

Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

Zagadnienia wybrane



Michał Świerżewski

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

Warszawa listopad 2008

Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

Spis treści

1. Wprowadzenie
2. Ocena zagrożenia wybuchem i zapobieganie wybuchowi
 - 2.1. Ocena zagrożenia wybuchem
 - 2.2. Zapobieganie wybuchowi i ograniczenie jego skutków
3. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem
 - 3.1. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych
 - 3.2. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych
 - 3.3. Kolejność wyznaczania stref zagrożenia wybuchem
 - 3.4. Wpływ wentylacji przestrzeni zagrożonych wybuchem na ich klasyfikację
4. Dyrektywa ATEX 100a
 - 4.1. Podział urządzeń elektrycznych na grupy i kategorie
 - 4.2. Zasadnicze wymagania dyrektywy ATEX 100a
 - 4.3. Oznakowanie urządzeń przeciwwybuchowych wyprodukowanych zgodnie z wymaganiami dyrektywy (rozporządzenia)s
5. Normy zharmonizowane dotyczące elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym
6. Konstrukcje urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym
7. Podział urządzeń grupy II na podgrupy
8. Klasy temperaturowe
9. Oznaczenia elektrycznych urządzeń przeciwwybuchowych
10. Urządzenia elektryczne przeznaczone do pracy w obecności mieszanin pyłowych
11. Dobór urządzeń elektrycznych do stref zagrożenia wybuchem
 - 11.1. Wymagania wspólne
 - 11.2. Strefa 0 zagrożenia wybuchem
 - 11.3. Strefa 1 zagrożenia wybuchem
 - 11.4. Strefa 2 zagrożenia wybuchem
 - 11.5. Strefa 20 zagrożenia wybuchem

11.6. Strefa 21 zagrożenia wybuchem

11.7. Strefa 22 zagrożenia wybuchem

12. Podstawowe wymagania w stosunku do wykonania instalacji elektrycznych

12.1. Wprowadzanie kabli i przewodów do urządzeń przeciwwybuchowych

12.2. Oprzewodowanie

13. Procedury oceny zgodności urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym

14. Eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.

Materiały wyjściowe

Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

1. Wprowadzenie

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

Podstawowe definicje i pojęcia użyte w opracowaniu

- **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 naczynia.
 - **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

mieszaniu z powietrzem, powyżej którego mieszanina staje się niezapalna.

- **stężenie stechiometryczne** – stężenie gazu lub pary w mieszaninie z powietrzem, przy którym teoretycznie następuje spalenie 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 spalenie 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.

Procesy palenia się

Proces spalania (utleniania) może przybierać różne formy w zależności od rodzaju materiału palnego i stopnia jego rozdrobnienia

Aby mogło nastąpić spalanie muszą jednocześnie wystąpić trzy czynniki:

Material palny

Tlen z powietrza O₂



Bodziec energetyczny

Palenie się może mieć postać palenia się powierzchniowego lub palenia się przestrzennego. Spalanie powierzchniowe ciał stałych przebiega na ich powierzchni. Spalanie powierzchniowe gazów występuje przy źródle wycieku gazu np. u wylotu palnika gazowego, a spalanie powierzchniowe par cieczy 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 mieszaninie gazów palnych, par cieczy palnych lub pyłów z powietrzem. W czasie spalania przestrzennego szybkość przesuwania płomienia wynosi ponad 1000 m/s i towarzyszy mu gwałtowny wzrost ciśnienia. Tego rodzaju spalanie nazywa się wybuchem towarzyszy mu fala wybuchowa o silnym działaniu kruszącym.

Temperatura zapłonu cieczy palnych

Ważnym parametrem cieczy palnych jest tzw. temperatura zapłonu. Temperatura zapłonu cieczy palnej jest to najniższa temperatura, przy której z cieczy palnej powstanie wystarczająca ilość pary do utworzenia tuż nad jej powierzchnią mieszaniny palnej, która zapali się na krótką chwilę od przesuniętego płomyka gazowego. Im ciecz ma niższą temperaturę zapłonu, tym jest bardziej niebezpieczna z punktu widzenia zagrożenia pożarowego. W tablicy 1.1 podane są temperatury zapłonu wybranych cieczy palnych.

Uważa się, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji [6], że w normalnych warunkach atmosferycznych mieszaniny wybuchowe z powietrzem mogą tworzyć pary cieczy palnych o temperaturze zapłonu nie przekraczające 55 °C.

Tablica 1.1. Temperatuty 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

Gazy palne mogą tworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe w każdej temperaturze.

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.1.2) powstaje tzw. mieszanina wybuchowa.

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

Tablica 1. 2. Granice wybuchowości wybranych gazów i par cieczy palnych

(stężenie gazów lub par w mieszaninie z powietrzem)

Nazwa gazu lub cieczy	Wzór chemiczny	Granice wybuchowości %	
		Dolna D	Górna G
Gazy lżejsze od powietrza			
Amoniak	NH ₃	15	28
Acetylen	C ₂ H ₂	2,3	82
Etylen	C ₂ H ₄	2,7	34
Metan	CH ₄	4,9	15,4
Wodór	H ₂	4,0	75
Gazy cięższe od powietrza			
Etan	C ₂ H ₆	3,0	15,5
n-Butan	C ₄ H ₁₀	1,5	8,5
Butylen	C ₄ H ₈	1,6	9,3
Propan	C ₃ H ₈	2,1	9,5
Propylen	C ₃ H ₆	2,0	11,1
Pary cieczy			
Aldehyd octowy	CH ₃ CHO	4,0	57
Aceton	C ₃ H ₆ O	2,1	13
Alkohol etylowy	C ₂ H ₅ OH	3,1	20
Eter etylowy	(C ₂ H ₅) ₂ O	1,6	48
Benzen	C ₆ H ₆	1,4	9,5
Dwusiarczek węgla	CS ₂	1,0	50

Gęstość względna gazów i par

Do określenia, w jaki sposób gaz lub para będzie zachowywać się w mieszaninie z powietrzem, potrzebna jest znajomość gęstości tej substancji w stosunku do powietrza. Przyjmując w przybliżeniu, że ciężar cząsteczkowy powietrza wynosi 29 i że jego gęstość równa jest jedności, 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 w tych samych temperaturach i pod tym samym ciśnieniem.

