaszącą charakteryzują: długość „L” tj. najkrótsza odległość od zewnętrznej krawędzi szczeliny do wnętrza osłony oraz prześwit „i” tj. odległość między krawędziami szczeliny



Rys. 7.1.
Osłona ognioszczelna

Wielkość prześwitu szczeliny gaszącej określa się przy znormalizowanej jej długości 25 mm.

Działanie szczeliny gaszącej polega na tym, że po wybuchu w jej wnętrzu produkty spalania (gazy spalinowe) i ewentualny płomień, przeciskając się przez szczelinę oddają ciepło jej krawędziom. Ciepło oddane krawędziom szczeliny zostaje rozproszone i temperatura spalin obniżona do wartości mniejszej niż temperatura samozapalenia otaczającej urządzenia mieszanki wybuchowej. Ponadto spaliny wydostające się przez szczelinę gaszącą pod dużym ciśnieniem odsuwają otaczającą mieszaninę od szczeliny gaszącej. Ilość ciepła odbieranego przez krawędzie szczeliny gaszącej musi być tym większa, im większa jest prędkość spalania, im większa jest różnica pomiędzy temperaturą początkową i temperaturą samozapalenia mieszanki wybuchowej.

Szczeliny gaszące muszą mieć odpowiedni prześwit i długość, dostosowane do każdej substancji palnej. W celu stypizowania urządzeń w osłonach ognioszczelnych ograniczono się do trzech zasadniczych typów o różnych wymiarach prześwitów szczelin. Taka typizacja była możliwa dzięki sklasyfikowaniu gazów i par cieczy palnych o zbliżonych właściwościach do trzech klas wybuchowości zależnych od wymiarów prześwitów szczelin klasyfikacyjnych. Szczeliny konstrukcyjne osłon ognioszczelnych są węższe od szczelin klasyfikacyjnych i zależą nie tylko od klasy wybuchowości mieszanki, w obecności, której urządzenia elektryczne mają bezpiecznie pracować, ale również od typu złącza i tzw. wolnej przestrzeni osłoniętej.

Złącza ognioszczelne

Za pomocą szczelin gaszących tworzy się tzw. złącza ognioszczelne.

Złącze ognioszczelne jest to element osłony urządzenia elektrycznego utworzony przez dwie części tej osłony i oddzielającą je szczelinę gaszącą.

Złącza mogą być nieruchome, w których obie powierzchnie szczeliny są względem siebie nieruchome i ruchome, tzn., takie w których jedna powierzchnia szczeliny jest ruchoma w stosunku do drugiej, np. luz średnicowy.

Najczęściej stosuje się złącza ognioszczelne:

- płaskie,
- cylindryczno-kołnierzowe – składające się z części płaskiej i części cylindrycznej,
- cylindryczne,
- kołnierzowe,
- ruchome – luz średnicowy wału w osłonie
- stożkowe – prześwit szczeliny ma wartość stałą mimo tego, że powierzchnie złącza są stożkowe,

- gwintowe – w których szczelina gasząca występuje między zwojami gwintu obu części złącza.

Powierzchnie złącza ognioszczelnego powinny być zabezpieczone przed korozją, przez natłuszczenie, galwaniczne pokrycie lub chemiczną obróbkę. Niedopuszczalne jest malowanie złączy farbą lub lakierem. Nie należy stosować uszczelek, chyba, że dokumentacja wytwórcy przewiduje takie rozwiązanie.

Osłona ognioszczelna może być stosowana do większości urządzeń elektrycznych, np. do silników elektrycznych, skrzynek rozdzielczych, łączników, osprzętu instalacyjnego, elementów opraw oświetleniowych.

Skrzynki zaciskowe silników elektrycznych w osłonach ognioszczelnych powinny być również ognioszczelne, ale norma dopuszcza stosowanie skrzynek zaciskowych budowy wzmocnionej.

Urządzenia elektryczne w osłonach ognioszczelnych przewidziane są do instalowania w strefach 1 i 2 zagrożenia wybuchem.

Urządzenia budowy wzmocnionej „e” [27]– w urządzeniach budowy wzmocnionej bezpieczeństwo wobec mieszanin wybuchowych uzyskano przez ograniczenie do technicznie możliwego minimum prawdopodobieństwa powstawania: iskrzenia, niedopuszczalnego nagrzewania się i ładunków elektryczności statycznej

Urządzenie w wykonaniu wzmocnionym nie może mieć części iskrzących i nagrzewających się w czasie normalnej pracy i w razie uszkodzenia, np. zestyków łączników, szczotek, komutatorów i pierścieni ślizgowych. Temperatury poszczególnych części, nawet w czasie rozruchów i w przypadku zwarć nie mogą przekroczyć temperatur dopuszczalnych dla poszczególnych klas temperaturowych.

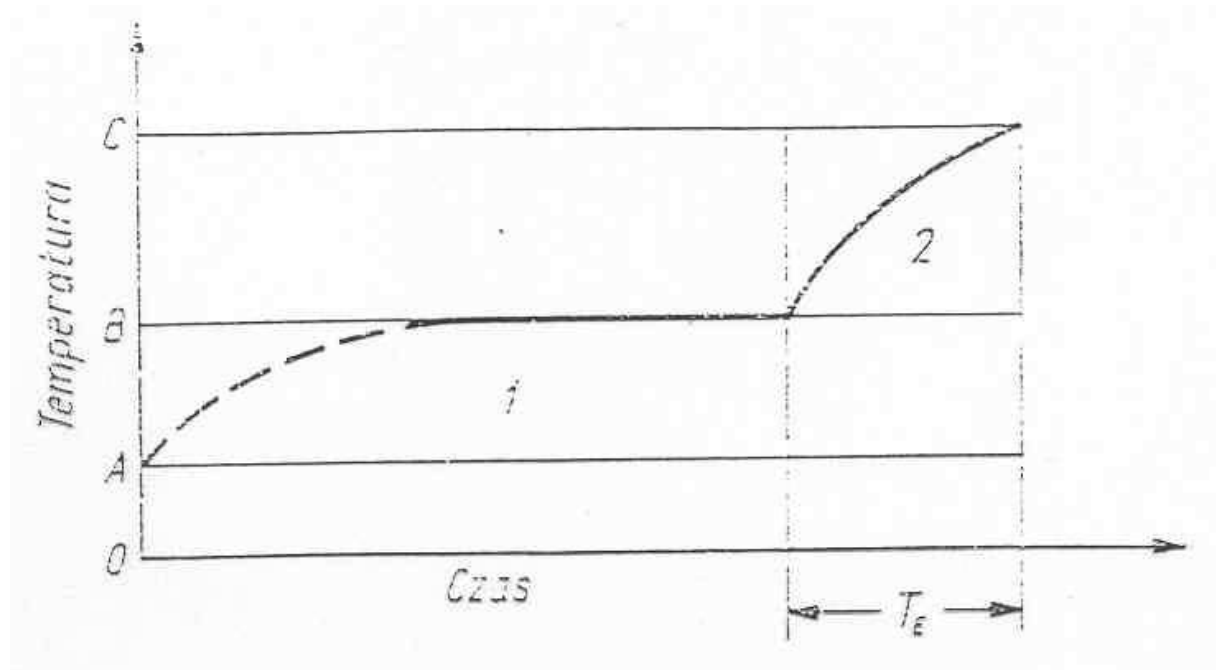
Urządzenia budowy wzmocnionej muszą być wykonane ze zwiększoną pewnością elektryczną i mechaniczną

Części izolowane znajdujące się pod napięciem powinny mieć stopień ochrony co najmniej IP44, części nieizolowane pozostające pod napięciem powinny mieć stopień ochrony co najmniej IP54.

Bardzo istotnym wymaganiem normy w stosunku do silników budowy wzmocnionej jest zachowanie wymaganego czasu nagrzewania t_E . Czas nagrzewania t_E (Rys 7.2.) jest to czas, w którym w uzwojeniu już nagrzanym do ustalonej temperatury, odpowiadającej pracy znamionowej silnika, może płynąć największy prąd występujący w czasie eksploatacji, np. prąd rozruchu, prąd przy zahamowanym wirniku – bez przekroczenia granicznych dopuszczalnych temperatur.

Temperatura graniczna jest to maksymalna dopuszczalna temperatura urządzeń lub ich części równa niższej z następujących dwóch temperatur:

- najniższej dopuszczalnej temperatury samozapalenia mieszaniny wybuchowej,
- maksymalnej dopuszczalnej temperatury dla klas zastosowanych materiałów izolacyjnych'



Rys. 7.2.

Przebieg nagrzewania uzwojeń silnika elektrycznego

T_E – czas nagrzewania powyżej temperatury ustalonej. A – najwyższa temperatura otoczenia (zazwyczaj 40°C), B- temperatura ustalona przy pracy ciągłej w warunkach znormalizowanych, C- temperatura graniczna wg. PN-EN 60079-7, 1- obszar przyrostu temperatury w warunkach znamionowych, 2-obszar przyrostu temperatury w warunkach przeciążeniowych.

Wskazane jest, aby czas nagrzewania przy zwartym i zahamowanym wirniku wynosił 10 s, lecz nie może on być krótszy od 7 s – w maszynach niskiego napięcia i 5 s w maszynach wysokiego napięcia. Zachowanie tego wymagania zależy nie tylko od konstrukcji silnika, ale również od doboru właściwych zabezpieczeń. Trzeba brać pod uwagę, że temperatury uzwojeń izolowanych muszą być niższe niż temperatury dopuszczalne dla poszczególnych klas temperaturowych mieszanin wybuchowych, w których obecności urządzenie może bezpiecznie pracować, zależy również od klasy izolacji uzwojeń.

Uzwojenia silników klatkowych powinny być chronione czujnikami temperatury przed przekroczeniem temperatur dopuszczalnych w czasie pracy. Szczególną uwagę należy zwrócić na zabezpieczenia silników zasilanych z przemiennikówczęstotliwości.

Miejsca połączeń torów prądowych, np. połączenia przewodów zasilających z zaciskami, zapewniają trwałą styczność w praktycznych warunkach pracy – z uwzględnieniem nagrzewania, wstrząsów i zmian zachodzących w materiałach izolacyjnych i przewodzących..

Obciążanie materiałów izolacyjnych z wyjątkiem ceramicznych, siłami ściskającymi jest niedopuszczalne. W razie przenoszenia nacisku przez materiały ceramiczne na zestyki trzeba brać pod uwagę różną rozszerzalność termiczną części ceramicznych i metalowych. Jeżeli prąd jest przewodzony przez gwint, nacisk na powierzchnie, biorące udział w przewodzeniu prądu, nie może być zmniejszony wskutek rozszerzalności termicznej lub przez inne czynniki.

W urządzeniach konstrukcji wzmocnionej dopuszczone są następujące sposoby łączenia przewodów:

- zabezpieczone połączenia śrubowe i nity, połączenia karbowane, stożkowe i klinowe,
- miękkie lutowanie, ale tylko w przypadku, gdy poza lutowaniem połączenie jest dodatkowo zabezpieczone, np. tulejką,
- twarde lutowanie,
- spawanie.

Zaciski do przyłączania przewodów zasilających do urządzenia konstrukcji wzmocnionej powinny być umieszczone w skrzynce zaciskowej w osłonie ognioszczelnej lub budowy wzmocnionej. Do przyłączania przewodów zasilających mogą być stosowane jedynie zaciski śrubowe.

Śruby i nakrętki służące do mocowania końcówek przewodów powinny być zabezpieczone przed samoodkręceniem się (np. wskutek wstrząsów) przez zastosowanie podkładek sprężynujących lub przeciwnakrętek. Nakrętki mocujące śruby stykowe nie mogą być wykorzystywane do mocowania przewodów zasilających. Części zacisków powinny być tak ukształtowane, aby można było w łatwy sposób wprowadzać do nich przewody jednodrutowe i wielodrutowe (linki) bez konieczności używania końcówek kablowych. Nie można stosować zacisków konstrukcji powodującej, że przewody cisną bezpośrednio na przewody, konstrukcji powodującej skręcanie przewodów lub zmieniającej ich kształt lub zacisków mających małe powierzchnie naciskowe i ostre krawędzie.

Konstrukcję wzmocnioną stosuje się najczęściej w silnikach elektrycznych zwartych,

w oprawach oświetleniowych transformatorach i przekładnikach, przyrządach pomiarowych, akumulatorach i rozrusznikach.

Urządzenia z zabezpieczeniem typu „n”[31] - urządzenie elektryczne, w którym ze względów konstrukcyjnych i zasady działania, zjawiska mogące spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej są ograniczone.

Urządzenia z zabezpieczeniami typu „n” dzieli się na podtypy:

- a) ExnA – urządzenia nieiskrzące,
- b) ExnC - urządzenia iskrzące,
- c) ExnR - urządzenia w szczelnej obudowie ograniczającej wnikanie do niej, w określonym czasie, mieszaniny wybuchowej,
- d) ExnL - urządzenia o ograniczonej energii.
- e) ExnP - urządzenia z uproszczonym układem przewietrzania.

ExnA - urządzenia nieiskrzące o ograniczonej możliwości powstawania iskier, łuków elektrycznych i gorących powierzchni w czasie normalnej eksploatacji (nie dotyczy to regulacji i wymiany elementów pod napięciem), np silniki zwarte, bezpieczniki, skrzynki zaciskowe, oprawy oświetleniowe, przetworniki.

ExnC – urządzenia iskrzące ze stykami osłoniętymi w taki sposób, że nie mogą zetknąć się z mieszaniną wybuchową; osłony zestyków podobne do osłon ognioszczelnych lub zalania masą izolacyjną.

ExnR – urządzenia w obudowach ograniczających przenikanie gazów i par do ich wnętrza..

ExnP – urządzenia zamknięte w obudowach o uproszczonym przewietrzaniu, np bez przewietrzania wstępnego, bez odprowadzania powietrza na zewnątrz pomieszczeń, z nadciśnieniem lecz spadek ciśnienia nie powoduje natychmiastowego wyłączenia napięcia.

ExnL – urządzenia o ograniczonej energii – konstrukcja zbliżona do urządzeń Iskrobezpiecznych.

Urządzenia z zabezpieczeniem typu „n” przeznaczone są do stosowania wyłącznie w strefie 2 zagrożenia wybuchem.

Zabezpieczenie urządzeń za pomocą iskrobezpieczeństwa „i” [1]. W dotychczas omówionych konstrukcjach przeciwybuchowych urządzeń elektrycznych stosowane są środki zapobiegające zetknięciu się mieszaniny wybuchowej z częściami urządzeń

elektrycznych, które mogą iskrzyć lub nagrzewać się oraz środki ograniczające temperaturę części stykających się z mieszaninami wybuchowymi.

Zasady, na których oparte jest działanie urządzeń elektrycznych z bezpiecznym iskrzeniem, tzw. urządzeń iskrobezpiecznych są zupełnie inne. Budowa urządzeń iskrobezpiecznych, a właściwie obwodów iskrobezpiecznych, bo pojedyncze urządzenie nie może być iskrobezpieczne, gdy pozostałe elementy obwodu nie są iskrobezpieczne, polega na takim doborze parametrów obwodu (napięcia, prądu, indukcyjności i pojemności), aby zjawiska termiczne zachodzące w obwodzie nie mogły w określonych warunkach zapalić otaczających mieszanin wybuchowych. Dotyczy to zarówno normalnych warunków pracy, jak i przypadków uszkodzeń, które są możliwe do przewidzenia (z którymi należy się liczyć) oraz uszkodzeń występujących bardzo rzadko, trudnych do przewidzenia, z którymi można się nie liczyć.

W normie PN-EN 60079-11 [28] obwód iskrobezpieczny jest zdefiniowany jako obwód, w którym żadna iskra lub zjawisko cieplne występujące w warunkach opisanych w normie, które obejmują normalne warunki pracy urządzeń i obwodów i zdefiniowane nienormalne warunki pracy, nie są zdolne do zapalenia mieszaniny wybuchowej (atmosfery wybuchowej) gazów palnych lub par cieczy palnej z powietrzem.

Norma definiuje trzy warunki, jakie musi spełniać urządzenie lub obwód iskrobezpieczny:

- niezdolność iskier do zapalenia mieszanin wybuchowych,
- utrzymanie temperatur powierzchni na poziomie odpowiadającym poszczególnym klasom temperaturowym,
- separacja od innych obwodów elektrycznych.

Powyższe definicje i wymagania sugerują, że w obwodzie iskrobezpiecznym mogą występować iskry i powierzchnie o podwyższonej temperaturze, ale nie mogą osiągnąć niedopuszczalnych wartości.

Za stan normalny urządzenia lub obwodu iskrobezpiecznego uważa się zachowanie w tym obwodzie wszystkich parametrów elektrycznych odpowiadających zaprojektowanym wartościom znamionowy, Zwarcie lub przerwę obwodu zewnętrznego oraz iskrzenie zestyków łączników uważa się za stan normalny. Przeciwnie za stan nienormalnej pracy uważa się takie uszkodzenie urządzenia lub obwodu, które powoduje zmiany parametrów elektrycznych przekraczające zaprojektowane wartości znamionowe.

Minimalna energia iskry W_{\min} jest zdefiniowana jako najmniejsza energia elektryczna zgromadzona w kondensatorze, która przy jego rozładowaniu jest wystarczająca do zapalenia mieszaniny wybuchowej.

$$W_{\min} = 0,5 \times [(U_1)^2 - (U_2)^2]$$

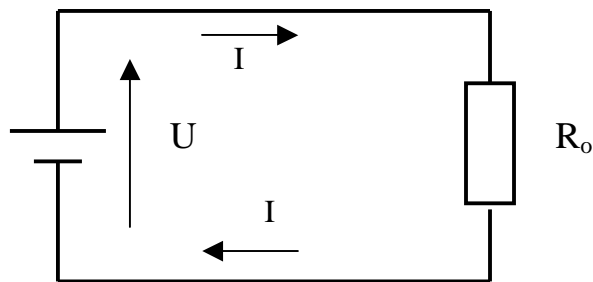
Gdzie:

C – pojemność obwodu wyładowania,

U_1, U_2 – napięcia na kondensatorze przed i po wyładowaniu.

Oprócz energii iskry elektrycznej powstającej w obwodzie elektrycznym obwód ten charakteryzują: minimalny prąd zapalający – minimalny prąd w obwodach rezystancyjnych lub indukcyjnych, powodujący zapalenie probierczej mieszaniny wybuchowej oraz minimalne napięcie zapalające – minimalne napięcie obwodów pojemnościowych, powodujące zapalenie probierczej mieszaniny wybuchowej w iskierniku.

Zasadę działania obwodu iskrobezpiecznego można wyjaśnić w oparciu o prawo Ohma (rys 7.3.)



Rys 7.3.

Przypuśćmy, że obwód jest zasilany ze źródła o stałym napięciu. Teoretycznie źródło to mogłoby spowodować przepływ prądu od 0 do nieskończoności. Zgodnie z prawem Ohma:

$$I = U/R_o$$

Moc P na rezystancji obciążenia R_o wynosi:

$$P = U \times I$$

W prostym obwodzie elektrycznym rezultatem wydzielonej energii na rezystancji obciążenia R_o jest wzrost temperatury zależny od jej fizycznych właściwości - masy, powierzchni, temperatury otoczenia, intensywności chłodzenia Energia zapalająca iskry elektrycznej jest określana empirycznie. Metody badań opisane są w normie PN-EN 60079-11 [28]

Stosowane są dwie metody ograniczania iskry w obwodzie elektrycznym:

- przez zmniejszenie napięcia zasilającego,
- przez zmniejszenie prądu I w obwodzie za pomoc zwiększenia rezystancji R_o .

W obwodzie elektrycznym mogą występować rezystancje, indukcyjności i pojemności.

Energia zgromadzona na tych elementach obliczana jest wg zależności:

- na indukcyjności

$$W = \frac{1}{2} LI^2 \text{ [J]}$$

Gdzie:

L- indukcyjność w henrach, I prąd w amperach

- na pojemności

$$W = \frac{1}{2} CU^2 \text{ [J]}$$

Gdzie:

C – pojemność w faradach, U napięcie w woltach

Energia wydzielona na rezystancjach w postaci ciepła jest rozpraszana.

Każde źródło energii w obwodzie iskrobezpiecznym powinno być zbadane w celu upewnienia się, że nie jest zdolne do zapalenia otaczającej mieszaniny wybuchowej Gdy w obwodzie iskrobezpiecznym jest wiele źródeł energii to najprawdopodobniej nastąpi kumulacja energii – powinno to być każdorazowo zbadane (oszacowane)

Bezpieczeństwo urządzeń iskrobezpiecznych osiąga się w wyniku ich naturalnych właściwości lub budowy.

Wpływ napięcia i prądu w obwodzie elektrycznym na właściwości iskier elektrycznych zapalających różne mieszaniny wybuchowe bada się empirycznie. Badania te doprowadziły do określenia maksymalnej dopuszczalnej wartości napięcia zasilającego i prądu w obwodzie iskrobezpiecznym. Obejmują one poziom napięcia i prądu w obwodzie rezystancyjnym, poziom prądu w obwodzie z indukcyjnością i poziom napięcia w obwodzie z pojemnością.

Występują trzy rodzaje urządzeń elektrycznych i obwodów iskrobezpiecznych:

i_a – nie powodujące zapalenia mieszanin wybuchowych w następujących przypadkach:

- w normalnym stanie pracy i w razie wystąpienia uszkodzeń niezliczanych²², które stwarzają najbardziej niekorzystne warunki,

²² Uszkodzenie niezliczane jest to uszkodzenie występujące w częściach urządzenia elektrycznego nie objętych wymaganiami określonymi w normie

- w normalnym stanie pracy oraz przy wystąpieniu jednego uszkodzenia zliczanego³ oraz tych uszkodzeń niezliczanych, które stwarzają najbardziej niekorzystne warunki,
- w normalnym stanie pracy i przy wystąpieniu dwóch uszkodzeń zliczanych oraz tych uszkodzeń niezliczanych, które stwarzają najbardziej niekorzystne warunki,
- i_b - nie powodujące zapalenia mieszanin wybuchowych w następujących przypadkach:
 - w normalnym stanie pracy i przy wystąpieniu tych uszkodzeń niezliczanych, które stwarzają najbardziej niekorzystne warunki,
 - w normalnym stanie pracy i przy wystąpieniu jednego uszkodzenia zliczanego oraz tych uszkodzeń niezliczanych, które stwarzają najbardziej niekorzystne warunki.
- i_c - nie powodujące zapalenia mieszanin wybuchowych w normalnych warunkach pracy.

Urządzenia proste

Obok urządzeń iskrobezpiecznych występują tzw. urządzenia proste, należą do nich:

- części i podzespoły bierne, np. przełączniki, skrzynki zaciskowe, potencjometry i proste elementy półprzewodnikowe,
- części magazynujące energię o ściśle określonych parametrach, np. kondensatory lub cewki indukcyjne,
- urządzenia wytwarzające energię, np. termoelementy, fotoogniwa o parametrach nie przekraczających – napięcia $U \leq 1,5 \text{ V}$, prądu $I \leq 100 \text{ mA}$ i energii $W \leq 25 \text{ mW}$.

Poszczególne urządzenia proste nie muszą być certyfikowane, wystarczające jest ich odpowiednie oznakowanie. Jeżeli urządzenie proste stanowi część obwodu, w którym występują inne elementy, to całość musi być certyfikowana.

Oddzielenie obwodów iskrobezpiecznych od innych obwodów

W przeciwieństwie do innych urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym, w których w większości przypadków bezpieczeństwo uzyskuje się przez niedopuszczenie do zetknięcia mieszaniny wybuchowej z częściami iskrzącymi i nagrzewającymi się, obwody iskrobezpieczne chronione są przed dopływem z zewnątrz energii, mogącej zniszczyć ich iskrobezpieczeństwo. Jednym z urządzeń chroniących obwody iskrobezpieczne przed dopływem energii zakłócającej są bariery ochronne.

³ Uszkodzenie zliczane jest to uszkodzenie występujące w częściach urządzenia elektrycznego, odpowiadających wymaganiom określonym w normie

Separacja galwaniczna

Separacja galwaniczna jest jedynym sposobem oddzielenia obwodów iskrobezpiecznych od obwodów nieiskrobezpiecznych stosowanym w urządzeniach towarzyszących, np. w separatorach- zasilaczach. Obecnie separacja stosowana w separatorach zapewnia oddzielenie galwaniczne między obwodem wejściowym i wyjściowym oraz zazwyczaj oddziela galwanicznie oba obwody od źródła zasilania. Takie oddzielenie pozwala na uniknięcie niekorzystnych sprzężeń między różnymi obwodami powodowanymi wspólnym uziemieniem.

Barьеры ochronne

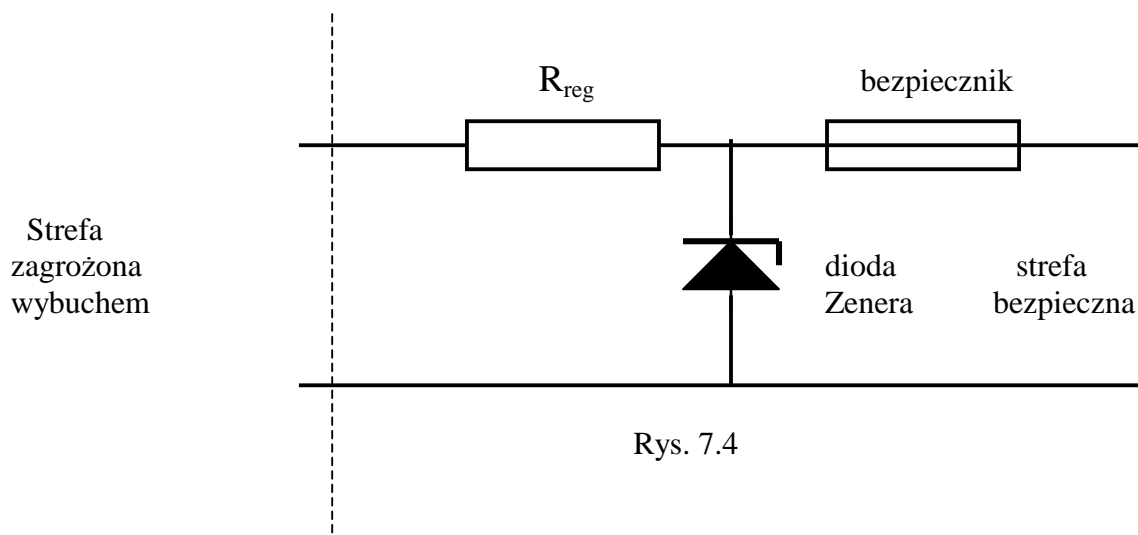
Barьеры ochronne zaliczane są do urządzeń towarzyszących Stanowią one interface bez galwanicznej izolacji pomiędzy iskrobezpieczną częścią obwodu elektrycznego i nieiskrobezpieczną (iskro niebezpieczną lub mogącą stać się iskro niebezpieczną) Instaluje się je w obwodzie w miejscu jego wejścia do strefy zagrożonej wybuchem. Jeżeli barьеры ochronne zawierają obwody nie iskrobezpieczne, to instaluje się je najczęściej w przestrzeni bezpiecznej lub niekiedy w strefie 2 zagrożenia wybuchem pod warunkiem zastosowania dodatkowej ochrony przeciwwybuchowej, np. osłony ognioszczelnej.

Zadaniem barьеры ochronnych jest ograniczenie:

- napięcia z obwodu zewnętrznego do strefy zagrożenia wybuchem,
- prądu w obwodzie,
- energii uszkodzonego źródła zasilania,

Układ pokazany na rysunku 7.4. Jest prostym zestawem elementów współpracujących w celu ograniczenia energii – napięcia i prądu, przepływającej do części obwodu iskrobezpiecznego w strefie zagrożonej wybuchem. Zadaniem diody Zenera jest stabilizacja napięcia na ustalonej wysokości tzw. napięcie Zenera U_z .

Układ taki nazywany jest barьерą ochronną (często niesłusznie „barьерą Zenera”).



Dioda Zenera włączona jest w poprzek obwodu - równolegle (jako bocznik) iskrobezpiecznej części obwodu w strefie zagrożonej wybuchem. W celu ograniczenia napięcia zasilającego tę część obwodu do wartości akceptowalnej wykorzystuje się jej właściwości stabilizujące napięcie.

Przy polaryzacji diody w kierunku przewodzenia tzn. gdy anoda jest dodatnia w stosunku do katody dioda Zenera pracuje, jak normalna dioda typu *pn*. Znaczne przewodzenie diody wystąpi gdy napięcie polaryzacji przekroczy wartość progową U_p - zazwyczaj 0,6 – 0,7 V. Jest to zakres omowy diody i prąd jest prawie liniowo zależny od napięcia. Poniżej wartości progowej napięcia diody prąd jest niewielki.

Przy polaryzacji diody w kierunku zaporowym – tzn. gdy katoda ma potencjał dodatni w stosunku do anody przez diodę płynie niewielki prąd wsteczny I_R . Prąd ten zachowuje prawie stałą wartość aż do czasu gdy napięcie wsteczne osiągnie krytyczną wartość napięcia przebicia, nazywanego „napięciem Zenera” U_Z . W tym momencie prąd wsteczny gwałtownie wzrasta. W obszarze Zenera napięcie na diodzie nieznacznie się waha, ale w większości zastosowań praktycznych jest wystarczająco stałe. Pozwala to, jak już było powiedziane, na użycie diody Zenera do stabilizacji napięcia w różnych układach, np. na wyjściu bariery ochronnej.

Gdy napięcie na diodzie osiągnie wartość napięcia Zenera wówczas rezystor włączony do obwodu ogranicza prąd płynący w tym obwodzie. Napięcie wejściowe ze źródła zasilania powoduje przepływ prądu przez diodę Zenera i stratę mocy w postaci wydzielającego się ciepła (nagrzania się diody).

Gdy napięcie diody wzrośnie do wartości maksymalnej na skutek uszkodzenia źródła zasilania U_{max} wówczas maksymalny prąd I_{max} , który mógłby płynąć do strefy zagrożonej wybuchem jest ograniczany przez rezystor ograniczający, zgodnie z zależnością V_{max}/R_o . Jest to nazywane charakterystyką (opisem) bezpieczeństwa bariery. Charakterystyka bezpieczeństwa bariery definiuje napięcie obwodu otwartego U_o/o i prąd obwodu zwartego I_o/z występujący w strefie zagrożonej wybuchem. Te wielkości muszą mieć wartości nie przekraczające wartości określonych w normie –pod warunkiem prawidłowego zastosowania współczynnika bezpieczeństwa. Mogą one być wyrażone jako napięcie i prąd i/albo

rezystancja. Typowy przykład opisu bezpieczeństwa bariery ochronnej: 28 V, 93 mA i 300 Ω . Pomiedzy dioda Zenera i źródłem zasilania włączony jest bezpiecznik topikowy. Jego zadziałanie wystąpi w razie przeciążenia diody Zenera.

Napięcie Zenera na diodzie, zasilające obwód iskrobezpieczny i prąd o wartości dopuszczalnej, płynący w tym obwodzie utrzymują się w czasie normalnego stanu pracy obwodu i w czasie nienormalnego stanu jego pracy. Gdy dioda Zenera będzie przeciążona i popłynie przez nią prąd przeciążeniowy wówczas następuje zadziałanie bezpiecznika i wyłączenie obwodu spod napięcia, zapobiegające uszkodzeniu diody przez prąd przeciążeniowy.

Układ pokazany na rys. 7.4.. nie dopuści do dopływu do obwodu iskrobezpiecznego w strefie zagrożonej wybuchem energii, mogącej spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej w czasie normalnego i nienormalnego stanu jego pracy. Można więc powiedzieć, że bariera ochronna jest swego rodzaju stabilizatorem napięcia zasilającego obwód iskrobezpieczny w strefie zagrożonej wybuchem. Dioda Zenera, bowiem ograniczy napięcie źródła zasilania w razie jego podwyższenia w wyniku uszkodzenia. Napięcie i prąd występują do czasu zadziałania bezpiecznika i usunięcia uszkodzenia. W przypadku braku bezpiecznika w razie przeciążenia diody mogłoby nastąpić jej przegrzanie i uszkodzenie. Bezpiecznik jest zainstalowany między diodą Zenera i źródłem zasilania po to aby w przypadku przepływu prądu przeciążeniowego przez diodę wyłączył napięcie zanim nastąpi jej uszkodzenie.

W normalnych warunkach bariera ochronna (bierna) wprowadza do obwodu iskrobezpiecznego rezystancje szeregowę, występującą między wejściem i wyjściem. Rezystancje te składają się zazwyczaj z rezystancji rezystora ograniczającego i rezystancji bezpiecznika. Bezpieczniki o małych prądach znamionowych mogą mieć znaczne wartości rezystancji wynoszące do kilkudziesięciu omów. Rezystancje te są często określane terminem angielskim „end to end resistance” Rezystancje te stanowią część rezystancji obciążenia obwodu.

Niekiedy w tzw. biernych barierach ochronnych stosowany jest elektroniczny układ ograniczający prąd w obwodzie. Układ ten musi być zasilany z zewnętrznego źródła prądu. Prąd wyjściowy jest równy prądowi płynącemu w obwodzie iskrobezpiecznym. Tego rodzaju bariery ochronne są nazywane „barierami aktywnymi” lub z angielska „Semi-active barriers”.

Diody Zenera w barierze ochronnej ograniczającej napięcie zasilające obwód iskrobezpieczny i nieuszkodzalny rezystor ograniczający prąd przepływający w obwodzie są

stosowane jako interfejsy pomiędzy obwodem iskrobezpiecznym i obwodem iskro niebezpiecznym, lub mogącym stać się iskro niebezpiecznym i powinny podlegać rutynowym badaniom wg. wytycznych normy [28].

Uziemienie barier ochronnych

Układ pokazany na rysunku 7.4.. zapewnia ograniczenie energii obwodu iskrobezpiecznego w strefie zagrożonej wybuchem w przypadku każdego uszkodzenia źródła zasilania w przestrzeni bezpiecznej. Należy zwrócić uwagę na uziemienie bariery (połączenie bieguna ujemnego bariery z przewodem ochronnym źródła zasilania) W tym układzie następuje bezpośrednie połączenie bariery ochronnej z uziemieniem źródła zasilania. Połączenie to stanowi drogę powrotną prądu płynącego przez diodę Zenera podczas gdy główny prąd będzie wykryty i wyłączony przez bezpiecznik.

Przewód uziemiający barierę ochronną powinien mieć przekrój co najmniej 4 mm^2 .

Niezawodność elementów barier ochronnych

Bezpieczeństwo obwodu iskrobezpiecznego zależy od jakości elementów bariery ochronnej, ograniczających napięcie i prąd w obwodzie, w którym są zainstalowane. W konsekwencji ich uszkodzenia obwód staje się niebezpieczny. Im wyższej jakości elementy są zastosowane, tym jest mniejsze niebezpieczeństwo zainicjowania wybuchu. Elementy te muszą więc być tzw. „częściami nieuszkodzalnymi”.

Części nieuszkodzalne lub ich zespoły są to takie części lub ich zespoły, których prawdopodobieństwo uszkodzenia, występujące w czasie użytkowania lub magazynowania jest tak małe, że nie jest brane pod uwagę. Części nieuszkodzalne łączone są między sobą połączeniami drutowymi lub drukowanymi nieuszkodzalnymi tzn. takimi, których prawdopodobieństwo uszkodzenia w czasie użytkowania lub magazynowania jest tak małe, że nie bierze się go pod uwagę.

W razie uszkodzenia diody Zenera – powstania przerwy, będzie zniszczone połączenie bocznikujące obwód iskrobezpieczny w strefie zagrożonej wybuchem i na obwód ten będzie podane pełne napięcie ze źródła zasilania (w skrajnym przypadku nawet 230 V). Opornik ograniczający będzie w dalszym ciągu ograniczać prąd w obwodzie ale będzie on znacznie większy niż w stanie normalnym diody.

W celu uniknięcia skutków uszkodzenia diody Zenera w barierze ochronnej stosuje się ich redundancję przez równoległe połączenie trzech diod. Alternatywnie w układach o poziomie ochrony IIA mogą być użyte tylko dwie diody specjalnej budowy zapewniającej ich nieuszkodzalność. Diody powinny być poddawane rutynowym badaniom. W tym przypadku tylko uszkodzenie jednej diody bierze się pod uwagę.

Wymagania w stosunku do diod Zenera stosowanych w barierach ochronnych sformułowane są w normie PN-EN 60079-11.[28] Zazwyczaj moc ich wynosi 5 W i mają specjalną nieuszkodzalną konstrukcję. W przypadku zwarcia napięcie na diodzie powinno spaść do 0.

Oporniki ograniczające prąd w obwodzie powinny być wykonane z nawiniętego drutu oporowego lub z taśm oporowych lub w postaci drukowanej. Wymagania takie wynikają z charakterystyk wskazujących, że uszkodzenia powodują wzrost ich rezystancji.

Bezpieczniki powinny być bezpiecznikami wielkiej mocy z reguły ceramicznymi wypełnionymi piaskiem kwarcowym. Tego rodzaju konstrukcja zapobiega wyparowaniu elementu topikowego w chwili zadziałania bezpiecznika i tworzeniu się ścieżek przewodzących powodujących powstawanie łuków i iskier wewnątrz bezpiecznika.