Gęstość względna jest wielkością niemianowaną. W tabelicy 13. podano ciężary cząsteczkowe i gęstości względne wybranych gazów i par.

Tablica 1,3. Ciężary cząsteczkowe i gęstości względne niektórych gazów i par

Nazwa substancji	Ciężar cząsteczkowy [g/l]	Gęstość względem powietrza
Wodór (H ₂)	2,016	0,07
Alkohol etylowy (C ₂ H ₅ OH)	46,1	1,53
Amoniak (NH ₃)	17,03	0,59
Dwusiarczek węgla (CS ₂)	76,1	2,62
Metan (CH ₄)	16,0	0,55
Acetylen (C ₂ H ₂)	26,0	0,89

Przy powstawaniu mieszanin gazów i par z powietrzem można wyróżnić trzy przypadki kiedy:

- 1) gaz jest lżejszy od powietrza, jego gęstość względna jest mniejsza od jedności - gaz unosi się od miejsca wypływu,
- 2) gaz ma w przybliżeniu ciężar równy ciężarowi powietrza, jego gęstość względna jest w przybliżeniu równa jedności - gaz rozchodzi się od miejsca wypływu we wszystkich kierunkach,
- 3) gaz lub para są cięższe od powietrza, ich gęstości względne są większe od jedności; gaz lub para opadają od miejsca wypływu, ścielają się i pełzną.

Podział gazów i par w zależności od ich gęstości względem powietrza podano w tablicy 1.4

Tablica 1.9 Podział gazów i par w zależności od ich gęstości względem powietrza

Gęstość względem powietrza	Charakterystyka		Przykłady
	gazy	pary	
< 0,8	unoszące się	-	wodór, metan, amoniak, gaz miejski
0,8 - 1,1	rozchodzące się we wszystkich kierunkach	-	acetylen, etan, etylen, tlenek węgla
> 1,1	opadające, ścielące się i pełzające	opadające, ścielące się i pełzające	węglowodory

Mieszaniny pyłów z powietrzem

Podobnie jak gazy palne i pary cieczy palnych pyły materiałów palnych (niekiedy również pyły materiałów niepalnych, np. metali – aluminium, magnezu) tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. I w tym przypadku powstanie mieszaniny wybuchowej zależy od

stężenia pyłu w mieszaninie (tabl.1.3.) W przeciwieństwie do gazów palnych i par cieczy palnych w mieszaninach z powietrzem stężenie pyłów wyrażane jest w gramach na metr sześcienny lub w mg na dm³.

Tablica 1.5. 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 nagrzanym powierzchni niż znajomość temperatury samozapalenia chmury pyłowej. Wynika to z niebezpieczeństwa samozapalenia warstwy pyłu na nagrzanym 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 zleżającego w umownej 5 mm lub w 12,5 mm warstwie.

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 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 1.6.)

Tablica 1.6. Minimalne energie iskier elektrycznych zapalających wybrane mieszaniny wybuchowe

Nazwa substancji	Minimalna energia zapalająca mJ
Aceton	0,25
Acetylen	0,011
Amoniak	6,8
Butan	0,225
Dwusiarczek węgla	0,009
Metan	0,28
Propan	0,22
Siarkowodór	0,068
Wodór	0,019

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).

2. Ocena zagrożenia wybuchem i zapobieganie wybuchowi

2.1. 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 spalona mieszaninę, spalaniu temu towarzyszy gwałtowny wzrost ciśnienia.

Oceny zagrożenia wybuchem dokonuje: inwestor, projektant lub użytkownik decydujący o procesie technologicznym

Ocena zagrożenia wybuchem obejmuje wskazanie miejsc, pomieszczeń i przestrzeni zewnętrznych, zagrożonych wybuchem, wyznaczenie odpowiednich stref zagrożenia wybuchem oraz wskazanie źródeł ewentualnego zainicjowania wybuchu.

Ocenę zagrożenia wybuchem i klasyfikację do odpowiednich stref zagrożenia powinien przeprowadzać zespół składający się z odpowiednich specjalistów – technologa odpowiedzialnego za proces technologiczny, pożarnika, specjalistów 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. [16]

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

2.2 Zapobieganie wybuchowi i ograniczanie jego skutków

Konieczność jednoczesnego wystąpienia mieszaniny wybuchowej i źródła zapalenia oraz przewidywanie skutków wybuchu prowadzą 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.

b) zapobieganie powstawaniu jakiegokolwiek efektywnego źródła zapalenia,

c) ograniczenie skutków wybuchu do dopuszczalnych granic przez zastosowanie ochronnych środków konstrukcyjnych np. lekkich dachów, klap wybuchowych.

Wentylacja może być stosowana wewnątrz i na zewnątrz urządzeń technologicznych.

W przypadku pyłów wentylacja stanowi dostateczną ochronę tylko wtedy, gdy pył jest usuwany z miejsca jego powstawania i zapobiega się jego odkładaniu i zaleganiu.