W układzie złożonym z trzech elementów – opornika ograniczającego, diody Zenera i bezpiecznika w przypadku uszkodzenia którychkolwiek dwóch komponentów obwód pozostaje bezpieczny. Wszystkie te komponenty uważane są za nieuszkodzalne. Prawdopodobieństwo uszkodzenia każdego z nich jest szacowane jako jedno na 10^{16} w ciągu roku. Wewnętrzne połączenia powinny być wykonane jako nieuszkodzalne.

Wymagania w stosunku do wykonania bariery są określone w normie. Obejmują one przede wszystkim: dopuszczalną stratę mocy, dopuszczalny przyrost temperatury w strefie bezpiecznej oraz warunek wcześniejszego zadziałania bezpiecznika zanim nastąpi uszkodzenie diody Zenera w wyniku niedopuszczalnego wzrostu natężenia, przepływającego przez nią prądu.

Staranne zaprojektowanie bariery ochronnej i właściwy dobór jej elementów powinny zapewnić prawidłową transmisję sygnału bez zakłócenia jego właściwości i prawidłową pracę całego obwodu iskrobezpiecznego.

Bariery ochronne nie mają wykonania przeciwwybuchowego; powinny być traktowane jak urządzenia towarzyszące i powinny być instalowane poza strefami zagrożonymi wybuchem.

Urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną [35] – urządzenia elektryczne, których części iskrzące i nagrzewające się są zalane masą izolacyjną uniemożliwiającą zapalenie, znajdującą się na zewnątrz urządzenia, mieszaniny wybuchowej. Rozróżnia się trzy poziomy ochrony przeciwwybuchowych urządzeń hermetyzowanych masą izolacyjną:

- poziom „ma”,
- poziom „mb”,
- poziom „mc”.

Poziom „ma” ochrony przeciwwybuchowej zapewnia bezpieczne użytkowanie urządzeń elektrycznych hermetyzowanych masą izolacyjną zarówno w czasie normalnej ich pracy, przy zaistniałych możliwych do przewidzenia uszkodzeniach oraz przy rzadko występujących uszkodzeniach. Napięcie w żadnym punkcie obwodu elektrycznego nie powinno przekroczyć 1 kV.

Ochronę przed uszkodzeniem masy izolacyjnej stanowi dobór odpowiednich parametrów obwodu elektrycznego lub wbudowane zabezpieczenie elektryczne.

Poziom „mb” ochrony przeciwwybuchowej zapewnia bezpieczne użytkowanie urządzeń elektrycznych hermetyzowanych masą izolacyjną w ich normalnym stanie pracy i przy wystąpieniu możliwych do przewidzenia uszkodzeń

Poziom „mc” ochrony przeciwwybuchowej zapewnia bezpieczne użytkowanie urządzeń elektrycznych hermetyzowanych masą izolacyjną w ich normalnym stanie pracy.

7.2. Podział urządzeń grupy II na podgrupy

Czynniki tworzące z powietrzem mieszaniny wybuchowe i urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy II, w *osłonach ognioszczelnych i w wykonaniu iskrobezpiecznym*, są podzielone na podgrupy IIA, IIB i IIC w zależności od ich właściwości fizyko-chemicznych.

Podział na podgrupy urządzeń w osłonach ognioszczelnych przeprowadzany jest na podstawie maksymalnych doświadczalnych bezpiecznych prześwitów szczelin ognioszczelnych - MESG⁴ określonych za pomocą pojemnika doświadczalnego ze szczeliną o długości 25 mm.

Maksymalne doświadczalne bezpieczne prześwity szczelin ognioszczelnych wynoszą:
podgrupa IIA - MESG powyżej 0,9 mm;
podgrupa IIB - MESG pomiędzy 0,5 mm i 0,9 mm;
podgrupa IIC - MESG poniżej 0,5 mm;

Szczeliny konstrukcyjne w osłonach ognioszczelnych są wielokrotnie węższe. od szczelin klasyfikacyjnych

W przypadku urządzeń elektrycznych w wykonaniu iskrobezpiecznym gazy i pary (a zatem i urządzenia elektryczne) podzielone są wg stosunku ich minimalnych prądów zapalających do prądu zapalającego metan laboratoryjny MIC⁵

⁴ ang. Maximum Experimental Safe Gap - największy doświadczalny bezpieczny prześwit szczeliny gaszącej.

⁵ ang. Minimum Igniting Current - minimalny prąd zapalający.

Stosunki minimalnych prądów zapalających mieszaniny wybuchowe do prądu zapalającego metan laboratoryjny MIC wynoszą:

podgrupa IIA - stosunek MIC powyżej 0,8,

podgrupa IIB - stosunek MIC pomiędzy 0,45 i 0,8,

podgrupa IIC - stosunek MIC poniżej 0,45.

Aby zaliczyć gaz lub parę do odpowiedniej podgrupy wystarczy, w większości przypadków, wyznaczenie jednej z tych wielkości - albo MESG, albo MIC

W tabelicy 7.1.. przedstawione są wzajemne zależności klasyfikacji urządzeń ognioszczelnych i iskrobezpiecznych wg. MESG i MIC

Tablica 7.1.Wzajemne zależności klasyfikacji gazów i par oraz urządzeń

przeciwwybuchowych w osłonach ognioszczelnych i iskrobezpiecznych wg. MESG i MIC

Podgrupy mieszanin wybuchowych i urządzeń w osłonach ognioszczelnych i iskrobezpiecznych	Maksymalny bezpieczny prześwit klasyfikacyjny szczeliny gaszącej MESG, mm	Stosunek minimalnego prądu zapalającego mieszaninę z powietrzem gazu lub pary do prądu zapalającego metan laboratoryjny MIC
IIA	> 0,9	> 0,8
IIB	0,5 do 0,9	0,45 do 0,8
IIC	< 0,5	< 0,45

Uwaga! Podział elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym na podgrupy IIA, IIB i IIC dotyczy tylko urządzeń w osłonach ognioszczelnych i w wykonaniu iskrobezpiecznym.

Urządzenia podgrupy IIB spełniają wymagania stawiane urządzeniom podgrupy IIA, a urządzenia podgrupy IIC spełniają wymagania stawiane urządzeniom podgrup IIA i IIB

7.3. Klasy temperaturowe

Mieszaniny wybuchowe zostały podzielone na klasy temperaturowe w zależności od ich temperatury samozapalenia (samozapłonu). Temperatury powierzchni zewnętrznych elektrycznych urządzeń przeciwwybuchowych nie mogą przekroczyć temperatur maksymalnych dopuszczalnych przy poszczególnych klasach temperaturowych tablica 7.3.

Urządzenia elektryczne grupy II są przyporządkowane do jednej z klas temperaturowych podanych w tabelicy 7.2. Zamiast symbolu grupy może być, w oznaczeniu rodzaju budowy przeciwwybuchowej urządzenia elektrycznego, podana rzeczywista maksymalna dopuszczalna temperatura powierzchni lub ograniczenie stosowania do jednego konkretnego gazu albo pary.

Najniższa temperatura samozapalenia (samozapłonu) mieszaniny wybuchowej powinna być wyższa od maksymalnej dopuszczalnej temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych. W tablicy 5.3 podany jest podział mieszanin wybuchowych gazów i par cieczy palnych na klasy temperaturowe oraz maksymalne dopuszczalne temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych [21].

Tablica 7.2. Podział mieszanin wybuchowych na klasy temperaturowe oraz maksymalne dopuszczalne temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem mieszanin gazów i par z powietrzem

Klasa temperaturowa mieszaniny gazu lub pary z powietrzem	Temperatury samozapalenia mieszanin gazów lub par z powietrzem, [°C]	Maksymalna temperatura powierzchni urządzeń elektrycznych, [°C]
T1	> 450	450
T2	>300 do 450	300
T3	>200 do 300	200
T4	>135 do 200	135
T5	>100 do 135	100
T6	>85 do 100	85

W tablicy 7.3.. podane są przykłady klasyfikacji mieszanin wybuchowych par cieczy palnych i gazów z powietrzem do grup wybuchowości i klas temperaturowych

Tablica 7.3. Przykłady klasyfikacji mieszanin wybuchowych do grup i podgrup wybuchowości i klas temperaturowych

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	metan					
IIA	aceton, amoniak, benzen, etan, etyl, metan, metanol, propan, toluen,	alkohol n-butyłowy, n-butan, octan i-amylowy,	benzyna, olej napędowy, paliwo lotnicze, n-heksan,	Aldehyd octowy, eter etyłowy,		azotyn etylenu
IIB	gaz światlny	etylen	siarkowódór			
IIC	wodór	acetylen	hydrazyna			dwusiarczek węgla

7.4. Oznakowania elektrycznych urządzeń przeciwwybuchowych

Produkowane obecnie w kraju urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym oraz importowane z innych krajów Unii Europejskiej oznaczane są zgodnie z wymaganiami dyrektywy ATEX 100A oraz normy PN-EN 60079-0:2006 [21] lub niedawno wycofanej normy PN-EN 50014: 2003.

Urządzenia znajdujące się w eksploatacji, wyprodukowane przed wejściem w życie norm europejskich są oznaczone zgodnie z wycofaną normą PN-83/E- 08110. Oznaczenia te różnią się od siebie tym, że oznaczenia wg obowiązującej normy poprzedzone jest oznaczeniem wymaganym w dyrektywie ATEX 100A.

Pozostałe symbole: rodzaju wykonania (o, p, q, d, e, i, n, m), grupy lub podgrupy urządzenia elektrycznego (II, IIA, IIB, IIC) i klas temperaturowych (T1 - T6) są w obu oznaczeniach identyczne.

Znajomość oznaczeń elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym wg. wszystkich wymienionych norm jest bardzo ważna z tego względu, że w eksploatacji znajduje się ogromna liczba urządzeń wyprodukowanych w oparciu o poprzednie normy krajowe. Urządzenia te będą eksploatowane jeszcze przez wiele lat.

W oznaczeniu urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym powinny być uwzględnione zarówno wymagania norm, jak i rozporządzenia Ministra Gospodarki (dyrektywy ATEX 100a) [11].

Ważne jest, aby w celu zachowania bezpieczeństwa, podany przez wymienione przepisy system oznaczania był stosowany tylko w przypadku urządzeń elektrycznych, które spełniają wymagania norm europejskich określonego rodzaju budowy przeciwwybuchowej.

Oznaczenie urządzenia elektrycznego przeciwwybuchowego powinno być umieszczone w miejscu widocznym, na jego głównej części. Oznaczenie to powinno być czytelne, trwałe i zabezpieczone przed korozją.

Oznaczenie urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym oprócz danych standardowych (U, I, P, J) powinno zawierać:


- nazwę i adres producenta,
- symbol CE,
- serię lub typ urządzenia nadane przez producenta,
- numer fabryczny (jeżeli stosuje się numerację),
- rok produkcji,
- symbole zabezpieczeń przeciwwybuchowych:

- wskazujące, że urządzenie elektryczne odpowiada jednemu lub kilku rodzajom budowy przeciwwybuchowej, spełniając wymagania norm polskich- Ex,
- każdego użytego rodzaju budowy przeciwwybuchowej (o, p, q, d, e, i, n, m)
 - „o” - urządzenie w osłonie olejowej,
 - „p” - urządzenie w osłonie ciśnieniowej,
 - „q” - urządzenie w osłonie piaskowej,
 - „d” - urządzenie w osłonie ognioszczelnej,
 - „e” - urządzenie o stopniu ochrony „e”,
 - „i” - urządzenie iskrobezpieczne,
 - „n” - urządzenie w wykonaniu „n”,
 - „m” - urządzenie z ochroną hermetyzowaną typu „m”,
- grupy lub podgrupy urządzenia elektrycznego przeciwwybuchowego (II, IIA, IIB lub IIC) przeznaczonego do przestrzeni innych niż kopalnie metanowe,
- klasy temperaturowej,
- kod IP XX (tabl. 7.4.),
 - nazwę lub znak stacji badawczej oraz numer certyfikatu,

Tablica 7.4. Stopnie ochrony przed dotknięciem, przedostawaniem się obcych ciał stałych oraz wody do wnętrza obudowy (Kod IPXX) .


X	Stopień ochrony przed dotknięciem i przedostawaniem się obcych ciał stałych	X	Stopień ochrony przed przedostawaniem się wody
0	Brak ochrony	0	Brak ochrony
1	Ochrona przed dostępem wierzchem dłoni do części niebezpiecznych i przed obcymi ciałami stałymi o średnicy ≥ 50 mm	1	Ochrona przed pionowo padającymi kroplami wody, pionowo padające krople wody nie wywołują szkodliwych skutków
2	Ochrona przed dostępem palcem do części niebezpiecznych i przed obcymi ciałami stałymi o średnicy $\geq 12,5$ mm	2	Ochrona przed pionowo padającymi kroplami wody przy wychyleniu obudowy do 15°
3	Ochrona przed dostępem narzędziem do części niebezpiecznych i przed obcymi ciałami stałymi o średnicy $\geq 2,5$ mm	3	Ochrona przed natryskiwaniem wodą pod kątem do 60° od pionu


4	Ochrona przed dostępem drutem do części niebezpiecznych i przed ciałami stałymi o średnicy $\geq 1,0$ mm	4	Ochrona przed bryzgami wody
5	Ochrona przed przedostawaniem się pyłu w ilościach mogących zakłócić pracę urządzenia lub zmniejszyć bezpieczeństwo	5	Ochrona przed strugą wody
6	Ochrona przed wnikaniem pyłu, pył nie może wnikać	6	Ochrona przed silną strugą wody
		7	Ochrona przed krótkotrwałym zanurzeniem w wodzie
		8	Ochrona przed skutkami ciągłego zanurzenia w wodzie


Symbol Ex urządzeń przeciwybuchowych grupy I i II powinien być poprzedzony: kolejno: symbolem  symbolem I lub II i w przypadku urządzeń grupy I znakiem M1 lub M2, zaś w przypadku urządzeń grupy II cyfrą 1, 2 lub 3 oraz literą „G” lub „D”. Cyfry oznaczają kategorię urządzenia (wg. ATEX 100a), zaś litera „G” przeznaczenie urządzenia do pracy w obecności mieszanin wybuchowych gazów lub par z powietrzem, a litera „D” przeznaczenie urządzenia do pracy w obecności mieszanin pyłów lub włókien z powietrzem.


Ujęcie kategorii urządzenia M1, M2, 1, 2 lub 3 w oznaczeniu wg dyrektywy ATEX [12] w nawiasy oraz symboli zabezpieczeń przeciwybuchowych urządzenia elektrycznego w wykonaniu przeciwybuchowym w oznaczeniu wg normy [21] w nawiasy kwadratowe oznacza, że jest to urządzenie, które jest wymagane lub przyczynia się do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych w warunkach zagrożenia wybuchem lecz przeznaczone jest do instalowania na zewnątrz przestrzeni zagrożonej wybuchem.

Przykłady pełnego oznaczenia urządzenia elektrycznego w wykonaniu przeciwybuchowym:

 **I M1 Ex d I** - urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwybuchowym grupy I, kategorii M1 w osłonie ognioszczelnej przeznaczone do pracy w kopalni metanowej.

 **II 1 G Ex i_a IIC T1** – urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwybuchowym grupy II, kategorii 1, przeznaczone do strefy 0 zagrożenia wybuchem mieszanin gazowych, w wykonaniu iskrobezpiecznym do pracy w obecności mieszanin wybuchowych par lub gazów z powietrzem podgrupy IIC, klasy temperaturowej T1 (powyżej 450 °C), np. wodoru.

 **II 2 G/D Ex e II T3** – urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy II, kategorii 2, przeznaczone do strefy 1 zagrożenia wybuchem mieszanin wybuchowych gazów i par z powietrzem oraz do strefy 21 zagrożenia wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem w wykonaniu wzmocnionym do pracy w obecności mieszanin wybuchowych grupy II, klasy temperaturowej T3.

 **II (2)G [Ex i_a] IIC** - urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym, np. zasilacz, grupy II, kategorii 2 z obwodem wejściowym iskrobezpiecznym, przeznaczone do współpracy z urządzeniami iskrobezpiecznymi o stopniu bezpieczeństwa i_a, np. przetwornikami iskrobezpiecznymi, w strefie 1 zagrożenia wybuchem przeznaczone do instalowania poza przestrzeniami zagrożonymi wybuchem.

7.5. Urządzenia przeznaczone do pracy w obecności mieszanin pyłowych

Bezpieczeństwo urządzeń elektrycznych wobec mieszanin wybuchowych pyłów z powietrzem osiąga się za pomocą:

- obudowy „tD” [48],
- obudowy gazowej pod ciśnieniem „pD” [49],
- wykonania iskrobezpiecznego „iD” [51],
- obudowy hermetyzowanej „mD” [54]

Wykonanie w szczelnej obudowie

Istnieją dwa wykonania urządzeń w szczelnej obudowie

Wykonanie A, w którym maksymalna temperatura powierzchni zależy od osiadłej 5 mm warstwy pyłu. Zasady instalowania wymagają zachowania marginesu bezpieczeństwa w wysokości 75 °C między temperaturą powierzchni urządzenia i temperaturą zapalenia określonego pyłu. Metody wyznaczania stopnia ochrony urządzeń wynikają z normy PN-EN 60529 (tabl.7.5.)

Wykonanie B, w którym maksymalna temperatura powierzchni zależy od 12,5 mm warstwy osiadłego pyłu. Zasady instalowania wymagają zachowania marginesu bezpieczeństwa w wysokości 25 °C pomiędzy temperaturą powierzchni urządzenia i temperaturą zapalenia określonego pyłu. Metody określenia stopnia ochrony obudowy wynikają z badań okresowych

Wykonanie w obudowie gazowej z nadciśnieniem

Wszystkie części urządzenia elektrycznego zdolne do zapalenia mieszaniny wybuchowej pyłu z powietrzem umieszczone są w obudowie przewietrzanej gazem ochronnym lub w obudowie o stałym nadciśnieniu gazu ochronnego. .

Urządzenia iskrobezpieczne

Urządzenia lub układy elektryczne o małej energii elektrycznej, których elementy są tak dobrane, aby iskry elektryczne lub zjawiska termiczne, które mogą powstać zarówno w czasie normalnej pracy urządzenia (np. zamykanie lub otwieranie obwodów) lub w przypadku pojedynczego lub wielokrotnego uszkodzenia (np. zwarcie, przerw w obwodzie) nie mogły spowodować zapalenia otaczającej urządzenie mieszaniny wybuchowej.

Minimalna energia iskry jest zdefiniowana jako najmniejsza energia elektryczna zgromadzona w kondensatorze, która przy jego rozładowaniu jest wystarczająca do zapalenia mieszaniny wybuchowej.

Ogólne zasady konstrukcyjne są podobne do urządzeń przeznaczonych do pracy w obecności mieszanin gazowych.