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 i odwrotnie oraz zastosowanie środków zmniejszających skutki wybuchu.

3. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem

W celu określenia zakresu środków niezbędnych do uniknięcia efektywnych źródeł zapalenia, (inicjacji wybuchu) i uzyskania maksymalnego bezpieczeństwa przy uzasadnionych nakładach inwestycyjnych miejsca potencjalnie zagrożone wybuchem są klasyfikowane do stref zagrożenia wybuchem.

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. [6]

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.

Podstawą prawną klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem jest rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów

(Dz. U. Nr 80/2006, poz. 563). W rozporządzeniu tym stwierdza się, że „klasyfikację stref zagrożenia wybuchem określa polska norma dotycząca zapobiegania wybuchowi i ochrony przed wybuchem”. Stwierdzeniu temu odpowiadają trzy polskie normy: norma PN-EN 1127-1:2007 Atmosfery wybuchowe . Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia (oryg) [17] PN-EN 60079-10:2003 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10. Klasyfikacja obszarów niebezpiecznych. (oryg) [16] w zakresie klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych oraz norma PN-EN 61241-10 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłów palnych – Część 10 Klasyfikacja obszarów, w których mogą być obecne pyły palne (oryg) [18] w zakresie klasyfikacji przestrzeni, w których mogą wystąpić mieszaniny wybuchowe pyłów materiałów palnych z powietrzem

Są one zharmonizowane z dyrektywą Unii Europejskiej 94/9/EC (ATEX 100a.), wprowadzoną do polskiego prawa rozporządzeniem Ministra Gospodarki 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). [12].

Odnosnie do urządzeń elektrycznych, ale również urządzeń i systemów ochronnych innych niż urządzenia elektryczne (np. mechanicznych) 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 danej 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..

3.1. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych

Przestrzeń zagrożoną 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 cieczami 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 ,
 - *w miejscach i w czasie produkcji lub stosowania cieczy palnych, np. do mycia, czyszczenia, malowania, klejenia,
 - *w miejscach i 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.

3.2. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych

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 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 przemyśle 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 godzin 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.

3.3. 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

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.

W przestrzeniach zaliczonych do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem mogą być instalowane tylko urządzenia i systemy ochronne odpowiadające wymaganiom określonym w rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005r. w odpowiednim wykonaniu przeciwwybuchowym, określonej grupy i kategorii, dostosowane do pracy w obecności mieszanin wybuchowych występujących w tych przestrzeniach i przeznaczone (atestowane) do przestrzeni zakwalifikowanych do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem.

3.4. 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:

- 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),
- 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
- 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.

Obliczenie objętości mieszaniny wybuchowej V_z

Wzajemny stosunek między hipotetyczną objętością mieszaniny wybuchowej V_z i wymiarami strefy zagrożonej wybuchem

Teoretycznie minimalna ilość powietrza, która rozrzedzi przy określonej emisji zanieczyszczeń stężenie czynnika palnego poniżej dolnej granicy wybuchowości może być obliczona wg. zależności:

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

Gdzie:

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

$(dG/dt)_{\max}$ – maksymalna ilość zanieczyszczeń [kg/s],

DGW_m - dolna granica wybuchowości [kg/m^3]

T - temperatura otoczenia [K].

k - współczynnik bezpieczeństwa stosowany do DGW_m

k = 0,25 przy emisji ciągłej i pierwotnej

k = 0,5 przy emisji wtórnej

Do przeliczenia dolnej granicy wybuchowości podanej w procentach objętości na dolną granicę wybuchowości w $[\text{kg}/\text{m}^3]$ w normalnych warunkach atmosferycznych można skorzystać z zależności:

$$\text{DGW}_m [\text{kg}/\text{m}^3] = 0,416 \cdot 10^{-3} \cdot M \cdot \text{DGW}_v [\text{V},\%]$$

Gdzie:

M – ciężar molowy $[\text{kg}/\text{kmol}]$

Ilość powietrza dostarczoną przez wentylację V_k do pomieszczenia o kubaturze V_0 w pobliże miejsca emisji przy znanej liczbie wymian powietrza „ C ” można obliczyć ze wzoru

$$V_k = \frac{(dV/dt)_{\min}}{C}$$

Gdzie:

V_k - stosunek obliczonej objętości czystego powietrza do liczby wymian powietrza w rozpatrywanej przestrzeni o objętości V_0 zawierającej źródło emisji,

C - liczba wymian powietrza w jednostce czasu $[\text{s}^{-1}]$.

$$C = \frac{dV/dt}{V_0} \tag{3}$$

Gdzie:

dV_0/dt – całkowita szybkość przepływu czystego powietrza przez rozpatrywane pomieszczenie,

V_0 - kubatura wentylowanego pomieszczenia

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

Po wprowadzeniu współczynnika jakości wentylacji „ f ” we wzorze (2) otrzymamy:

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

Gdzie:

f – współczynnik jakości wentylacji -koryguje skuteczność rozrzedzania mieszaniny wybuchowej i zamyka się w granicach od $f = 1$ (stan idealny) do $f = 5$ (wietrzenie ograniczone lub wentylacja naturalna),

V_z – objętość, w której stężenie palnych gazów i par będzie 0,25 lub 0,5 krotnością dolnej granicy wybuchowości w zależności od przyjętego współczynnika bezpieczeństwa „k” we wzorze (1).

Oznacza to, że w warunkach ekstremalnych stężenie czynników palnych w określonej przewidywanej objętości będzie wyraźnie niższe od dolnej granicy wybuchowości, zaś przewidywana objętość, w której stężenie czynników palnych będzie wyższe od dolnej granicy wybuchowości będzie mniejsza od V_z .

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

$$V_z = f \cdot \frac{(dV/dt)_{\min}}{0,03}$$

Gdzie:

(3)

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

Czas potrzebny do zmniejszenia stężenia czynnika palnego w mieszaninie z powietrzem

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

$$t = \frac{-f}{C} \cdot \ln \frac{DGW.k}{x_0}$$

(6)

Gdzie:

t - w sekundach, jeżeli jest przyjmowane liczba wymian C/s

f - współczynnik jakości wentylacji,

x_0 - powinno być przyjmowane w tych samych jednostkach co DGW (kg/m^3 ; $V\%$)

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

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 niezagrażonych.

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

Znajomość objętości V_z może być wykorzystana do oceny wentylacji wysokiego, średniego i niskiego stopnia. Czas rozrzedzenia t może pomóc w ocenie stopnia wentylacji koniecznego dla 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 większość 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.

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 – tablica 3.1..Charakterystyka materiałów palnych,
- tablica 3.2 klasyfikacja do stref zagrożenia wybuchem

Tablica 3.1. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem, charakterystyki materiałów palnych

Dokumentacja klasyfikacyjna										
Tablica 3.1. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem										
Charakterystyki materiałów palnych										
Obiekt:										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr	Materiał palny		Temp. zapł. °C	DGW		Lotność				
	Nazwa	Wzór		kg/m ³	%	Prężność par kPa	Temperatura wrzenia °C	Gęstość względna	Temp samozapalenia °C	Grupa i klasa temperatur
				-	-	-	-	-	-	-

Tablica 3.2. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem, wykaz źródeł emisji materiałów palnych, klasyfikacja do stref zagrożenia wybuchem

Dokumentacja klasyfikacyjna													
Tablica 3.2. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem													
Wykaz źródeł emisji materiałów palnych													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nr	Źródła emisji		Materiały palne				Wentylacja			Strefy zagrożenia wybuchem			Uwagi
	opis	lokalizacja	Stopień emisji a)	Nr. poz. w cz.1.b)	Temp. °C Ciśnienie 26pa	Stan c)	Typ d)	Stopień e)	Dostępność f)	Typ Strefy 0, 1 lub 3	Wymiar pionowy [m]	Wymiar poziomy [m]	
a) c-ciągła, p-w normalnych warunkach pracy okresowa, s – w normalnych warunkach pracy b. mało prawdopodobna, jeżeli jednak wystąpi, to w krótkim okresie													
b) kolejny numer w części 1 formularza klasyfikacyjnego													

c) G- gaz, L-ciecz, LG – gaz płynny, s- ciało stałe (pył)
d) wentylacja N – naturalna, A – sztuczna
e) stopień wentylacji: wysoki, średni, niski
f) dostępność wentylacji: dobra, średnia zł

4. Dyrektywa ATEX 100a

Rozporządzenie 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 weszło w życie z dniem 1 stycznia 2006r. Rozporządzenie to wprowadza do polskiego prawa postanowienia dyrektywy Unii Europejskiej 94/9/WE z dnia 23 marca 1994r. w sprawie ujednoczenia przepisów państw członkowskich dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, nazywanej dyrektywą ATEX 100a. W treści rozporządzenia zostały uwzględnione poprawki do dyrektywy opublikowane w Dz. U. WE nr L 21 z dnia 26.01.2000r. oraz nr L 304 z dnia 5.12.2000r.

Rozporządzenie dotyczy wszelkiego rodzaju urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytkowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem zarówno elektrycznych jak i innych , np. mechanicznych.

Rozporządzenie określa:

- podział urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym na grupy i kategorie oraz ich oznakowanie
- zasadnicze wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dotyczące projektowania i wytwarzania urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem,
- procedury oceny zgodności,
- treść deklaracji zgodności,
- warunki wprowadzania wyrobu na wspólny rynek,
- minimalne kryteria, jakie powinny być uwzględnione przy notyfikowaniu jednostek odpowiedzialnych za przeprowadzenie oceny zgodności,
- sposób oznakowania urządzeń i systemów ochronnych,
- wzór oznakowania CE.

Przepisy rozporządzenia mają również zastosowanie do aparatury zabezpieczającej, sterującej i regulacyjnej przeznaczonej do użytku na zewnątrz przestrzeni (stref) zagrożonych

wybuchem, która jest wymagana lub przyczynia się do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych wewnątrz stref lub przestrzeni zagrożonych wybuchem.

Postanowień rozporządzenia nie stosuje się do:

- aparatury medycznej,
- urządzeń i systemów ochronnych w przestrzeniach zagrożonych wyłącznie wybuchem materiałów wybuchowych lub substancji chemicznie nie stabilnych,
- urządzeń przeznaczonych do użytku domowego i stosowanych do celów niezarobkowych,
- środków ochrony osobistej,
- statków pełnomorskich i ruchomych platform morskich,
- 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.

4.1. Podział urządzeń elektrycznych na grupy i kategorie

„Urządzeniami i systemami ochronnymi” mogą być urządzenia i systemy elektryczne przeznaczone do instalowania w przestrzeniach zaliczonych do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem.