Obudowa hermetyzowana masą izolacyjną

Wszystkie części urządzenia elektrycznego zdolne do zapalenia mieszaniny wybuchowej przez nagrzane lub iskrzenie są zamknięte w obudowie hermetyzowanej masą izolacyjną. Istnieją dwa poziomy zabezpieczenia:

maD,

mbD

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia maD nie mogą spowodować zapalenia mieszaniny wybuchowej:

- w normalnym stanie pracy,
- w nienormalnym stanie pracy,
- przy rzadko występującym nienormalnym stanie pracy,

W żadnym punkcie urządzenia lub obwodu napięcie nie może przekroczyć 1000 V.

Przy poziomie zabezpieczenia mbD urządzenia nie mogą spowodować zapalenia mieszaniny wybuchowej pyłu z powietrzem:

- w normalnym stanie pracy,
- w rzadko występującym nienormalnym stanie pracy

8. Alternatywna metoda oceny ryzyka obejmująca „poziom zabezpieczenia urządzeń” (EPL)

W normie PN-EN 60079-26;2007 Część 26: Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzenia (EPL) Ga [40] przedstawiona jest metoda oceny ryzyka przestrzeni zagrożonych wybuchem obejmująca „poziom zabezpieczenia urządzeń” (EPL). Celem przedstawionej metody jest ułatwienie doboru urządzeń elektrycznych w adekwatnym do zagrożenia

wykonaniu przeciwybuchowym. Metoda ta jest alternatywną propozycją w stosunku do metody tradycyjnej, nakazowej, polegającej na sztywnym powiązaniu konstrukcji urządzenia ze strefą zagrożenia wybuchem. System uwzględniający poziom zabezpieczenia urządzeń wskazuje ryzyko zapalenia mieszaniny wybuchowej przez urządzenia niezależnie od rodzaju ich konstrukcji.

Przestrzenie zagrożone wybuchem (z wyjątkiem metanowych kopalń węgla) klasyfikowane są do stref zagrożenia wybuchem wg prawdopodobieństwa wystąpienia mieszaniny wybuchowej. Przy takiej klasyfikacji z reguły nie bierze się pod uwagę potencjalnych skutków wybuchu oraz wielu innych czynników, tworzących zagrożenie dla ludzi, np. toksyczności materiałów. Prawdziwa ocena ryzyka powinna uwzględniać wszystkie te czynniki.

Z drugiej strony wiadomo, że nie wszystkie konstrukcje urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwybuchowych zapewniają ten sam poziom zabezpieczenia przeciwko zapaleniu mieszaniny wybuchowej. Tradycyjnie dobór urządzeń do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem oparty jest na rodzaju konstrukcji. W przypadku niektórych konstrukcji elektrycznych urządzeń przeciwybuchowych ten sam typ zabezpieczenia podzielony jest na różne poziomy ochrony, np. urządzenia iskrobezpieczne podzielone są na poziomy ochrony ia, ib i ic, a urządzenia hermetyzowane masa izolacyjną na poziomy ochrony ma, mb i mc

Dotychczas normy dotyczące doboru urządzeń elektrycznych do stref zagrożenia wybuchem zachowują ścisłą zależność między konstrukcją urządzenia i strefą zagrożenia wybuchem, w której urządzenie to może być zainstalowane, nie biorąc pod uwagę konsekwencji ewentualnego wybuchu.

Norma przedstawia wymagania w zakresie konstrukcji, badań i oznakowania elektrycznych urządzeń przeciwybuchowych, wprowadzając pojęcie „poziomu zabezpieczenia urządzeń” (equipment protection level – EPL) rodzajów: Ga, Gb, Gc w odniesieniu do urządzeń przeznaczonych do stref zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych oraz Da, Db, i Dc w odniesieniu do urządzeń przeznaczonych do stref zagrożenia wybuchem mieszanin pyłowych.

Poziomy zabezpieczenia urządzeń

Poziomy zabezpieczenia urządzeń (EPL) są zdefiniowane w odniesieniu do poszczególnych grup urządzeń przeciwybuchowych następująco:

a) Górnictwo węglowe (grupa I)

EPL Ma – urządzenia do instalowania w kopalniach metanowych węgla kamiennego, mające „bardzo wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia mieszaniny

wybuchowej nawet w przypadku jednoczesnego wystąpienia uszkodzenia urządzenia i mieszaniny wybuchowej metanu lub pyłu węglowego z powietrzem.

Typowo: wszystkie obwody telekomunikacyjne i pomiarowe stężeń metanu powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami do urządzeń o poziomie zabezpieczenia Ma,

EPL Mb - urządzenia do instalowania w kopalniach metanowych węgla kamiennego, mające „wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia mieszaniny wybuchowej metanu lub pyłu węglowego z powietrzem w czasie pomiędzy jej wystąpieniem i samoczynnym wyłączeniem urządzenia spod napięcia.

Typowo: wszystkie urządzenia wydobywcze węgla kamiennego powinny być wykonywane zgodnie z wymaganiami do urządzeń o poziomie zabezpieczenia Mb np. silniki elektryczne i aparatura rozdzielcza Exd

b) Gazy (grupa II)

EPL Ga - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem, mające „bardzo wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy, w czasie spodziewanego uszkodzenia i w przypadku rzadko występującego uszkodzenia.

EPL Gb - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem, mające „wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy i w czasie spodziewanego uszkodzenia

EPL Gc - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej gazów palnych lub par cieczy palnych z powietrzem, mające „wzmocniony” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy; mają one dodatkowe zabezpieczenia zapobiegające ryzyku zapalenia w przypadku spodziewanych uszkodzeń np. uszkodzenia lampy w oprawie oświetleniowej. Typowe urządzenia, to Exn.

c) Pyły (grupa III)

EPL Da - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej pyłów palnych z powietrzem, mające „bardzo wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy, w czasie spodziewanego uszkodzenia i w przypadku rzadko występującego uszkodzenia.

EPL Db - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej pyłów palnych z powietrzem, mające „wysoki” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy i w czasie spodziewanego uszkodzenia.

EPL Dc - urządzenia do instalowania w atmosferze wybuchowej pyłów palnych z powietrzem, mające „wzmocniony” poziom zabezpieczenia, które nie staną się źródłem zapalenia w czasie normalnych warunków pracy, mające dodatkowe zabezpieczenia zapobiegające ryzyku zapalenia w przypadku normalnie spodziewanych okoliczności.

Definicje poziomów zabezpieczenia urządzeń są identyczne, jak definicje kategorii urządzeń w dyrektywie Atex 100a. Ilekroć w dalszym tekście mowa jest o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) należy je porównywać z kategoriami urządzeń:

EPL Ga odpowiada kategorii 1G;

EPL Gb odpowiada kategorii 2G;

EPL Gc odpowiada kategorii 3G;

EPL Da odpowiada kategorii 1D;

EPL Db odpowiada kategorii 2D;

EPL Dc odpowiada kategorii 3D;

W większości sytuacji w których występują typowe konsekwencje wybuchu (z wyjątkiem górnictwa) urządzenia poszczególnych poziomów zabezpieczenia (EPL) mają tradycyjnie zastosowanie w strefach zagrożonych wybuchem (tabl. 8.1.)

Tablica 8.1.. Tradycyjne zależności poziomu zabezpieczenia urządzeń (EPL) i stref zagrożenia wybuchem

Poziom zabezpieczenia urządzeń (EPL)	Strefy zagrożenia wybuchem
Mieszaniny gazowe	
Ga	0
Gb	1
Gc	2
Mieszaniny pyłowe	
Da	20
Db	21
Dc	22

Urządzenia o różnych poziomach zabezpieczenia urządzeń muszą być zdolne do funkcjonowania zgodnie z parametrami określonymi przez wytwórcę przy różnych poziomach zabezpieczenia (tabl. 8.2.)

Tablica 8.2... Opis zabezpieczeń przed ryzykiem zapalenia w odniesieniu do poziomów zabezpieczenia urządzeń (EPL)

Poziom zabezpieczenia urządzeń	Grupa	EPL	Realizacja zabezpieczenia	Przeznaczenie do strefy zagrożenia wybuchem
Bardzo wysoki	I	Ma	Dwa niezależne zabezpieczenia lub zapewnienie bezpieczeństwa w razie wystąpienia dwóch niezależnych uszkodzeń	Urządzenie funkcjonuje w obecności mieszaniny wybuchowej
Wysoki	I	Mb	Zabezpieczenie odpowiednie do normalnych warunków pracy (gdy nie występuje mieszanina wybuchowa)	Zasilanie jest odłączane samoczynnie w razie powstania mieszaniny wybuchowej
Bardzo wysoki	II	Ga	Dwa niezależne zabezpieczenia lub zapewnienie bezpieczeństwa w razie wystąpienia dwóch niezależnych uszkodzeń	0, 1 i 2
Wysoki	II	Gb	Odpowiednie do normalnej pracy oraz przy wystąpieniu spodziewanego uszkodzenia	1 i 2
Wzmocniony	II	Gc	Odpowiednie do normalnej pracy	2
Bardzo wysoki	III	Da	Dwa niezależne zabezpieczenia lub zapewnienie bezpieczeństwa w razie wystąpienia dwóch niezależnych uszkodzeń	20, 21 i 22
Wysoki	III	Db	Odpowiednie do normalnej pracy oraz przy wystąpieniu spodziewanego uszkodzenia	21 i 22
Wzmocniony	III	Dc	Odpowiednie do normalnej pracy	22

8.1.Podstawowe wymagania

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Ga”

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzeń EPL Ga mogą być realizowane przez:

- urządzenia i obwody iskrobezpieczne rodzaju „ia”,
- urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną rodzaju „ma”
- dwa niezależne rodzaje zabezpieczeń odpowiadające wymaganiom do urządzeń EPL „Gb”
- sprzęt i systemy transmisji wykorzystujące promieniowanie optyczne.

Urządzenia elektryczne iskrobezpieczne stanowiące poziom zabezpieczenia urządzeń EPL „Ga” i obwody iskrobezpieczne wraz z urządzeniami towarzyszącymi wprowadzane do

przestrzeni wymagających poziomu zabezpieczenia urządzeń EPL „Ga” powinny być wykonane zgodnie z wymaganiami normy PN EN 60079-11 do urządzeń iskrobezpiecznych „ia”. Urządzenia iskrobezpieczne „ib” brane są pod uwagę jako jedno z dwóch niezależnych zabezpieczeń.

Ze względu na zagrożenia zapalenia mieszaniny wybuchowej spowodowane przez uszkodzenia lub obecność prądów przejściowych w systemach wyrównywania potencjałów preferowane jest oddzielenie galwaniczne obwodów przy połączeniach siłowych i sygnałowych z urządzeniami.

Urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną stanowiące poziom zabezpieczenia urządzeń EPL „Ga” powinny odpowiadać wymaganiom normy PN-EN 60079-18 do urządzeń hermetyzowanych „ma”.

Urządzenia hermetyzowane „mb” mogą być stosowane jako jedno z dwóch niezależnych zabezpieczeń.

Urządzenia elektryczne, w których zastosowane są dwa typy niezależnych zabezpieczeń realizują wymagania do EPL „Ga”. Gdy jeden z typów zabezpieczeń ulegnie uszkodzeniu, drugi typ zabezpieczenia zapewnia kontynuację bezpiecznej pracy urządzenia.

Bezpieczeństwo kombinacji dwóch typów zabezpieczeń stanowiącej poziom zabezpieczenia EPL „Ga” powinno zależeć od różnych fizycznych zasad działania każdego z nich. Należy unikać takich kombinacji zabezpieczeń, jak, np. osłony ognioszczelnej Exd i osłony piaskowej Exq, bowiem działanie obydwu tych zabezpieczeń oparte jest na zapobieganiu przenoszenia się płomienia, a zatem nie mogą one być razem stosowane. Podobnie nie może być stosowana kombinacja osłony olejowej Exo i osłony piaskowej Exq.

Przy zastosowaniu kombinacji dwóch zabezpieczeń, których działanie polega na tym samym parametrze, np. na odstępach izolacyjnych muszą być w stosunku do obydwu zastosowane bardzo wysokie wymagania.

Przy zastosowaniu kombinacji dwóch typów zabezpieczeń, z których każde polega na obudowie musi być zrealizowane jedno z wymagań:

- a) jeżeli użyte są dwie obudowy, z których jedna całkowicie osłania drugą, to obie muszą być wykonane zgodnie ze szczegółowymi wymaganiami do każdej z nich, lub
- b) jeżeli użyta jest tylko jedna obudowa, to ta obudowa wraz z dławicą kablową powinna przejść testy udarowe zgodnie z normą PN-EN 60079-0.

Przykłady kombinacji dwóch niezależnych typów zabezpieczeń:

- przetwornik indukcyjny, np. przekaźnik zbliżeniowy, elektryczny czujnik położenia iskrobezpieczny w wykonaniu „ib” zamknięty w obudowie hermetyzowanej masą izolacyjną „mb”. Połączenia z obwodem iskrobezpiecznym „ib” powinny być zabezpieczone przez osłonę budowy wzmocnionej „e”,
- lampa z żarówką określona jako budowy wzmocnionej „e” z wyłącznikiem iskrobezpiecznym „ib”. Te komponenty powinny być zamknięte w osłonie ognioszczelnej „d.” ,
- * przetwornik pomiarowy iskrobezpieczny „ib” w osłonie ognioszczelnej „d.”,
- * obwód iskrobezpieczny z urządzeniami „ib” dodatkowo zabezpieczony osłoną piaskową „q”,
- zawór elektromagnetyczny hermetyzowany masą izolacyjną „mb” zamknięty w osłonie ognioszczelnej „d”

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Gb”

Wymagania w stosunku do urządzeń o poziomie ochrony urządzeń (EPL) „Gb” spełniają pojedyncze typy zabezpieczeń – osłona ognioszczelna „d”, wykonanie wzmocnione „e”, urządzenia i obwody iskrobezpieczne „ib”, urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną „mb”, osłona olejowa „o”, osłona gazowa z nadciśnieniem „px” albo „py”, osłona piaskowa „q”, magistrala iskrobezpieczna (FISCO) oraz systemy ochrony urządzeń wykorzystujące promieniowanie optyczne.

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Gc”

Wymagania w stosunku do urządzeń o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Gc” spełniają – urządzenia i obwody iskrobezpieczne „ic”, urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną „mc”, urządzenia nieiskrzące „n” lub „nA”, urządzenia iskrzące „nC”. urządzenia w szczelnej obudowie „nR”, urządzenia o ograniczonej energii „nL”, osłona gazowa z nadciśnieniem „pz”, magistrala niezapalająca (FNICO) oraz systemy ochrony urządzeń wykorzystujące promieniowanie optyczne.

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Da”

Wymagania w stosunku do urządzeń o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Da” spełniają – urządzenia i obwody iskrobezpieczne „iD”, urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną „mD”, oraz urządzenia chronione za pomocą obudowy „tD”,

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Db”

Wymagania w stosunku do urządzeń o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Db” spełniają – urządzenia iskrobezpieczne „iD”, urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną

„mD” oraz urządzenia chronione za pomocą obudowy „tD” oraz urządzenia w osłonie gazowej z nadciśnieniem „pD”

Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Dc”

Wymagania w stosunku do urządzeń o poziomie zabezpieczenia urządzeń (EPL) „Dc” spełniają – urządzenia iskrobezpieczne „iD”, urządzenia hermetyzowane masą izolacyjną „mD” oraz urządzenia chronione za pomocą obudowy „tD”. Oraz urządzenia w osłonie gazowej z nadciśnieniem „pD”.

8.2. Znakowanie

Urządzenia elektryczne powinny być znakowane zgodnie z poziomem zabezpieczenia urządzeń (EPL) oraz wg. rodzaju zabezpieczenia zgodnie z normą przedmiotową.

Urządzenia przeznaczone do instalowania na granicy stref – wymagającej EPL Ga i mniej zagrożonej wybuchem powinny mieć obydwa oznaczenia EPL oddzielone ukośnikiem „/”. W przypadku gdy grupy urządzeń lub klasy temperaturowe są różne to użyte obydwa oznaczenia powinny być rozdzielone ukośnikiem.

Gdy użytych jest więcej niż jeden typ zabezpieczenia, to symbole zastosowanych typów zabezpieczeń powinny być połączone znakiem „+”

Przykłady oznakowania

- a) urządzenia, które są przewidziane do instalowania w przestrzeni wymagającej instalowania urządzeń o poziomie zabezpieczenia urządzeń EPL Ga:

Ga Ex ia IIC T6 lub Ga Ex d + e IIB T4,

- b) urządzenie towarzyszące zainstalowane poza przestrzenią zagrożoną wybuchem z obwodem iskrobezpiecznym wg. normy PN -EN 60079-11 [25] połączonym z urządzeniem o poziomie zabezpieczenia urządzeń EPL Ga:

(Ga)][Ex ia] IIC

W tym przypadku nie jest wymagane oznaczenie klasy temperaturowej ponieważ urządzenie jest zainstalowane poza przestrzenią zagrożoną wybuchem.

- c) urządzenie instalowane w ścianie oddzielającej przestrzeń zagrożoną wybuchem wymagającej urządzeń o poziomie zabezpieczenia urządzeń EPL Ga i strefy o niższym zagrożeniu wybuchem:

Ga/Gb Ex d IIC T6 lub Ga/Gb ia/d IIC T4

Urządzenie iskrobezpieczne „ia” o poziomie zabezpieczenia urządzenia EPL „Ga” w osłonie ognioszczelnej „d” przedstawiającej EPL „Gb” lub

Ga/Gb Ex d + e/d IIB T4

Dwa niezależne typy zabezpieczenia – osłona ognioszczelna „d” i budowa wzmocniona „e” stanowią poziom zabezpieczenia EPL „Ga” zamknięte w osłonie ognioszczelnej „d” stanowiącej EPL „Gb”.

Do każdego urządzenia powinna być dołączona instrukcja producenta zawierająca wszystkie niezbędne informacje dotyczące instalowania i bezpieczeństwa eksploatacji.

9. Dobór urządzeń elektrycznych do stref zagrożenia wybuchem

9.1. Wymagania wspólne

Poprawna i bezpieczna eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem zależy przede wszystkim od prawidłowego ich doboru do warunków pracy tzn. do właściwości występujących w danej przestrzeni czynników tworzących z powietrzem mieszaniny wybuchowe, przyjętej klasyfikacji do stref zagrożenia wybuchem, prawidłowego montażu, zasilania i zabezpieczenia przed skutkami zwarć i przeciążeń.

Zaniedbanie któregokolwiek z wymienionych warunków w czasie projektowania lub budowy utrudni lub uniemożliwi zapewnienie bezpieczeństwa ludzi i mienia w czasie eksploatacji obiektu.

W strefach zagrożonych wybuchem mogą być instalowane tylko urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym lub innym o odpowiednich parametrach, oznakowane zgodnie z certyfikatem. Na każdym urządzeniu w wykonaniu przeciwwybuchowym dopuszczonym do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinny być podane parametry przeciwwybuchowe (omówione wyżej), stopień ochrony IP oraz logo stacji badawczej i numer certyfikatu, a na urządzeniach prostych oznakowanie producenta.