W rozporządzeniu ustalono następujące grupy urządzeń i systemów ochronnych identycznie, jak w normie PN – EN 60079-0:2006 [19] Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wymagania ogólne i w obrębie tych grup wydzielono kategorie urządzeń. W grupie I dotyczącej urządzeń w wykonaniu przeciwybuchowym przeznaczonych do pracy w górnictwie metanowym, wydzielono kategorie urządzeń M1 i M2. W grupie II dotyczącej urządzeń przeciwybuchowych przeznaczonych do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem innych niż kopalnie metanowe, wydzielono kategorie urządzeń 1, 2 i 3.

Grupy te i kategorie dotyczą zarówno urządzeń elektrycznych przewidzianych do instalowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, jak i innych urządzeń i systemów ochronnych, np. mechanicznych.

Grupy urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym są następujące:

- **grupa I** – urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w zakładach górniczych, w których występuje zagrożenie wybuchu mieszanin metanu z powietrzem lub wybuchu mieszanin pyłu węglowego z powietrzem,
- **grupa II** – urządzenia i systemy ochronne przeznaczone do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin gazów lub par z powietrzem innych niż zakłady górnicze.

W obrębie grupy I ustanowiono:

***kategorię M1** obejmującą urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi określonymi przez producenta, zapewniając bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa nawet w przypadku uszkodzenia,

***kategorię M2** obejmującą urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby mogły pracować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta, gwarantując wysoki poziom bezpieczeństwa. W urządzeniach tej kategorii jest zapewnione wyłączenie zasilania w przypadku wystąpienia atmosfery wybuchowej.

W obrębie grupy II ustanowiono kategorie urządzeń:

***kategorię 1** obejmującą urządzenia zaprojektowane i wykonane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ustalonymi przez producenta zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia w strefach 0 zagrożenia wybuchem.

***kategorię 2** obejmującą urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta w strefie 1 zagrożenia wybuchem, zapewniając wysoki poziom zabezpieczenia nawet w przypadku częstych zakłóceń lub uszkodzeń.

***kategorię 3** obejmującą urządzenia zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby mogły funkcjonować w strefie 2 zagrożenia wybuchem zgodnie z parametrami ustalonymi przez producenta, zapewniając normalny stopień zabezpieczenia w czasie normalnego działania.

4.2. Zasadnicze wymagania dyrektywy ATEX 100a

Zasadnicze wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dotyczące

projektowania oraz wytwarzania urządzeń i systemów ochronnych sprowadzają się do wymagania podstawowego:

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 mieszaniny wybuchowej 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.

W dalszej treści rozporządzenia min. określone są szczegółowo kolejne zasadnicze wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia dotyczące projektowania oraz wytwarzania urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do stosowania w strefach zaliczonych do zagrożonych wybuchem min. stosowanych materiałów, ich kompatybilności w połączeniu z innymi materiałami i czynnikami stwarzającymi zagrożenie wybuchem, koordynacji temperatur, wyposażenia w aparaturę kontrolno-pomiarową i zabezpieczającą.

W rozporządzeniu podanych jest szereg wymagań zmierzających do zapobiegania powstawaniu mieszanin wybuchowych oraz w zakresie budowy urządzeń i systemów ochronnych. M.in. wymagane jest aby urządzenia, które mogą emitować gazy lub pyły palne stanowiły, w miarę możliwości, układy zamknięte. Jeżeli jednak urządzenia mają otwory lub nieszczelne złącza, to powinny mieć taką konstrukcję, aby emisje gazów lub pyłów nie mogły doprowadzić do utworzenia na zewnątrz tych urządzeń mieszanin wybuchowych.

W dalszej treści rozporządzenia podane są wymagania odnośnie do projektowania i wykonania urządzeń i systemów ochronnych zaliczonych do poszczególnych grup i kategorii zapewniające bezpieczeństwo wobec mieszanin wybuchowych w czasie ich użytkowania i czynności eksploatacyjnych.

Urządzenia grupy II kategorii 1 są tak projektowane i wytwarzane, aby w razie wystąpienia mieszaniny wybuchowej gazów lub par z powietrzem w ich otoczeniu, źródła zapalenia nie uaktywniły się nawet w przypadku rzadko występujących uszkodzeń tych urządzeń. Urządzenia te wyposaża się w takie środki zabezpieczające aby w razie wystąpienia uszkodzenia jednego z tych środków przynajmniej drugi, niezależny środek


zabezpieczający, zapewnił wymagany poziom zabezpieczenia oraz w razie dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń był zapewniony wymagany poziom bezpieczeństwa.

Urządzenia grupy II kategorii 2 tak się projektuje i wytwarza, aby w przypadku wystąpienia mieszaniny wybuchowej gazów, par lub mgieł z powietrzem w ich otoczeniu źródła zapalenia nie uaktywniły się nawet podczas częstych zakłóceń lub uszkodzeń tych urządzeń.

Urządzenia grupy II kategorii 3 projektuje się i wytwarza tak, aby w przypadku wystąpienia mieszaniny wybuchowej gazów, par lub mgieł z powietrzem możliwe było zapobieganie możliwym źródłom zapalenia, które mogą powstać w czasie normalnego działania tych urządzeń.

4.3. Oznakowanie urządzeń przeciwybuchowych wyprodukowanych zgodnie z wymaganiami dyrektywy (rozporządzenia)

Wszelkie urządzenia elektryczne i nieelektryczne wykonane zgodnie z wymaganiami dyrektywy Atex 100a powinny być oznakowane symbolami wynikającymi z postanowień tej dyrektywy. Oznakowanie powinno składać się z symboli zapisanych w następującej kolejności:

- * symbolu  oznaczającego, że jest to urządzenie przeciwybuchowe wykonane zgodnie z wymaganiami dyrektywy Atex 100a,
- symbolu grupy urządzenia przeciwybuchowego I (przeznaczonego do pracy w górnictwie metanowym) lub II (przeznaczonego do pracy w miejscach zagrożonych wybuchem poza górnictwem)
- symbolu kategorii urządzenia przeciwybuchowego – M1 lub M2 (górnictwo)
- 1, 2 lub 3 (poza górnictwem),
- w przypadku urządzeń grupy II symbol rodzaju mieszaniny wybuchowej, w obecności której urządzenie może bezpiecznie pracować: G – mieszaniny gazowe, D mieszaniny pyłowe.

Przykład oznaczenia:

 II 1 G

Urządzenie przeciwybuchowe grupy II, kategorii 1 przeznaczone do pracy w obecności gazowych mieszanin wybuchowych.

5. Normy zharmonizowane dotyczące elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwybuchowym

Normy zharmonizowane dotyczące elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym podane są w „Materiałach wyjściowych” na końcu opracowania. Są one w większości, wprowadzone do zbioru polskich norm w drodze uznania, tzn. w języku oryginału angielskiego bez tłumaczenia na język polski. Normy te mają być sukcesywnie tłumaczone.

Po przetłumaczeniu na język polski są one ustanawiane przez PKN w normalnym trybie. Na razie można z nich korzystać tylko w języku angielskim. O formie uznania normy, a nie jej ustanowienia, świadczy litera „U” umieszczona po roku wydania. (w starszych wydaniach) lub oznaczenie (oryg) po tytule normy w nowszych wydaniach.

Trzeba zwrócić uwagę, że mimo wprowadzenia norm europejskich do zbioru norm polskich, te z dotychczas stosowanych norm krajowych, które nie są sprzeczne z normami europejskimi pozostają nadal aktualne.

6. Konstrukcje urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym

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

Rozróżnia się następujące rodzaje urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym:

Urządzenia z osłoną olejową [20] – 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.

Urządzenia w obudowie ciśnieniowej [21] – urządzenia elektryczne, w których bezpieczeństwo wobec mieszanin wybuchowych jest osiągnięte przez umieszczenie ich w zamkniętej obudowie wypełnionej powietrzem lub innym gazem niepalnym znajdującym się stale pod nadciśnieniem w stosunku do otaczającej urządzenie atmosfery w celu niedopuszczenia do wnętrza mieszanin wybuchowych. Może to być przewietrzanie lub nadciśnienie statyczne. Urządzenia ciśnieniowe dzieli się na trzy typy:

- px obniża klasyfikację zagrożenia wybuchem wewnątrz obudowy (lub pomieszczenia, np. sterowni) 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 nie zagrożonej wybuchem.

Nadciśnienie robocze gazu ochronnego przy ściankach obudowy nie powinno być mniejsze od 50 Pa w osłonach typu px i py oraz 25 paskali w osłonach typu pz.

Urządzenia z osłoną piaskową [22] – urządzenia elektryczne, których osłony wypełnione są piaskiem lub kulkami szklanymi w taki sposób, aby ewentualnie powstające iskry, łuki elektryczne lub podwyższone temperatury wewnątrz osłony nie mogły spowodować zapalenia otaczającej urządzenie mieszaniny wybuchowej.

Urządzenia z osłoną ognioszczelną [23] – 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 z jej wnętrza do otaczającej urządzenie elektryczne przestrzeni zawierającej mieszaninę wybuchową. Ognioszczelność osłony uzyskiwana jest przez zastosowanie szczelin gaszących o odpowiednich prześwitach. Szczeliny gaszące, tworzące tzw. złącza ognioszczelne charakteryzują się długością „L” (najkrótsza odległość pomiędzy zewnętrzną krawędzią szczeliny i wnętrzem osłony oraz prześwitem „i” tj. odległością między krawędziami szczeliny).

Urządzenia budowy wzmocnionej [24] – urządzenia elektryczne nie zawierające części normalnie iskrzących lub nagrzewających się wykonane ze zwiększoną pewnością mechaniczną i elektryczną w celu ograniczenia do minimum prawdopodobieństwa powstania uszkodzeń mogących spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej. Temperatury poszczególnych części, nawet w czasie rozruchów i w przypadku zwarć nie mogą przekroczyć temperatur dopuszczalnych dla poszczególnych klas temperaturowych mieszanin wybuchowych. Części izolowane znajdujące się pod napięciem powinny mieć stopień ochrony co najmniej IP44, części nie izolowane pozostające pod napięciem powinny mieć stopień ochrony IP54

Urządzenia rodzaju budowy przeciwybuchowej typu „n” [26] – urządzenie elektryczne, w którym ze względów konstrukcyjnych i zasady działania nie powstają zjawiska mogące spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej.

Urządzenia z zabezpieczeniami typu n dzieli się na podtypy:

- a) EExnA – urządzenia nieiskrzące,
- b) EExnC - urządzenia nieiskrzące,
- c) EExnR - urządzenia w szczelnej obudowie ograniczającej wnikanie do niej, w określonym czasie mieszaniny wybuchowej,
- d) EExnL - urządzenia o ograniczonej energii.
- e) EExnP - urządzenia z uproszczonym układem przewietrzania.

Urządzenia iskrobezpieczne [25]– 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.

Występują dwa 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 niezliczanych¹ , które stwarzają najbardziej niekorzystne warunki,
- w normalnym stanie pracy oraz przy wystąpieniu jednego uszkodzenia zliczanego² 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.