W przypadku niezgodności danych w certyfikacie i w oznaczeniu urządzenia przeciwwybuchowego, urządzenie to powinno być wycofane z montażu do czasu wyjaśnienia i poprawienia tych niezgodności.

Urządzenia i instalacje elektryczne w strefach zagrożonych wybuchem powinny odpowiadać wymaganiom określonym w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz. U. Nr 263//05, poz.2203) (w dyrektywie UE ATEX 100a –94/9/EC z 1994r.), w normach PN-EN lub PN-IEC odnośnie do przestrzeni zagrożonych i nie zagrożonych wybuchem, z uwzględnieniem wymagań określonych w certyfikatach, deklaracjach zgodności i zaleceniach producenta.

Aby zapewnić bezpieczną eksploatację urządzenia elektryczne w strefach zagrożonych wybuchem powinny co najmniej:

- być dobrane do stref zagrożenia wybuchem,
- ich budowa powinna odpowiadać parametrom mieszaniny wybuchowej: grupom i podgrupom wybuchowości – II, IIA, IIB i IIC i klasom temperaturowym T1 do T6 z uwzględnieniem temperatury otoczenia; jeżeli jest wyższa od 40° C,
- być dobrane do temperatury tlenia i zapalenia się pyłów zleżałych i mieszanin pyłów z powietrzem oraz mieć wymagany stopień ochrony IP,
- być zasilane energią elektryczną z sieci w układzie TN-S,
- być zabezpieczone przed skutkami zwarć, przeciążeń, pracą niepełnofazową oraz przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi,
- być chronione przed wpływami zewnętrznymi min. bezpośrednimi wyładowaniami atmosferycznymi, elektrycznością statyczną, oddziaływaniami mechanicznymi i chemicznymi.

Temperatury wszystkich powierzchni urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów przeznaczonych do pracy w przestrzeniach, w których występują mieszaniny wybuchowe gazów i par cieczy palnych z powietrzem, mogące mieć kontakt z tymi mieszaninami (tabl.9.1..) nie powinny:

- urządzeń grupy II kategorii 1 – nawet przy rzadko występującym nieprawidłowym ich działaniu, przekroczyć 80% minimalnej temperatury samozapalenia gazu palnego lub par cieczy palnej.
- urządzeń grupy II kategorii 2 przekraczać minimalnej temperatury samozapalenia palnego gazu lub pary palnej cieczy w czasie normalnego działania i w przypadku wadliwego działania. Jednak, jeżeli nie można wykluczyć ogrzania gazu lub pary do temperatury powierzchni urządzenia elektrycznego, jej temperatura nie powinna przekraczać 80% minimalnej temperatury samozapalenia. Wartość ta może być przekroczona jedynie w przypadkach rzadko występującego wadliwego działania.
- urządzeń grupy II kategorii 3 przekraczać minimalnej temperatury samozapalenia gazów i par cieczy w czasie normalnego działania.

Tablica 9.1. Maksymalne dopuszczalne temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin gazów z powietrzem

Kategoria urządzenia	Warunki występowania	Maksymalna dopuszczalna temperatura powierzchni
	nawet przy rzadko	

1	występującym nieprawidłowym działaniu	$\leq 80\% T_{\min}^{1)}$
2	1) w czasie normalnego działania 2) przy ogrzaniu gazu lub pary do temperatury powierzchni urządzenia	$\leq T_{\min}$ $\leq 80\% T_{\min}^{2)}$
3	W czasie normalnego działania	$\leq T_{\min}$

1) T_{\min} - minimalna temperatura samozapalenia gazu, pary cieczy palnej

2) wartość ta może być przekroczona tylko przy rzadko występującym wadliwym działaniu

W przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów lub włókien z powietrzem (tabl. 9.2.) temperatury wszystkich powierzchni urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów kategorii 1, które mogą mieć kontakt z obłokami pyłów, nie powinny przekroczyć 2/3 minimalnej temperatury samozapalenia obłoku pyłu nawet w przypadku rzadko występującego nieprawidłowego działania. Temperatura powierzchni, na których pył może się gromadzić powinna być niższa o margines bezpieczeństwa od minimalnej temperatury samozapalenia najgrubszej warstwy pyłu, która może się wytworzyć. Warunek ten powinien być dotrzymany nawet w przypadku rzadko występującego wadliwego działania.. Często stosuje się margines bezpieczeństwa równy 75 °C między minimalną temperaturą samozapalenia warstwy pyłu i temperaturą powierzchni urządzenia. Wartość tę ustalono przy grubości warstwy pyłu równej 5 mm lub mniejszej pozwalającej na zmiany temperatury samozapalenia mierzonej w 5 mm warstwie pyłu przy jej efekcie izolacyjnym powodującym wyższe temperatury powierzchni.

Odnośnie do urządzeń kategorii 2 temperatura powierzchni, mogących się zetknąć z obłokiem pyłu nie powinna przekraczać 2/3 temperatury jego samozapalenia nawet w przypadku rzadko występującego wadliwego działania [6]. Temperatura powierzchni, na których pył może się gromadzić powinna być niższa o margines bezpieczeństwa od minimalnej temperatury samozapalenia warstwy pyłu. Powinno to być zapewnione nawet w razie wadliwego działania.

Temperatura wszystkich powierzchni urządzeń kategorii 3, które mogą się zetknąć z obłokami pyłów nie powinna – w czasie normalnego działania – przekroczyć 2/3 minimalnej temperatury samozapalenia obłoku pyłu. Temperatura powierzchni, na których pył może się gromadzić powinna być niższa o margines bezpieczeństwa od minimalnej temperatury samozapalenia warstwy pyłu.

Tablica 9.2. Maksymalne dopuszczalne temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem


Kategoria urządzenia	Warunki występowania	Maksymalna dopuszczalna temperatura powierzchni w przypadku chmury pyłowej	Maksymalna dopuszczalna temperatura powierzchni w przypadku pyłu zleżającego (5 mm warstwy lub 12,5 mm warstwy)
1	Nawet w przypadku rzadko występującego wadliwego działania	$\leq 2/3 T_{\min}$	$T_{\max} = T_{5 \text{ mm}} - 75^{\circ} \text{C}$ $T_{\max} = T_{12,5 \text{ mm}} - 25^{\circ} \text{C}$
2	Nawet w przypadku rzadko występującego wadliwego działania	$\leq 2/3 T_{\min}$	$T_{\max} \leq T_w - \text{marg. bezpieczeństwa}$
3	W czasie normalnego działania	$\leq 2/3 T_{\min}$	$T_{\max} \leq T_w - \text{marg. bezpieczeństwa}$

Zasady doboru urządzeń do stref zagrożonych wybuchem w zależności od wymaganego poziomu zabezpieczenia urządzeń (EPL) i kategorii urządzeń wg ATEX 100

Tablica 9.3. Wzajemny stosunek między strefami zagrożenia wybuchem, poziomem zabezpieczenia urządzeń elektrycznych (EPL) i kategoriami urządzeń zgodnymi z dyrektywą ATEX 100a

Strefa zagrożenia wybuchem	Wymagany poziom zabezpieczenia urządzeń (EPL)	Kategorie urządzeń wg. dyrektywy ATEX 100a
Strefy zagrożenia wybuchem mieszanin gazowych		
0	Ga	1G
1	Ga lub Gb	1G lub 2G
2	Ga, Gb lub Gc	1G, 2G lub 3G
Strefy zagrożenia wybuchem mieszanin pyłowych		
20	Da	1D
21	Da lub Db	1D lub 2D
22	Da, Db lub Dc	1D, 2D lub 3D

9.2. Strefa 0 zagrożenia wybuchem

W miejscach zagrożonych wybuchem zaliczonych do strefy 0 zagrożenia wybuchem mogą być instalowane tylko urządzenia i obwody iskrobezpieczne kategorii 1 atestowane do strefy 0 tzn. przeznaczone do użytku w miejscach, w których mieszaniny wybuchowe są obecne stale lub często w długich okresach czasu, oznaczone symbolem  II 1G Ex.i_a

Urządzenia te są zaprojektowane tak, że mogą funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta zapewniając bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa. Urządzenia te zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku wystąpienia uszkodzenia i charakteryzują się takimi środkami zabezpieczenia, że w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny, środek zapewni wymagany poziom zabezpieczenia albo wymagany poziom zabezpieczenia będzie zapewniony w razie wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń.

Instalowane w tych strefach urządzenia iskrobezpieczne ia powinny min. być:

- izolowane od ziemi,
- galwanicznie oddzielone od urządzeń i obwodów innych niż iskrobezpieczne, ponadto:
- przewodowanie obwodów iskrobezpiecznych nie może być prowadzone z obwodami nie iskrobezpiecznymi we wspólnych rurach, wiązkach, kablach, lub kanałach,
- napięcie znamionowe ich izolacji powinno wynosić 500 V prądu przemiennego i 750 V prądu stałego,
- minimalna średnica żył przewodów nie może być mniejsza niż 0,1 mm Cu,
- obwody iskrobezpieczne mogą być uziemione tylko w jednym punkcie poza strefą zagrożenia wybuchem,.
- przy projektowaniu złożonych obwodów iskrobezpiecznych niezbędne jest sprawdzenie czy nie sumują się wartości wielkości elektrycznych występujących w poszczególnych obwodach.


Poza urządzeniami w wykonaniu iskrobezpiecznym w strefach 0 mogą być instalowane również inne urządzenia w wykonaniu przeciwybuchowym grupy II kategorii I specjalnie certyfikowane do strefy 0.

W strefach 0 zagrożenia wybuchem nie należy instalować min. gniazd

wtyczkowych, sprzęgników i urządzeń ochrony katodowej czynnej.

Mogą być natomiast instalowane urządzenia ochrony katodowej biernej z wyjątkiem anod magnezowych i aluminiowych.

9.3. Strefa 1 zagrożenia wybuchem

W miejscach zagrożonych wybuchem zaliczonych do strefy 1 zagrożenia wybuchem mogą być instalowane urządzenia elektryczne w dowolnym wykonaniu przeciwwybuchowym atestowane do stosowania w strefie 1 zagrożenia wybuchem, kategorii 2, oznaczone symbolem  II 2G Ex..... Urządzenia te powinny pracować zgodnie z parametrami ustalonymi przez producenta zapewniając wysoki poziom zabezpieczenia..

Urządzenia grupy II kategorii 2 są przeznaczone do miejsc, w których występowanie mieszanin wybuchowych jest prawdopodobne (w strefie 1).

Posiadają one środki zabezpieczenia przeciwwybuchowego zapewniające wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku częstych uszkodzeń urządzeń, jakie bierze się pod uwagę we wszystkich wykonaniach przeciwwybuchowych W strefie 1 zagrożenia wybuchem mogą być również instalowane urządzenia atestowane do strefy 0.

Poza urządzeniami w wykonaniu przeciwwybuchowym w strefie 1 zagrożenia wybuchem w obwodach iskrobezpiecznych, mogą być instalowane tzw. urządzenia proste, w których nie mogą być przekroczone następujące parametry: napięcie $U - 1,5 \text{ V}$; natężenie prądu $I - 0,1 \text{ A}$; moc -25 mW Urządzenia proste nie wymagają certyfikacji, lecz tylko oznakowania umożliwiającego ich identyfikację

9.4. Strefa 2 zagrożenia wybuchem

W strefach 2 zagrożenia wybuchem mogą być instalowane urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym atestowane do stref 0 i 1 ale przede wszystkim urządzenia kategorii 3 tak zaprojektowane i wykonane, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta i zapewniać normalny poziom zabezpieczenia:

- oprawy oświetleniowe przenośne przeciwwybuchowe o parametrach dostosowanych do parametrów występujących w pomieszczeniu mieszanin wybuchowych,
- urządzenia w wykonaniu Exo, w których wszystkie zestyki są zanurzone w cieczy izolacyjnej, z wyjątkiem stref, w których występują substancje podgrupy IIC i klas temperaturowych T5 i T6,
- urządzenia grzewcze, pod warunkiem zabezpieczenia przed przekroczeniem temperatury grzejnika temperatur samozapalenia występujących substancji

palnych ,

- urządzenia typu Exn przeznaczone do stref 2 zagrożenia wybuchem w podtypach:
 - a) Ex nA urządzenia nieiskrzące
 - b) Ex nC urządzenia iskrzące,
 - c) Ex nR urządzenia ze szczelną obudową ograniczającą wnikanie do niej w określonym czasie mieszaniny wybuchowej,
 - d) Eex nL urządzenia o ograniczonej energii,
 - e) Ex nP urządzenia z uproszczonym układem zasilania,
- elektryczne urządzenia proste w obwodach iskrobezpiecznych, które w normalnych warunkach pracy nie wytwarzają łuków i iskier oraz nie nagrzewają się do temperatur mogących spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej,

9.5. Strefy zagrożenia wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem

W miejscach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem należy dobierać urządzenia elektryczne w wykonaniach wg. tablicy 6.3.

6.3. Dobór urządzeń elektrycznych do stref zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych

Rodzaj pyłu	Strefa 20	Strefa 21	Strefa 22
Nieprzewodzący	tDA20 tDB20 iaD, maD	tDA20 lub tDA21 tDB20 lub tDB21 iaD lub ibD maD lub mbD pD	tDA20, A21, A22 tDB20, B21, B22 iaD lub ibD maD lub mbD pD
Przewodzący	tDA20 tDB20 iaD maD	tDA20 lub tDA21 tDB20 lub tDB21 iaD lub ibD maD lub mbD pD	tDA20, A21, A22 tDB20, B21, B22 IP6X tDB20 lub tDB21 iaD lub ibD maD lub mbD pD
Uwaga: pył przewodzący – pył mający rezystywność $\leq 10^3 \Omega m$			

Oprócz urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwybuchowym wyszczególnionych w tablicy 6.3. w strefach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych- 20; 21 i 22 mogą być instalowane, w obwodach iskrobezpiecznych, urządzenia proste w

wykonaniu nieprzeciwwybuchowym, podobnie jak w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych – 0, 1 i 2.

10. Podstawowe wymagania w stosunku do wykonania instalacji elektrycznych

10.1. Wymagania ogólne

Przed przystąpieniem do wykonywania instalacji elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinna być przeprowadzona klasyfikacja tych przestrzeni do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem: 0, 1, 2, 20, 21 lub 22.

Powinna być opracowana dokumentacja techniczna instalacji elektrycznych i przeprowadzony dobór urządzeń elektrycznych w zależności od strefy zagrożenia wybuchem i właściwości czynników palnych występujących w poszczególnych strefach zagrożenia wybuchem.

W przestrzeniach zagrożonych wybuchem mogą być instalowane tylko urządzenia certyfikowane (z wyjątkiem kabli i przewodów) oraz urządzenia nie certyfikowane proste w obwodach iskrobezpiecznych oraz inne urządzenia nie certyfikowane dopuszczone do stosowania w strefie 2 zagrożenia wybuchem.

Urządzenia nie certyfikowane (z wyjątkiem urządzeń prostych) mogą być instalowane tylko w specyficznych okolicznościach, np. do celów naukowych, doświadczalnych, w instalacjach pilotujących i w innych podobnych warunkach do użytku tylko w określonym czasie, pod nadzorem przeszkolonych i upoważnionych pracowników, jeżeli

- istnieje pewność, że w czasie pracy tych urządzeń nie wystąpi mieszanina wybuchowa, lub
- nastąpi niezawodne ich wyłączenie w razie pojawienia się mieszaniny wybuchowej, lub
- gdy istnieje pewność, że personel i środowisko nie są narażone na ogień lub wybuch.

Dodatkowo pracownicy powinni być zapoznani z normami i przepisami dotyczącymi bezpieczeństwa pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem i powinni mieć stały dostęp do wszelkich niezbędnych informacji w tym zakresie.

Stosowanie urządzeń certyfikowanych gwarantuje, że urządzenia te spełniają wymagania bezpieczeństwa.

Instalacje elektryczne w strefach zagrożonych wybuchem powinny być ograniczone do niezbędnego minimum.

Poza przestrzeniami zagrożonymi wybuchem należy zwłaszcza instalować urządzenia rozdzielcze, sterownicze i im podobne, które nie są niezbędne w strefach zagrożenia wybuchem..

Instalacje elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinny spełniać wymagania dotyczące instalacji elektrycznych w przestrzeniach nie zagrożonych wybuchem, i dodatkowo wymagania dotyczące instalacji elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, zwłaszcza normy PN-EN 60079-14 [29, 30].

Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinny być instalowane:

- zgodnie z dokumentacją projektową, dokumentacją techniczno-ruchową i instrukcją producenta,
- po sprawdzeniu ich stanu technicznego,
- po sprawdzeniu ich zgodności z certyfikatem lub z deklaracją zgodności producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela,
- przez pracowników wykwalifikowanych w zakresie budowy i montażu urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym, których kwalifikacje są potwierdzone egzaminem przed komisją kwalifikacyjną.
- urządzenia uszkodzone lub nie zgodne z certyfikatem lub z deklaracją zgodności powinny być wycofane z montażu,

Urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym powinny być lokalizowane tak, aby nie było utrudnione ich chłodzenie, nie były poddawane wpływom pól elektromagnetycznych, działaniom mechanicznym i szkodliwym oddziaływaniom środowiska pracy, wstrząsom i wibracjom.

10.2. Dokumentacja

W celu prawidłowego wykonania instalacji elektrycznych lub ich modernizacji w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, w stosunku do dokumentacji instalacji elektrycznych w przestrzeniach niezagrożonych są dodatkowo wymagane:

- dokumenty klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem do stref zagrożenia
- instrukcje budowy i połączeń instalacji,
- dokumentacje urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym (deklaracje zgodności, świadectwa zgodności) zwłaszcza urządzeń, których numer certyfikatu jest opatrzony literą X lub innymi odnośnikami,

- wymagania producenta w stosunku do osób eksploatujących instalowane urządzenia, zwłaszcza urządzenia nie certyfikowane,
- informacje niezbędne do wykonania prawidłowej instalacji podane w formie odpowiadającej osobom zajmującym się montażem,
- informacje niezbędne do sprawdzenia i odbioru instalacji, np. wykaz lokalizacji urządzeń,
- informacje i dokumenty niezbędne do prowadzenia eksploatacji zainstalowanych urządzeń.

10.3. Ochrona przed wpływami zewnętrznymi

Urządzenia elektryczne przewody i kable powinny być zabezpieczone przed wpływami zewnętrznymi – cieplnymi, chemicznymi, mechanicznymi, przed wibracjami i wilgocią, które mogą mieć wpływ destrukcyjny na zabezpieczenia przeciwwybuchowe, np. na powierzchnie szczelin ognioszczelnych, na izolację części czynnych.