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

- części i podzespoły bierne, np. przełączniki, skrzynki zaciskowe, potencjometry i

¹ Uszkodzenie niezliczane jest to uszkodzenie występujące w częściach urządzenia elektrycznego nie odpowiadających wymaganiom określonym w normie

² Uszkodzenie zliczane jest to uszkodzenie występujące w częściach urządzenia elektrycznego, odpowiadających wymaganiom określonym w normie

- 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 $W \leq 25 \text{ mW}$.

Urządzenia z ochroną hermetyzowaną typu „m” [27]– urządzenia elektryczne, których części iskrzące i nagrzewające się są zalane masą izolacyjną uniemożliwiającą zapalenie, znajdującej się na zewnątrz urządzenia, mieszaniny wybuchowej. Rozróżnia się dwa poziomy ochrony urządzeń hermetyzowanych masą izolacyjną:

- poziom „ma”
- poziom „mb”

Poziom „ma” ochrony przeciwwybuchowej zapewnia bezpieczne użytkowanie urządzeń hermetyzowanych masą izolacyjną zarówno w czasie normalnej ich pracy, jak i przy zaistniałych możliwych uszkodzeniach.

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

Urządzenia elektryczne przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin gazów, par, aerozoli i mgieł z powietrzem powinny być konstruowane, badane i oznakowane zgodnie z normą PN-EN 60079-0 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - wymagania ogólne oraz z normami przedmiotowymi dotyczącymi poszczególnych rodzajów budowy przeciwwybuchowej.

7. 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 A, B i C w zależności od właściwości gazów i par występujących w przestrzeni, do której są przeznaczone (IIA, IIB i IIC).

Podział na podgrupy urządzeń w osłonach ognioszczelnych przeprowadzany jest na podstawie maksymalnych doświadczalnych bezpiecznych prześwitów szczelin ognioszczelnych - MESG* 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.

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 MIC*.

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.

*MESG i MIC są to skróty zaczerpnięte z oryginalnego tekstu normy w języku angielskim.

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 urządzeń ognioszczelnych i iskrobezpiecznych klasyfikowanych wg MESG i MIC

Tablica 7.1.. Wzajemne zależności klasyfikacji gazów i par oraz urządzeń przeciwwybuchowych w osłonach ognioszczelnych i iskrobezpiecznych

Podgrupy mieszanin wybuchowych i urządzeń w osłonach ognioszczelnych i iskrobezpiecznych	Maksymalny bezpieczny prześwit szczeliny gaszącej MESG, mm	Stosunek minimalnego prądu zapalającego mieszaninę z powietrzem gazu lub pary do prądu zapalającego metan laboratoryjny
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

8. Klasy temperaturowe

Mieszaniny wybuchowe zostały podzielone na klasy temperaturowe w zależności od ich temperatury samozapalenia. Temperatury powierzchni zewnętrznych elektrycznych

urządzeń przeciwwybuchowych nie mogą przekroczyć temperatur maksymalnych dopuszczalnych przy poszczególnych klasach temperaturowych tablica 8.1..

Urządzenia elektryczne grupy II mogą być przyporządkowane do jednej z klas temperaturowych podanych w tablicy 8.1.. Zamiast symbolu grupy mogą w oznaczeniu rodzaju budowy przeciwwybuchowej mieć określoną rzeczywistą maksymalną temperaturę 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 8.1.. podany jest podział mieszanin wybuchowych gazów i par cieczy na klasy temperaturowe oraz maksymalne dopuszczalne temperatury powierzchni urządzeń elektrycznych.

Tablica 8.1.. 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 8.2.. podane są przykłady klasyfikacji mieszanin wybuchowych par cieczy palnych i gazów z powietrzem do grup wybuchowości i klas temperaturowych

Tablica 8.2.. 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	alkohol n-butyłowy n-butan octan i-amylowy	benzyna olej napędowy paliwo lotnicze n-heksan	aldehyd octowy eter etyłowy		

	metanol propan toluen					
IIB	Gaz światlny	etylen				
IIC	wodór	acetylen				dwusiar- czek węgla

9. Oznaczenia elektrycznych urządzeń przeciwwybuchowych

Produkowane obecnie w kraju urządzenia elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym oraz importowane z innych krajów Unii Europejskiej oznaczane są zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 60079-0 i w starszych wykonaniach według normy PN-EN 50014:2003U.

Urządzenia znajdujące się w eksploatacji, wyprodukowane przed wejściem w życie norm europejskich są oznaczone zgodnie z już nieaktualną normą PN-83/E- 08110. Oznaczenia te różnią się od siebie tylko tym, że oznaczenia wg obowiązującej normy zaczynają się od symbolu Ex poprzedzonego oznakowaniem wynikającym z postanowień dyrektywy ATEX 100a, wg. normy PN-EN 50014:2003U zaczynają się od symbolu EEx poprzedzonego oznakowaniem ATEX zaś wg normy wycofanej od symbolu Ex.

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 we wszystkich oznaczeniach identyczne.