Całość urządzeń przeciwwybuchowych może być naruszona, jeżeli pracują one przy temperaturach zewnętrznych lub ciśnieniach innych niż te, do których były skonstruowane, istnieje ryzyko:

- a) uszkodzenia obudów urządzeń,
- b) natychmiastowego zapalenia otaczającej mieszaniny wybuchowej,
- c) przepływu par ciecży lub gazów wzdłuż wnętrza kabli do przestrzeni nie zagrożonych wybuchem

W przypadku urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym, w obudowach z metali lekkich należy zwrócić uwagę na niebezpieczeństwo iskrzenia przy tarcu lub uderzeniu i możliwość zapalenia mieszanin wybuchowych.

W przypadku konieczności pomiarów ciągłych instalacji elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem konieczne jest użycie aparatury atestowanej przystosowanej do mieszanin wybuchowych występujących w danej przestrzeni.

10.4. Zabezpieczenie przed iskrzeniem

Należy zapobiegać powstawaniu iskier zdolnych do zapalenia mieszanin wybuchowych w przypadku nieostrożnego dotknięcia do części czynnych nie izolowanych innych niż w obwodach iskrobezpiecznych.

Wszystkie dostępne konstrukcje i obudowy z materiałów przewodzących powinny być połączone z szyną ekwipotencjalną (główną szyną wyrównawczą).

10.5. Układy sieciowe

W instalacjach elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mogą być stosowane następujące układy sieciowe: TN, TT lub IT.

Spośród układów TN należy stosować tylko system TN-S. Miejsce przejścia z układu TN-C do układu TN-S i jego uziemienie powinno być lokalizowane poza przestrzeniami zagrożonymi wybuchem.

W przestrzeniach zagrożonych wybuchem należy zapobiegać prądom upływowym między przewodem neutralnym N i ochronnym PE.

System TT może być stosowany jedynie w przypadku możliwości uzyskania bardzo małych rezystancji uziemień, co zapobiega powstawaniu prądów szczytkowych i utrzymywaniu się napięć niebezpiecznych dla ludzi. Przy wysokich rezystancjach uziemień ten system nie może być stosowany.

Przy stosowaniu układu IT powinno być zainstalowane urządzenie do ciągłej kontroli rezystancji izolacji w celu wykrycia pierwszego zwarcia z ziemią (doziemienia).

Układy bardzo niskiego napięcia bezpiecznego PELV i SELV mogą być stosowane na warunkach określonych w normie PN-IEC 60364 –4 –41 [PN-IEC-3]

Separacja elektryczna może być stosowana na warunkach określonych w normie PN-IEC-4-41 . Z obwodu separowanego może być zasilany tylko jeden odbiornik.

10.6. Wyrównywanie potencjałów

W układach sieciowych TN-S, TT i IT wszystkie dostępne części przewodzące i części przewodzące obce powinny być metalicznie połączone z szyną wyrównawczą.

System wyrównawczy powinien obejmować: przewód ochronny, metalowe rury wodociągowe, metalowe zbrojenie kabli, zbrojenia konstrukcji budowlanych, uziomy otokowe i fundamentowe lecz nie może obejmować przewodu neutralnego.

Części przewodzące dostępne nie muszą być indywidualnie łączone z szyną wyrównawczą, jeżeli mają pewne połączenie ze zbrojeniem budynku lub z metalowymi rurami instalacji połączonymi z główną szyną wyrównawczą.

Wszystkie połączenia śrubowe powinny być zabezpieczone przed samoodkręceniem (np. pod wpływem wibracji lub wstrząsów).

Metalowe obudowy aparatów iskrobezpiecznych nie muszą być łączone z przewodem ochronnym, jeżeli nie wymaga tego dokumentacja techniczna urządzenia lub zasady ochrony przed gromadzeniem się ładunków elektryczności statycznej.

Również nie muszą być połączone z główną szyną wyrównawczą metalowe części obce budynków, jeżeli nie ma obawy pojawienia się na nich potencjałów niebezpiecznych, np. metalowe ościeżnice drzwi i okien

Ochrona przed elektrycznością statyczną

W czasie projektowania instalacji elektrycznych należy przewidzieć środki ograniczające gromadzenie się ładunków elektryczności statycznej. Połączenia wyrównawcze pomiędzy elastyczną i sztywną instalacją mogą wymagać specjalnego wykonania, np. w przypadku używania wkładek izolacyjnych w połączeniach, tzw. monobloków.

Ochrona katodowa części metalowych

Instalacja ochrony katodowej nie powinna być łączona z przewodem uziemiającym, jeżeli nie jest on specjalnie do tego przystosowany.

W strefach 0 zagrożenia wybuchem nie należy stosować ochrony katodowej części metalowych, jeżeli nie jest ona specjalnie zaprojektowana do tej przestrzeni z uwzględnieniem występujących w niej specyficznych warunków (ciągłej emisji czynników tworzących mieszaniny wybuchowe).

10.7. Bezpieczeństwo elektryczne

Przewody, kable i urządzenia elektryczne powinny być zabezpieczone przed przeciążeniami i przed szkodliwym działaniem prądów zwarcia między przewodami i między przewodami i ziemią.

Silniki elektryczne powinny być dodatkowo zabezpieczone przed przeciążeniami i prądami zwarciovymi jeżeli mogą one wywołać niedopuszczalne nagrzewanie obudowy. Urządzenie do bezpośredniej kontroli temperatury powinno zawierać czujniki temperatury w każdej fazie.

Należy również zastosować środki zabezpieczające urządzenia wielofazowe przed pracą przy zaniku jednej lub większej liczby faz, np. silniki trójfazowe. Jeżeli natychmiastowe samoczynne wyłączenie zasilania mogłoby być bardziej niebezpieczne niż zagrożenie inicjacją wybuchu może być alternatywnie zastosowane urządzenie alarmowe jednak pod warunkiem, że zadziałanie urządzenia alarmowego będzie natychmiast zauważone i będzie bezzwłocznie podjęta akcja ratunkowa.

Transformatory nie muszą być dodatkowo zabezpieczone przed przeciążeniem jeżeli

mogą one wytrzymać ciągły wtórny prąd zwarciov przy pierwotnym znamionowym napięciu i częstotliwości bez niedopuszczalnego nagrzania i kiedy przeciążenie nie jest spodziewane przy włączeniu obciążenia

Urządzenie zapobiegając skutkom zwarcia lub doziemienia nie powinno dopuścić do ponownego załączenia transformatora przed usunięciem przyczyny uszkodzenia.

10.8. Przeciwpożarowy wyłącznik zasilania

Instalacje elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinny być wyposażone w przeciwpożarowe wyłączniki zasilania (prądu). Wyłączniki zasilania powinny być umieszczone w miejscach łatwo dostępnych w przestrzeni niezagrożonej wybuchem, i powinny być zabezpieczone przed dostępem osób niepowołanych.

Wyłączniki zasilania nie powinny obejmować obwodów zasilających urządzenia niezbędne do prowadzenia ewakuacji i akcji gaśniczej.

10.9. Przewodowanie

Oprzeodowanie w przestrzeniach zagrożonych wybuchem może być wykonywane: przewodami, kablami lub w rurach na tynku. Instalacje w rurach wykonywane są w Polsce tylko wyjątkowo.

Żyły przewodów i kabli powinny być miedziane do przekroju 10 mm² włącznie.. Przewody i kable z żyłami aluminiowymi mogą być stosowane tylko wtedy, gdy ich przekrój wynosi co najmniej 16 mm².

Przewody i kable powinny być tak dobrane, zainstalowane i zabezpieczone aby w trakcie eksploatacji nie mogły być przekroczone maksymalne dopuszczalne temperatury ich powierzchni (dopuszczalne temperatury przy poszczególnych klasach temperaturowych występujących mieszanin wybuchowych). Gdy są zainstalowane kable inne niż „wysokotemperaturowe” w.g. wskazówek wytwórcy; temperatura ich powierzchni zewnętrznych nie powinna, w normalnych warunkach pracy, przekraczać temperatur klasy T4. W praktyce jest niespotykane przekroczenie temperatury klasy T6.

Instalacje elektryczne powinny być zabezpieczone przed skutkami zwarć i przeciążeń, przed przepięciami i niebezpieczeństwem porażenia prądem elektrycznym.

Przewody, kable i ich osprzęt powinny być tak instalowane, aby nie były narażone na wpływy mechaniczne, chemiczne, cieplne i inne destrukcyjne działania środowiska.

Jeżeli uniknięcie wpływów środowiskowych nie jest możliwe, to w zależności od warunków przewody powinny być chronione osłonami, np. rurami stalowymi lub zastąpione

kablami zbrojonymi, w izolacji mineralnej, w powłokach z tworzyw sztucznych lub bezszwowymi rurami aluminiowymi.

Jeżeli kable narażone są na wstrząsy i wibracje powinny mieć wykonanie odporne na te wpływy bez uszkodzenia.

Zewnętrzne powłoki przewodów i kabli powinny być wykonane z materiałów nie przenoszących płomienia.

Przewody jednożyłowe nieopancerzone mogą być stosowane tylko w instalacjach rurowych lub do połączeń wewnątrz urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Kable mogą być układane bezpośrednio w ziemi, w kanałach, na konstrukcjach stalowych, na ścianach budynku z wyjątkiem powierzchni odciążających, oddzielen przeciwpożarowych i zabezpieczeń ogniochronnych, np. ekranów.

Rury osłonowe kabli i przewodów chroniące od uszkodzeń mechanicznych powinny być na obu końcach uszczelnione.

Konstrukcje nośne kabli i przewodów, rury stalowe instalacyjne i osłonowe powinny być uziemione i połączone z przewodem ochronnym PE w zależności od przyjętej ochrony przeciwporażeniowej

Połączenia przewodów i rur z urządzeniami przeciwwybuchowymi powinny być wykonane w sposób odpowiadający rodzajowi wykonania przeciwwybuchowego tych urządzeń.

Otwory w obudowach i osłonach urządzeń nie wykorzystane do wprowadzenia przewodów, kabli lub rur powinny być zaślepienie w sposób odpowiadający wykonaniu przeciwwybuchowemu urządzenia zaślepkami, których usunięcie jest możliwe tylko przy użyciu narzędzia.

Przejścia przewodów i kabli przez ściany i stropy powinny być chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi i uszczelnione materiałem nie przenoszącym płomienia o dobrych właściwościach termoizolacyjnych, np.

- przepusty ognioszczelne,
- przepusty kablów z wełny mineralnej,
- przepusty kablów z pianki ogniochronnej,
- otwory uszczelnione zaprawą ogniochronną,
- przepusty z elastycznych kształtek.

Przewody i kable prowadzone przez strefy zagrożone wybuchem z przestrzeni nie zagrożonych do innych przestrzeni nie zagrożonych wybuchem (tranzytem) powinny spełniać

wymagania stawiane przewodom i kablom wykorzystywanym w tych strefach zagrożonych wybuchem.

Przewody i kable przechodzące przez strefy zagrożone wybuchem nie powinny być przecinane. Jeżeli nie można tego uniknąć, to połączenia powinny być wykonywane w puszkach w wykonaniu przeciwybuchowym odpowiednim do strefy zagrożenia wybuchem albo wewnątrz urządzeń, np. opraw oświetleniowych. Żyły niewykorzystane w kablach wielożyłowych powinny być uziemione.

Gołe przewody linii napowietrznej elektroenergetycznej lub telekomunikacyjnej zasilające urządzenia w strefie zagrożonej wybuchem powinny być zakończone w strefie bezpiecznej (nie zagrożonej wybuchem), do strefy zagrożonej wybuchem należy wprowadzić kable lub przewody w rurach stalowych.

Szczegółowe wymagania odnośnie do prowadzenia przewodów w poszczególnych strefach zagrożonych wybuchem podane są w normie PN-EN 60079-14. [29, 30].

Oprzewodowanie w przestrzeniach zagrożonych wybuchem zainstalowane na stałe może być wykonane kablami w izolacji i powłoce mineralnej ze zbrojeniem z drutów lub taśm stalowych, kablami w izolacji i w powłokach z tworzyw sztucznych nie zawierających związków halogenowych i nie przenoszących płomienia, przewodami wielożyłowymi w izolacji i powłokach z tworzyw sztucznych np. PE, PUR.

Tablica 10.1. Wybrane tworzywa izolacyjne i powłokowe

Skrót	Nazwa chemiczna	Temperatura pracy °C	Palność	Wskaźnik tlenowy % O ₂	Wartość opałowa MJ/kg	Zawartość halogenów
PCW	plastyfikowany polichlorek winylu	-30 do 70	sg ¹⁾	23 - 42	17 - 25	tak
PCW	ciepłoodporny	-25 do 105	sg	24 - 42	16 - 20	tak
PE	polietylen izolacyjny	-50 do 100	palny	b.d. ²⁾	b.d.	nie
VPE	polietylen usieciowany	b.d.	b.d.	22	42 - 44	nie
LDPE	polietylen wysokociśnieniowy	-50 do 70	palny	22	42 - 44	nie
HDPE	polietylen niskociśnieniowy	-50 do 100	palny	22	42 - 44	nie
PUR	poliuretan	-40 do 100	sg	20 - 26	20 - 26	tak
PI, PA	poliamid	- 40 do 110	palny	22	27 - 31	tak
PFA	polimer perfluorowy	- 190 do 260	sg	>95	5	tak
PP	polipropylen	- 50 do 110	palny	22	42 - 44	nie
PTFE	teflon	- 190 do 260	sg	>95	5	tak
PEEK	polieteroeteroketon	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
ETFE	etylen-4-fluoroetylen	- 100 - 150	sg	30 - 35	14	tak
FEP	tetrafluoroetylen	- 100 do 200	sg	>95	5	tak
TPE-O	termoplastyczny elastomer poliestrowy	-40 do 120	palny	<29	20 - 25	nie
TPE-P	termoplastyczny elastomer poliestrowy	-70 do 125	palny	<25	23 -28	nie
TPE-S	termoplastyczny elastomer	- 75 do 140	palny	b.d.	b.d.	b.d.

	poliestrowy					
FRHF	tworzywo poliolefinowe	- 30 do 90	sg	b.d.	b.d.	nie
FRNC	kompozyt kauczukowy ognioodporny niekorozyjny	b.d	b.d.	b.d.	b.d	b.d.
SI	guma silikonowa	-6 do 180 (200)	trudno-palna	25 - 35	17 – 19	nie
EWA	acetat etylenowinyłowy	-30 do 125	palny	22	19 - 23	nie
FEP	Fluoro etyleno propylen	-100 do 205	sg	>95	5	nie
	1) samogasnący					
	2) brak danych					

Przewody przeznaczone do zasilania urządzeń przenośnych i ruchomych powinny to być przewody oponowe w wykonaniu przemysłowym w izolacji i powłoce z polichlorku winylu oponowego lub innego adekwatnego tworzywa, odporne na uszkodzenia mechaniczne i wielokrotne przeginanie. Minimalny przekrój żył roboczych nie może być mniejszy od 1mm^2 Cu. Jeżeli jest potrzebny, przewód ochronny powinien być w jednej osłonie z pozostałymi żyłami.

Urządzenia przenośne na napięcie znamionowe nie przekraczające 250 V względem ziemi i prąd znamionowy do 6 A mogą być zasilane przewodami w normalnej izolacji i powłoce z tworzywa sztucznego lub z gumy. Przewody te nie nadają się jednak do zasilania urządzeń ręcznych narażonych na silne mechaniczne działania np. lampy przenośne.

Do urządzeń przenośnych powinny być stosowane następujące przewody elastyczne:

- zwykłe elastyczne przewody w izolacji i powłoce gumowej,
- zwykłe elastyczne przewody w izolacji i powłoce z tworzyw sztucznych, np PCW,
- przewody elastyczne w powłoce z tworzyw oponowych,

10.10. Wprowadzanie przewodów do urządzeń przeciwybuchowych

Dławice kablowe są jednym z ważniejszych elementów właściwie wykonanego oprzewodowania instalacji elektrycznych. Celem ich stosowania jest przede wszystkim:

- zapewnienie szczelności w miejscu wprowadzenia kabli do urządzeń i zapewnienie odpowiedniej ochrony przed wnikaniem obcych ciał stałych i wilgoci do wnętrza obudów, np. do skrzynek przyłączeniowych silników elektrycznych, rozdzielnic, pulpitów, szaf sterowniczych i innych urządzeń ruchomych i stacjonarnych,
- zabezpieczenie przewodów przed uszkodzeniami mechanicznymi, wyrwaniem, skręcaniem wokół własnej osi itp.,
- zabezpieczenie przewodów przed skutkami wibracji,

- współpraca z osłonami urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Do wprowadzania kabli do urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym produkowane są dławice w wykonaniu przeciwwybuchowym w odmianach przeznaczonych do kabli bez opłotu zewnętrznego, do kabli ekranowanych opłotem miedzianym, zbrojonych taśmą lub drutami stalowymi.

Są one standardowo oznaczane symbolami Ex II2G/D albo ExII3 G/D zgodnie z zasadami oznaczania elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Dławice te wykonane są z mosiądzu niklowanego z uszczelkami z neoprenu lub podobnego materiału o odpowiedniej elastyczności i odporności na wpływy środowiska pracy. Mogą one być stosowane w instalacjach zarówno wewnątrz budynków, jak i na zewnątrz w temperaturach od -40°C do 100°C . Dławice tego typu wykonywane są w stopniu ochrony przed dotknięciem, przedostawaniem się obcych ciał stałych oraz wody IP68 i wytrzymują nadciśnienie od 5 do 10 barów, a niekiedy nawet do 20 barów.

Dławice przeznaczone do wprowadzania kabli ekranowanych lub zbrojonych wyposażone są w pierścień uziemiający.

Do wprowadzania przewodów do urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy II, kategorii 2 i 3 przeznaczonych do pracy w obecności mieszanin wybuchowych gazowych w strefach zagrożenia wybuchem 1 i 2 i do pracy w obecności mieszanin wybuchowych pyłowych w strefach zagrożenia wybuchem 21 i 22, produkowane są również dławice z tworzyw sztucznych zwłaszcza z poliamidu lub polistyrolu zgodne z wymaganiami dyrektywy UE ATEX 100a. Dławice te mają zazwyczaj stopień ochrony IP68 i przeznaczone są do kabli nieekranowanych Temperatura pracy -20 do 80°C .

Dławice w wykonaniu przeciwwybuchowym są badane i certyfikowane zgodnie z wymaganiami określonymi w dyrektywie UE ATEX 100a przez jednostki badawcze notyfikowane i oznaczone symbolem CE.

Dławice kabli i przewodów powinny odpowiadać jednemu z następujących warunków

- a) powinny być wykonane wg. wymagań określonych w normie PN-EN 60079-0 [20] i certyfikowane wraz z urządzeniem w wykonaniu przeciwwybuchowym jako jego część składowa wraz z wzorcowym odcinkiem przewodu (kabla) o określonej średnicy
- b) uszczelki dławic powinny być wykonane z materiału nie przenoszącego płomienia, nie higroskopijnego o wymiarach ściśle odpowiadających średnicy kabla lub przewodu.

W normie PN-EN 60079-14 [29, 30] podane są dodatkowe szczegółowe wymagania odnośnie do wykonania instalacji elektrycznych w poszczególnych strefach zagrożenia wybuchem oraz w zakresie instalowania poszczególnych rodzajów urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym.

11. Eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

11.1. Wiadomości ogólne

Na eksploatację urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem składają się: obsługa, oględziny i przeglądy stanu technicznego, pomiary eksploatacyjne oraz konserwacja i naprawy.

Eksploatację urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mogą prowadzić tylko osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje dozoru (D) oraz eksploatacji (E) potwierdzone „świadectwem kwalifikacyjnym” uzyskanym w wyniku egzaminu przed komisją kwalifikacyjną.

Eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinna być prowadzona na podstawie „Instrukcji eksploatacji” zatwierdzonej przez kierownika zakładu pracy, dokumentacji techniczno ruchowej wydanej przez wytwórcę, wymagań normy PN-EN 60079-17: [32], a także innych norm, przepisów i instrukcji związanych z eksploatacją, bezpieczeństwem pracy i bezpieczeństwem przeciwpożarowym urządzeń w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

Praktycznie eksploatacja rozpoczyna się już w trakcie odbioru, przekazywania urządzeń do ruchu i rozruchu, co odbywa się na ogólnych zasadach z uwzględnieniem specyficznych okoliczności wynikających z zagrożenia wybuchem.

W trakcie eksploatacji urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem należy przestrzegać terminów czynności kontrolnych określonych w instrukcji eksploatacji, a zwłaszcza terminów oględzin, przeglądów okresowych, oceny stanu technicznego i pomiarów kontrolnych oraz oceny ryzyka.

Wyniki przeprowadzonych czynności kontrolnych i wyciągnięte wnioski powinny być odnotowane w dokumentacji eksploatacyjnej, do której zalicza się zwłaszcza: instrukcję eksploatacji, harmonogramy czynności kontrolnych, dzienniki zmianowe, protokoły z pomiarów eksploatacyjnych, karty remontowe.

Dorywcze czynności eksploatacyjne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mogą być wykonywane tylko wówczas, gdy stężenie czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem

nie przekracza 10% dolnej granicy wybuchowości, zaś w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi zaliczonych do strefy zagrożenia wybuchem 1 lub 2 (21 lub 22) tylko wówczas, gdy nie są przekroczone NDS (najwyższe dopuszczalne stężenia).

11.2 Oględziny

Oględziny urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mają na celu ocenę stanu technicznego urządzeń i aparatury pomocniczej za pomocą wzroku, słuchu i dotyku bez ich rozkręcania i otwierania obudów i polegają na:

- 1) odczytach wskazań zainstalowanej na stałe aparatury kontrolno pomiarowej, sprawdzeniu działania zabezpieczeń i blokad elektrycznych i mechanicznych,
- 2) sprawdzeniu temperatur osłon zewnętrznych,
- 3) sprawdzeniu stanu przewodów, ich osłon oraz uszczelnień wprowadzeń do urządzeń,
- 4) sprawdzeniu działania wentylacji i innych systemów zabezpieczających,
- 5) sprawdzeniu pracy łożysk i układów smarowania,
- 6) sprawdzeniu działania automatyki przemysłowej i zabezpieczeniowej,
- 7) sprawdzeniu prawidłowości przesyłania sygnałów,
- 8) sprawdzeniu stanu powierzchni zewnętrznych urządzeń, połączeń śrubowych i zatrzaskowych, stanu i czytelności tabliczek znamionowych i innych napisów informacyjnych i ostrzegawczych.

Oględziny powinny być wykonywane w terminach określonych w instrukcjach eksploatacji.

11.3. Przeglądy okresowe

Przeglądy okresowe urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mają na celu ustalenie, czy urządzenie może nadal pracować w sposób bezpieczny w zakresie ustalonych parametrów, zakresu konserwacji regulacji, napraw i remontów w terminach określonych w instrukcjach eksploatacji. Przegląd może być przeprowadzony na stanowisku pracy w czasie przerwy remontowej lub w warsztacie w zależności od istniejących warunków technicznych i organizacyjnych. W ramach przeglądu powinny być przeprowadzone pomiary i badania eksploatacyjne, w tym pomiary ochronne.

Przegląd powinien obejmować co najmniej:

- 1) czynności wykonywane w czasie oględzin,
- 2) sprawdzenie stanu zabezpieczeń przed zainicjowaniem wybuchu,

- 3) sprawdzenie stanu zabezpieczeń, zestyków aparatury łączeniowej i połączeń przewodów,
- 4) sprawdzenie stanu części elektrycznych i elektronicznych wewnątrz osłon,
- 5) sprawdzenie stanu przyłączeń przewodów w skrzynkach zaciskowych,
- 6) sprawdzenie stanu technicznego urządzeń współpracujących zainstalowanych na zewnątrz stref zagrożonych wybuchem

Czynności przeglądowe specyficzne dla poszczególnych wykonań urządzeń przeciwwybuchowych wyspecyfikowane są w normie PN-EN 60079-17 [

W przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem zakres przeglądów urządzeń i oprzewodowania, ze względu na podobieństwo konstrukcji jest podobny do czynności przeglądowych w strefach zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych.

Główne różnice polegają na dodatkowym sprawdzeniu stopnia ochrony IP urządzeń w osłonach tD ze względu na przewodność elektryczną, otaczającego urządzenie pyłu oraz badanie temperatur powierzchni, na których mogą zalegać złoża pyłu osiadłego.

Zakończenie przeglądów

Po zakończeniu przeglądów należy usunąć stwierdzone usterki oraz sporządzić protokoły z przeglądów zawierające mi opis zakresu przeprowadzonych przeglądów, ocenę stanu technicznego urządzeń i oprzewodowania, wnioski i zalecenia.

:Protokoły z przeglądów powinny być przechowywane wraz z dokumentacją techniczną urządzeń i instalacji przez okres określony w instrukcji eksploatacji.

11.4. Pomiary w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

Pomiary w przestrzeniach zagrożonych wybuchem można podzielić na:




- pomiary odbiorcze.
- pomiary parametrów technologicznych
- pomiary eksploatacyjne

Pomiary odbiorcze

Pomiary i badania odbiorcze instalacji i urządzeń elektrycznych w przestrzeniach potencjalnie zagrożonych wybuchem nowobudowanych lub modernizowanych wykonuje się przed ich rozruchem i w czasie rozruchu przed oddaniem do eksploatacji, przed napełnieniem instalacji technologicznych surowcami, a więc przed powstaniem zagrożenia wybuchem. Pomiary takie wykonuje się na ogólnych zasadach przyrządami w wykonaniu zwykłym – nieprzeciwwybuchowym.

Pomiary parametrów technologicznych

Do pomiarów obsługowych eksploatacyjnych i procesowych w czasie normalnych przebiegów procesów technologicznych mogą być stosowane tylko przyrządy atestowane w wykonaniu iskrobezpiecznym lub innym przeciwwybuchowym, np. w osłonach ognioszczelnych zainstalowane na stałe lub przenośne. Zakres stosowania tych przyrządów w zależności od strefy zagrożenia wybuchem wynika z ich atestu i oznakowania:

- w strefie zagrożenia wybuchem 0 i 20 przyrządy oznakowane:  II 1G Ex ia IIC T6 – mogą pracować bezpiecznie w obecności mieszanin wybuchowych wszystkich gazów palnych, par cieczy palnych i pyłów z powietrzem,
- w pozostałych strefach zagrożenia wybuchem – 1, 2, 21 i 22 mogą być stosowane przyrządy przeznaczone do strefy 0 oraz oznakowane:  II 2G Ex ia IIC T4 (T6) lub  II 2G/D Ex ib IIC T4(T6) w zależności od temperatury samozapalenia czynnika palnego występującego w danej strefie zagrożenia wybuchem

Do najczęściej spotykanych przyrządów zainstalowanych na stałe i przenośnych w wykonaniu iskrobezpiecznym należą m. in. czujniki wielkości fizycznych, eksplozometry stacjonarne i przenośne, próbniki pola magnetycznego, bezkontaktowe wskaźniki napięcia, testery ciągłości obwodów elektrycznych, kalibratory temperatury, częstotliwości, pól elektromagnetycznych i magnetycznych, bezkontaktowe mierniki temperatury, mierniki poziomu, ciśnienia, rezystancji uziemień, multimetry, mierniki oparte na technice laserowej oraz przekazu radiowego.

Pomiary eksploatacyjne

Pomiary eksploatacyjne nazywane często „pomiarami ochronnymi” są to pomiary okresowe, planowane, zwłaszcza urządzeń ochrony przeciwporażeniowej, rezystancji izolacji przewodów i urządzeń elektrycznych oraz stanu technicznego urządzeń elektrycznych przeciwwybuchowych, np. prześwitów szczelin gaszących w urządzeniach ognioszczelnych.

Pomiary ochronne, zwłaszcza rezystancji izolacji, ochron przeciwporażeniowych i rezystancji uziemień piorunochronnych mogą być wykonywane tylko przez osoby dozoru i eksploatacji, mające w zaświadczeniu kwalifikacyjnym wpis uprawniający do wykonywania pomiarów ochronnych.

Pomiary i próby okresowe przeprowadza się w celu sprawdzenia, czy stan techniczny instalacji lub jej części nie pogorszył się na tyle, że jej dalsze użytkowanie jest niebezpieczne i nie spełnia ona wymagań przepisów i norm.

Trzeba ponadto sprawdzić, czy nie były przeprowadzane zmiany w instalacjach i czy nie mają one negatywnego wpływu na ich stan bezpieczeństwa.

Zakres pomiarów i metody ich wykonywania są zazwyczaj takie same, jak pomiarów odbiorczych. W przestrzeniach zagrożonych wybuchem pomiary okresowe powinny być wykonywane nie rzadziej niż raz w roku

Prace pomiarowe przede wszystkim rezystancji izolacji, ochron przeciwporażeniowych, stanu technicznego urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym, zwłaszcza w przestrzeniach zagrożonych wybuchem należą do prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia i dla tego powinny być wykonywane przez co najmniej dwie osoby. Prace te najczęściej wykonuje się przyrządami w wykonaniu zwykłym i nie przystosowanymi do użytkowania w obecności mieszanin wybuchowych.

Takie postępowanie jest dopuszczalne tylko wtedy, gdy istnieje pewność, że w rejonie wykonywania pomiarów nie występują i nie wystąpią mieszaniny wybuchowe.

Taką pewność można uzyskać tylko w wyniku wykonania pomiarów stężeń w powietrzu substancji palnych stosowanych w aparaturze technologicznej znajdującej się w danej przestrzeni. W przestrzeniach nie wentylowanych lub słabo wentylowanych np. w studzienkach zaworowych, czy pompowych nigdy nie można uzyskać absolutnej pewności braku stężeń wybuchowych.

W takich przestrzeniach pomiary elektryczne mogą być wykonywane wyłącznie przyrządami w wykonaniu iskrobezpiecznym.

Pomiary eksplozymetryczne poprzedzające pomiary elektryczne powinny być wykonywane przez służby technologiczne, pracowników laboratorium zakładowego, a nie przez elektryków wykonujących pomiary elektryczne.

Przed rozpoczęciem prac pomiarowych elektrycznych osoba odpowiedzialna za prowadzenie procesu technologicznego wraz z wykonawcą pomiarów powinni:

- ocenić zagrożenie wybuchem w rejonie przyszłego wykonywania pomiarów na podstawie przeprowadzonych pomiarów eksplozymetrycznych, (poziomu stężeń czynników palnych)
- ustalić rodzaj zabezpieczeń przed powstaniem pożaru lub wybuchu w czasie pomiarów,
- wskazać osoby odpowiedzialne za przygotowanie i zabezpieczenie miejsc pracy, przeprowadzenie pomiarów oraz za przywrócenie stanu pierwotnego urządzeń po zakończeniu pomiarów.

W strefach zagrożonych wybuchem 0, 1, 20 oraz w miejscach, w których wcześniej wykonywano prace z użyciem gazów palnych, cieczy palnych lub materiałów pyłących pomiary ochronne mogą być prowadzone tylko wtedy, gdy stężenie par tych cieczy lub gazów nie przekracza 10% ich dolnej granicy wybuchowości..

Prace pomiarowe nie mogą być wykonywane zwłaszcza w miejscach i w czasie:

- przygotowywania do stosowania cieczy palnych i gazów palnych,
- stosowania cieczy palnych, np. do malowania, lakierowania, klejenia, mycia, nasycania,
- suszenia z wydzielaniem par cieczy palnych, usuwania pozostałości cieczy palnych ze stanowisk pracy.

Aby nie powodować błędów pomiaru większych niż to wynika z przyjętych metod pomiarowych i klas dokładności zastosowanych przyrządów pomiarowych oraz nie stwarzać dodatkowych zagrożeń w czasie wykonywania pomiarów powinny być zachowane co najmniej następujące warunki:

- utrzymywanie stężenia czynników palnych na poziomie nie przekraczającym 10% ich dolnej granicy wybuchowości w ciągu całego okresu wykonywania pomiarów,
- ustawienie przyrządów pomiarowych w miejscach, w których nie mogą wystąpić mieszaniny wybuchowe, wstrząsy lub silne pola elektromagnetyczne,
- zabezpieczenie rejonu wykonywania pomiarów przed porażeniem elektrycznym, pożarem lub wybuchem,
- w trakcie wykonywania pomiarów ochronnych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym można otwierać tylko – skrzynki zaciskowe oraz zdejmować klosze opraw oświetleniowych.

Poza standardowymi pomiarami skuteczności działania ochron przeciwporażeniowych oraz rezystancji izolacji przewodów i urządzeń i separacji obwodów konieczne jest przeprowadzenie lub sprawdzenie;

- oględzin stanu i pomiar prześwitów szczelin gaszących w osłonach ognioszczelnych i porównanie wyników z danymi w dokumentacji fabrycznej,
- pomiarów temperatur powierzchni zewnętrznych silników elektrycznych i innych urządzeń mogących się nagrzewać w czasie normalnej pracy i w przypadku nienormalnych stanów pracy. Temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych w strefach zagrożenia wybuchem nie mogą przekraczać maksymalnych dopuszczalnych temperatur przy poszczególnych klasach temperaturowych mieszanin wybuchowych,
- pomiary drgań silników elektrycznych w czasie biegu jałowego i pod obciążeniem,
- pomiary nadciśnienia w osłonach urządzeń elektrycznych z nadciśnieniem statycznym i dynamicznym,
- w urządzeniach z nadciśnieniem sprawdzenie blokad uniemożliwiających włączenie napięcia przed zakończeniem cyklu wentylacji,

- poziomu oleju w urządzeniach w osłonach olejowych.

Zakończenie prac pomiarowych

Po zakończeniu prac pomiarowych, usunięciu stwierdzonych usterek i przed oddaniem urządzeń do dalszej eksploatacji należy:

- rozewrzeć przewody w skrzynkach zaciskowych, jeżeli były zwierane,
- przyłączyć przewody do właściwych zacisków,
- zainstalować w oprawach źródła światła,
- zamknąć klosze, zwracając uwagę na uszczelnienie,
- sprawdzić stan i jakość połączeń przewodów ochronnych w skrzynkach zaciskowych i na zewnątrz,
- zamknąć skrzynki zaciskowe,
- włączyć napięcie pod nadzorem osób odpowiedzialnych za eksploatację urządzeń elektrycznych w strefach zagrożonych wybuchem i przeprowadzić próbę ich funkcjonowania.

Wszystkie dalsze czynności związane z wykonywaniem pomiarów w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, jak opracowanie protokołów z pomiarów, interpretacja wyników, opracowanie zaleceń wykonuje się identycznie jak przy pomiarach w miejscach nie zagrożonych wybuchem.

11.5. Naprawy

Warunki, jakie powinny być spełnione przy wykonywaniu napraw, remontów, reklamacji i modyfikacji certyfikowanych elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym przeznaczonych do eksploatacji w przestrzeniach zagrożonych wybuchem określone są w normie PN-EN 60079-19 [37]. Wymagania te nie obejmują urządzeń przeciwwybuchowych rodzaju „m”.

W rozumieniu normy naprawą jest przywrócenie uszkodzonemu urządzeniu pełnej sprawności technicznej i zgodności z norą przedmiotową. Przez modyfikację rozumie się wprowadzenie zmian w konstrukcji urządzenia wpływających na jego budowę, materiał, wyposażenie lub funkcjonowanie.

Wykonawcą serwisu elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym obejmującego naprawy, remonty, reklamacje i modyfikacje może być producent, użytkownik lub wyspecjalizowany warsztat remontowy certyfikowany przez notyfikowaną stację badawczą

Zasady ogólne

Technologia wykonywania napraw powinna być zgodna z wymaganiami normy [37]. Jeżeli do naprawy lub remontu stosowane są inne technologie (metody) niż określone w normie, to jest niezbędne uzyskanie akceptacji tych metod przez producenta urządzenia lub instytucję badawczą, która wydała certyfikat, co umożliwi dalszą eksploatację naprawianego urządzenia w przestrzeni zagrożonej wybuchem.

Należy unikać napraw i remontów z przeznaczeniem do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem urządzeń nie mających tabliczki z cechami certyfikacyjnymi zabezpieczenia przeciwwybuchowego.

Wraz z urządzeniem elektrycznym w wykonaniu przeciwwybuchowym przekazywanym do naprawy gwarancyjnej, naprawy lub remontu powinna być dostarczona pełna dostępna dokumentacja, m.in.: certyfikat (deklaracja zgodności), dokumentacja techniczno-ruchowa, instrukcja eksploatacji i inne związane dokumenty, które otrzymał użytkownik przy zakupie urządzenia. Jednostce naprawczej powinna być również dostarczona dokumentacja remontowa urządzenia elektrycznego dostarczona użytkownikowi po wykonaniu poprzednich napraw, jeżeli takie były. Dokumentacja ta powinna być udostępniona jednostce przeprowadzającej bieżący remont w celu dokonania odpowiednich zapisów. Jest to w interesie użytkownika, aby każda naprawa, remont lub modyfikacja była szczegółowo opisana w dokumentacji urządzenia. Wszelkie uwagi zawarte w dokumentacji powinny być brane pod uwagę w czasie przeprowadzania naprawy, remontu lub modyfikacji.

Kwalifikacje osób przeprowadzających naprawy

W normie PN-EN 60079-19 [37] opisane są wymagane kwalifikacje osób przeprowadzających naprawy – powinny to być osoby przeszkolone, posiadające uprawnienia do wykonywania napraw uzyskane w drodze egzaminu przed komisją kwalifikacyjną. Egzamin kwalifikacyjny powinien być powtarzany okresowo.

Dokumentacja

Jednostka naprawcza powinna otrzymać od producenta lub użytkownika wszelkie informacje niezbędne do przeprowadzenia naprawy lub remontu urządzenia przeciwwybuchowego. W tym informacje dotyczące poprzednich napraw, remontów i modyfikacji. Dokumentacja przekazana jednostce remontowej powinna zawierać m.in.:

- opis techniczny urządzenia,
- rysunki,
- instrukcje montażu i demontażu,
- certyfikat (deklarację zgodności),

- warunki bezpiecznego użytkowania,
- oznaczenie,
- rekomendowane metody napraw (zgodne z normą 37),
- wykaz części zamiennych.

Zgodnie z wymaganiami normy dokumentacja techniczna urządzenia dostarczona użytkownikowi wraz z urządzeniem przez producenta powinna zawierać instrukcję napraw.

Gdy certyfikat urządzenia nie jest dostępny, to urządzenie powinno być naprawiane zgodnie z wymaganiami normy przedmiotowej i innych dokumentów związanych

Części zamienne

Zwykłe czynności naprawcze i remontowe zmierzające do przywrócenia urządzeniu pełnej sprawności technicznej i założonych parametrów polegają na wymianie części uszkodzonych na nowe. Wykazy części zamiennych zamieszczone są w instrukcji techniczno-ruchowej urządzenia lub w innych dokumentach związanych.

Części zamienne powinny być uzyskiwane od producenta lub z innych źródeł rekomendowanych przez wytwórcę urządzenia w celu zachowania zgodności naprawianego lub remontowanego urządzenia z certyfikatem. Niektóre części zamienne mogą występować jako typowe części zamienne np. łożyska do silników elektrycznych, inne jako podzespoły

Ex, np.

- dławice kablowe,
- tabliczki zaciskowe,
- przyciski sterujące,
- części elektroniczne i oprawki opraw oświetleniowych.

Uszczelnienia mechaniczne, łożyska, śruby, nakrętki, podkładki i tp. Części zamienne powszechnego użytku nie muszą na ogół odpowiadać jakimś specjalnym wymaganiom, jednak nie mogą to być części nabyte od przypadkowych dostawców bowiem niekiedy muszą one spełniać dodatkowe wymagania, np. materiałowe, czy wytrzymałościowe stawiane przez producentów urządzeń przeciwwybuchowych. Parametry tych elementów podawane są w wykazach części zamiennych, najlepiej więc kupować je u producenta urządzeń przeciwwybuchowych.

Technologie napraw

W normie podane są technologie napraw, łącznie z regeneracją urządzeń elektrycznych przeciwwybuchowych w następujących wykonaniach:

- w osłonach ognioszczelnych,

- w osłonie ciśnieniowej,
- budowy wzmocnionej,
- iskrobezpiecznych,
- w wykonaniu „n”
- przeznaczonych do strefy 0 zagrożenia wybuchem oraz
- urządzeń przeznaczonych do stosowania w obecności mieszanin pyłów z powietrzem rodzaju: „tD” i „pD”.

Według postanowień normy PN-EN 60079-19 [37] dozwolone są naprawy urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym polegające na wymianie zużytych części, np. łożysk w silnikach elektrycznych, dorabianiu lub regeneracji zużytych lub uszkodzonych części przy zastosowaniu technologii akceptowanych przez normę lub producenta urządzenia lub wykonywaniu regulacji w oparciu o dokumentację producenta.

Wymagania dyrektywy Atex 100A- rozporządzenia Ministra Gospodarki mają zastosowanie do urządzeń nowych po raz pierwszy wprowadzanych na rynek, ale odnoszą się również do urządzeń eksploatowanych, w których konstrukcji wprowadzono zmiany i modyfikacje, mogące w sposób istotny wpłynąć na stan ich zabezpieczeń przeciwwybuchowych w zależności od rodzaju konstrukcji przeciwwybuchowej. Przykładem zmian i modyfikacji, mogących mieć istotny wpływ na bezpieczeństwo przeciwwybuchowe urządzeń elektrycznych mogą być:

- zmiana sposobu chłodzenia urządzenia elektrycznego, co może wpłynąć na temperaturę jego powierzchni,
- zmiana sposobu zasilania silnika elektrycznego przez zastosowanie przetwornicy częstotliwości do zasilania silnika elektrycznego nie przystosowanego do takiego zasilania – może to spowodować istotny wzrost temperatury uzwojeń silnika i łożysk,
- zmiana rodzaju lub mocy źródła światła w oprawie przeciwwybuchowej,

Trzeba jednak rozróżnić zmiany i modyfikacje w konstrukcji urządzenia (ingerencje w zabezpieczenia przeciwwybuchowe), które naruszają warunki określone w certyfikacie stacji notyfikowanej i powodują konieczność ponownej atestacji, jak nowego urządzenia od zmian zewnętrznych, np. sposobu zasilania, miejsca ustawienia i innych zmian sposobu użytkowania, nie powodujących konieczności ponownej atestacji urządzenia, ale naruszające wymagania określone w normach i dokumentacji fabrycznej.

Remonty kapitalne polegające na przywróceniu urządzeniom ich pierwotnego stanu technicznego w zakresie zapewniającym bezpieczeństwo przeciwwybuchowe powinny być powierzane wyspecjalizowanym serwisom.

Jeżeli w czasie naprawy były ingerencje w środki zabezpieczające przed wybuchem, to urządzenie powinno być poddane badaniom w jednostce notyfikowanej.

Po naprawie gwarancyjnej, naprawie lub remoncie urządzenie powinno mieć parametry decydujące o bezpieczeństwie przeciwwybuchowym nie gorsze niż urządzenie nowe.

Próby poremontowe silników przeciwwybuchowych przeprowadza się zgodnie z normą [37].

Po naprawie lub remoncie silnika elektrycznego w wykonaniu przeciwwybuchowych należy przeprowadzić co najmniej następujące próby:

- pomiar równości rezystancji uzwojeń – dopuszczalna różnica nie może przekraczać 5%,
- pomiar rezystancji izolacji uzwojeń napięciem 500 V prądu stałego: wartość rezystancji izolacji nie może być mniejsza od 20 MΩ,
- próbę napięciową zgodnie z PN-EN 60034,
- próbę pracy na biegu jałowym – pomiar hałasu,
- pomiar równomierności obciążenia faz – przy zablokowanym wirniku i zasilaniu obniżonym napięciem mierzy się prąd obciążenia we wszystkich fazach, dopuszczalne różnice nie mogą przekroczyć 5% przy wartości prądu obciążenia w granicach 75% do 125% I_n .

Sprawozdanie poremontowe

Po naprawie urządzenia przeciwwybuchowego jednostka remontowa powinna przekazać użytkownikowi sprawozdanie poremontowe zawierające wykaz usterek i sposób ich usunięcia, wyniki pomiarów poremontowych i inne niezbędne informacje:

Oznakowanie urządzeń przeciwwybuchowych po naprawie

Urządzenia elektryczne po naprawie lub remoncie powinno być oznakowane zgodnie z aneksem A do normy na osobnej etykiecie umieszczonej w miejscu widocznym na głównej części urządzenia. W szczególnych okolicznościach może być konieczne dokonanie zmian na oryginalnej tabliczce znamionowej, jej usunięcie lub uzupełnienie, np. jeżeli po naprawie urządzenie jest na tyle zmienione, że nie odpowiada normie lub certyfikatowi.

Jeżeli w czasie naprawy lub remontu urządzenie było zmienione, ale w dalszym ciągu odpowiada wymaganiom określonym w normie dotyczącej danego wykonania przeciwwybuchowego tego urządzenia i w pełni odpowiada wymaganiom certyfikatu, to

pierwotna tabliczka certyfikacyjna nie musi być usunięta. Obok niej powinien być umieszczony symbol R w kwadracie oznaczający, że urządzenie było naprawiane lub remontowane.



Oznakowanie poremontowe powinno zawierać:

- symbol R w kwadracie ale tylko wtedy, gdy remont lub naprawa były przeprowadzone zgodnie z wymaganiami normy,
 - * nr normy „PN-EN 60079-19” lub jej ekwiwalentu
 - * dane warsztatu naprawczego – nazwa, marka, nr certyfikatu,
 - * nr kolejny naprawy w danym warsztacie w ciągu roku,
 - * datę naprawy

Oznakowanie może być umieszczone na tabliczce trwale umocowanej do urządzenia

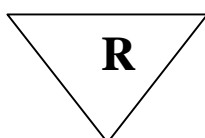
W przypadku kolejnej naprawy oznakowanie dotyczące poprzedniej naprawy powinno być usunięte

Jeżeli norma, wg której urządzenie elektryczne przeciwwybuchowe było produkowane i pierwotnie certyfikowane nie jest znana, to należy posłużyć się wymaganiami aktualnej normy dotyczącej przedmiotowego wykonania przeciwwybuchowego. Pozytywna ocena uzyskanego poziomu bezpieczeństwa przez osobę kompetentną do takiej oceny lub badanie w jednostce notyfikowanej prowadzi do uznania, że urządzenie po naprawie jest bezpieczne.

Jeżeli urządzenie po naprawie nie odpowiada ani wymaganiom normy, ani certyfikatowi to powinno mieć za zgodą użytkownika usunięte wszystkie szczegóły oznakowania dotyczące zabezpieczenia przeciwwybuchowego, lub wyraźne oznaczenie, że nie jest certyfikowane i nie może być użytkowane w przestrzeni, w której może wystąpić mieszanina wybuchowa, do czasu uzyskania ponownego certyfikatu poremontowego.

Symbol R w kwadracie może być używany tylko wtedy, gdy reklamacja, naprawa lub remont są wykonane zgodnie z normą i certyfikatem oraz ze specyfikacją producenta.

Jeżeli urządzenie jest remontowane po raz kolejny, to oznakowanie nadane po poprzedniej naprawie powinno być usunięte i w jego miejsce należy umieścić oznaczenie w postaci litery „R” w trójkącie.



Ustawy, rozporządzenia i normy

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. Prawo budowlane (tekst jednolity, Dz. U. nr 106/2000, poz.1126 z późn. zm.).
- [2] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997r. Prawo energetyczne (Dz. U. nr 54/1997, poz. 348 późn. zm.).
- [3] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. nr 106/1991, poz. 1024 z późn. zm.).
- [4] Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (DZ.U. nr 169/2002, poz. 1386)
- [5] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. nr 166/2002, poz. 1360 z późn. zm.).
- [6] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 109/2010, poz. 719)
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75/2002, poz. 690 z późn..zm. Dz.U. nr 201/2008, poz.1238; Dz..nr 228/2008, poz. 1514; Dz.U. nr 56/2009, poz.461),
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 12 grudnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie. (Dz. U. nr 240/2007, poz. 1753).
- [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadanych kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci elektrycznych (Dz. U. nr 89/2003, poz.828).
- [10] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 września 1999r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach i instalacjach energetycznych. [11]
- [11] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz. U. nr 263/2005, poz. 2203).
- [12] ATEX – Wytyczne wdrażania wydanie drugie 2005, aktualizacja 2007r.
- [13] Niewiążące wskazówki właściwego postępowania dotyczące wykonania dyrektywy 1999/92/WE (atmosfery wybuchowe) Komisja Europejska.

- [14] PN-EN 60079-10:2003 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10. Klasyfikacja obszarów niebezpiecznych. (oryg); ważna do 01.03.2012.
- [15] PN-EN 60079- 10-1:2009 Atmosfery wybuchowe - Część 10-1 –Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe (oryg)
- [16] PN-EN 60079- 10-2:2009 Atmosfery wybuchowe. Część 10-2 –Klasyfikacja przestrzeni – Atmosfery zawierające pył palny (oryg)
- [17] PN-EN 61241-10:2005 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłów palnych. Część 10 Klasyfikacja obszarów, w których mogą być obecne pyły palne (oryg); ważna do 2012. 06. 01
- [18] PN-EN 1127-1:2009 Atmosfery wybuchowe. . Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1. Pojęcia podstawowe i metodyka
- [19] PN-EN 1127-2+A1:2010 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi ochrona przed wybuchem. Część 2. Pojęcia podstawowe i metodologia dla górnictwa
- [20] PN-EN 60079-0:2009 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 0. Wymagania ogólne; ważna do 2012.06.01,
- [21] PN-EN 60079-0:2009 Atmosfery wybuchowe – Część 0: Sprzęt – Podstawowe wymagania (oryg)
- [22] PN-EN 60079 -1:2010 Atmosfery wybuchowe. Część 1: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych „d”
- [23] PN-EN 60079-2:2008 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów. Część 2: Osłony gazowe z nadciśnieniem „p”; ważna do 2010. 11. 01,
- [24] PN-EN 60079-2:2008 Atmosfery wybuchowe – Część 2: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon gazowych z nadciśnieniem „p”
- [25] PN-EN 60079-5: 2008 Atmosfery wybuchowe. Część 5.Urządzenia przeciwwybuchowe w osłonie piaskowej ”q” (oryg),
- [26] PN-EN 60079-6: 2007 Atmosfery wybuchowe. Część 6. Urządzenia przeciwwybuchowe w osłonie olejowej „o” (oryg),
- [27] PN-EN 60079-7:2010: Atmosfery wybuchowe – Część 7: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy wzmocnionej „e”
- [28] PN-EN 60079-11:2010 Atmosfery wybuchowe - Część 11: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą iskrobezpieczeństwa „i”,
- [29] PN-EN 60079 – 14:2004 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych

- wybuchem. Część 14. Instalacje elektryczne w obszarach ryzyka (innych niż zakłady górnicze (oryg) Ważna do 01.07. 2011r.
- [30] PN-EN 60079-14:2009 Atmosfery wybuchowe –Część 14: Projektowanie, dobór i montaż instalacji elektrycznych (oryg),
- [31] PN-EN 60079-15:2007 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów - Część 15. Konstrukcja, badanie i znakowanie elektrycznych urządzeń rodzaju budowy przeciwybuchowej „n”,
- [32] PN-EN 60079-17:2003 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Część 17: Kontrola i obsługa instalacji elektrycznych w obszarach niebezpiecznych (innych niż kopalnie) (oryg); ważna do 2010 09.01.
- [33] PN-EN 60079-17:2008 Atmosfery wybuchowe . Część 17 Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych (oryg),
- [34] PN-EN 60079-17:2008/AC: 2008 Atmosfery wybuchowe . Część 17 Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych (oryg),
- [35] PN- EN 60079-18:2006 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów. Część 18. Konstrukcja, badania i znakowanie elektrycznych urządzeń hermetyzowanych „m”; ważna do 2012. 10. 01.
- [36] PN-EN 60079-18:2010 Atmosfery wybuchowe – Część 18: Urządzenia przeciwybuchowe hermetyzowane „m” (oryg)
- [37] PN-EN 60079-19:2007 Atmosfery wybuchowe. Część 19. Naprawa, remont i regeneracja urządzeń (oryg),
- [38] PN-EN 60079-20:2010 Atmosfery wybuchowe. Część 20: Właściwości materiałów dotyczące klasyfikacji gazów i par – Metody badań i dane tabelaryczne (oryg),
- [39] PN-EN 60079-25: 2007 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów. Część 25. Systemy iskrobezpieczne,
- [40] PN-EN 60079-26:2007 Atmosfery wybuchowe –Część 26: Urządzenia o poziomie zabezpieczenia urządzenia (EPL) Ga (oryg)
- [41] PN-EN 60079-27:2008 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych Wybuchem gazów - Część 27: Koncepcja magistrali iskrobezpiecznej (FISCO) i koncepcja magistrali niezapalającej (FNICO); ważna do 2011. 04.01
- [42] PN-EN 60079-27:2008 Atmosfery wybuchowe. Część 27 Koncepcja magistrali iskrobezpiecznej (FISCO) (oryg)
- [43] PN-EN 60079-28: 2007 Atmosfery wybuchowe. Część 28: Ochrona sprzętu i systemów transmisji wykorzystujących promieniowanie optyczne (oryg)

- [44] PN-EN 60079-29-1: 2010 Atmosfery wybuchowe. Część 29-1: Detektory gazu- Wymagania metrologiczne i funkcjonalne detektorów gazów palnych
- [45] PN-EN 60079-29-2: 2010 Atmosfery wybuchowe. Część 29-2: Detektory gazu- Wybór, instalacja, użytkowanie i konserwacja detektorów gazów palnych i tlenu.
- [46] PN-EN 60079-31: 2010 Atmosfery wybuchowe. Część 31: Zabezpieczenie urządzeń przed zapłonem pyłu obudową rodzaju : „t” (oryg)
- [47] PN-EN 61241- 0:2007 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 0: Wymagania ogólne (oryg); ważna do 2012. 06. 01.
- [48] PN-EN 61241-1:2005/AC 2007 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 1 Ochrona za pomocą obudowy, „tD” (oryg.); ważna do 2012. 10. 01
- [49] PN-EN 61241-4:2007 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 4. Typ ochrony „pD”
- [50] PN-EN 60529: 2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (kod IP) (oryg),
- [51] PN-EN 61241-11:2007 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 11: Urządzenia w wykonaniu iskrobezpiecznym „iD”(oryg)
- [52] PN-EN 61241-14:2005 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 14: Dobór i instalacja (oryg)
- [53] PN-EN 61241-17:2005 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 17 Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych w niebezpiecznych obszarach (innych niż kopalnie) (oryg)
- [54] PN-EN 61241-18:2005 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 18: Ochrona za pomocą obudowy hermetycznej „mD”(oryg); ważna do 2012. 10.01
- [55] PN-EN 13463-1:2010 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych Wybuchem- Część 1: Podstawowe założenia i wymagania (oryg.)
- [56] PN-EN 13463 –2:2005 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem Część 2: Ochrona za pomocą obudowy z ograniczonym przepływem „fr”,
- [57] PN-EN 13463-3:2006 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 3. Ochrona za pomocą osłony ognioszczelnej „d”
- [58] PN-EN 13463 –5:2005 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 5: Ochrona za pomocą bezpieczeństwa konstrukcyjnego „c”,
- [59] PN-EN 13463 –6:2006 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych

- wybuchem. Część 6: Ochrona przez kontrolę źródła zapłonu „b”,
- [60] PN-EN 13463 –8:2005 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 8 Ochrona za pomocą osłony cieczonej „k” ,
- [61] PN-IEC 60364-4-43:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym
- [62] PN-IEC 60364-4-442:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona Przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.
- [63] PN-IEC 60364-4-473:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Stosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Środki ochrony przed prądem przetężeniowym.
- [64] PN-IEC 60364-4-482:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo .Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Ochrona przeciwpożarowa.
- [65] PN-IEC 60364-5-53:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych-Część 5- 51 Dobór montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów.
- [66] PN-IEC 60364-5-51:2009 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Postanowienia wspólne.
- [67] PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa Ochrona przed porażeniem elektrycznym
- [68] PN- HD 60364-5-54: 2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia -0 Część 5-54. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych
- [69] PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia.-Część 6: Sprawdzanie. .