Znajomość oznaczeń elektrycznych urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym wg. obydwu 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 oznakowaniu urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym powinny być uwzględnione zarówno wymagania normy PN-EN 60079-0, jak i rozporządzenia Ministra Gospodarki (dyrektywy ATEX 100a)

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, f, cos ϕ , itd.) 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” - urządzenie w osłonie olejowej,
 - „p” - urządzenie w osłonie ciśnieniowej,
 - „q” - urządzenie w osłonie piaskowej,
 - „d” - urządzenie w osłonie ognioszczelnej,
 - „e” - urządzenie budowy wzmocnionej,
 - „i” - urządzenie iskrobezpieczne „ia”, „ib”,
 - „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 (od T1 do T6),
- kod IP XY (tabl. 9.1..),


*nazwę lub znak stacji badawczej oraz numer certyfikatu,


- w przypadku urządzeń zaliczonych do grupy I i II symbol Ex.... powinien być poprzedzony oznakowaniem wymaganym przez dyrektywę ATEX składającym się z:


znaku Ex umieszczonym w sześciokątnym obramowaniu, cyfry rzymskiej I lub II dalej znaku M1 lub M2 w przypadku urządzeń grupy I, zaś w przypadku urządzeń grupy II cyfr 1,2 lub 3 określających kategorię urządzenia oraz liter „G” lub „D”. Litera „G” oznacza, że urządzenie przeznaczone jest do pracy w obecności mieszanin wybuchowych gazów lub par z powietrzem, a litera „D” oznacza, że urządzenie przeznaczone jest do w obecności mieszanin pyłów lub włókien z powietrzem

Przykłady pełnego oznakowania urządzenia elektrycznego w wykonaniu przeciwwybuchowym:

 **I M2 Ex d I** - urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy I, kategorii M2 w osłonie ognioszczelnej przeznaczone do pracy w kopalni metanowej.

 **II 2 G Ex i_b IIB T1** – urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym grupy II, kategorii 2, przeznaczone do strefy 1 zagrożenia wybuchem mieszanin gazowych, iskrobezpieczne do pracy w obecności mieszanin wybuchowych par lub gazów z powietrzem podgrupy IIB, klasy temperaturowej T1 (powyżej 450 °C),

 **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_b] IIC T1** - urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym , np. zasilacz, grupy II, kategorii 2 z obwodem wejściowym iskrobezpiecznym, przewidziane do współpracy z urządzeniami iskrobezpiecznymi o stopniu bezpieczeństwa i_b np. przetwornikami iskrobezpiecznymi, w strefie 1 zagrożenia wybuchem przeznaczone do instalowania poza przestrzeniami zagrożonymi wybuchem.

Oznakowanie urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym wyprodukowanych przed wejściem w życie norm europejskich – przykład

Ex d IIA T1 Urządzenie elektryczne w wykonaniu przeciwwybuchowym w osłonie ognioszczelnej przeznaczone do pracy w obecności mieszanin wybuchowych podgrupy IIA i klasy temperaturowej T1.

10. Urządzenia elektryczne przeznaczone do pracy w obecności mieszanin pyłowych

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

- szczelnej obudowy „tD”,
- obudowy ciśnieniowej „pD”,
- wykonania iskrobezpiecznego „iD”,
- obudowy hermetyzowanej. „mD”

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 K między temperaturą powierzchni urządzenia i temperaturą zapalenia określonego pyłu. Metody wyznaczania stopnia ochrony urządzeń wynikają z normy PN-EN 60529.

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

Wykonanie w obudowie ciśnieniowej 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. Norma w opracowaniu.

11. Dobór urządzeń elektrycznych do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem

11.1. Wymagania wspólne

Poprawna i bezpieczna praca 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 dopuszczonym do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem powinny być podane parametry przeciwwybuchowe (omówione wyżej), stopień ochrony IP oraz logo stacji badawczej i numer certyfikatu.

W przypadku niezgodności danych w certyfikacie i na urządzeniu przeciwwybuchowym, 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 2005r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem [6] w normach PN-EN 60079-14 [32], PN-EN 61 241-14 [39] oraz serii norm PN-IEC 60 364 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: podgrupom wybuchowości – 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 o układzie TN-S, TT lub IT,
- 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 z powietrzem, mogące mieć kontakt z tymi mieszaninami nie powinny, w przypadku urządzeń kategorii 1 – nawet przy rzadko występującym nieprawidłowym ich działaniu, przekroczyć 80% minimalnej temperatury samozapalenia gazu

palnego lub par cieczy palnej. Odnośnie do urządzeń kategorii 2 temperatury te nie powinny 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. W przypadku urządzeń kategorii 3 temperatura wszystkich powierzchni urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów nie powinna przekraczać minimalnej temperatury samozapalenia gazów i par cieczy w czasie normalnego działania.

W przestrzeniach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów lub włókien z powietrzem temperatury wszystkich powierzchni urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów kategorii 1, które mogą mieć kontakt z obłokami pyłów, nie powinny przekroczyć $\frac{2}{3}$ 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 K 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 $\frac{2}{3}$ temperatury jego samozapalenia nawet w przypadku rzadko występującego wadliwego działania. 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 $\frac{2}{3}$ 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. W tablicy 11.1. podane są temperatury samozapalenia najczęściej spotykanych pyłów palnych

Tablica 11.1.. Temperatuty samozapalenia najczęściej spotykanych pyłów palnych

Chmura pyłu	Temperatura samozapalenia °C
Aluminium	590
Pył węglowy (lignit)	380
Mąka	490
Pył zbożowy	510
Celuloza metylowa	420
Żywica fenolowa	530
Polietylen	420
PCW	700
Sadza	810
Skrobia	460
Cukier	490

11.2. Strefa 0 zagrożenia wybuchem

W miejscach zagrożonych wybuchem zaliczonych do strefy 0 zagrożenia wybuchem mogą być instalowane tylko urządzenia i obwody iskrobezpieczne kategorii 1 rodzaju ia, oznaczone symbolem  II 1G Exia..... 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.


W obwodach iskrobezpiecznych mogą być instalowane urządzenia proste. Urządzenia proste są to urządzenia (w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym), w których nie mogą być przekroczone następujące wartości: napięcie U – 1,5 V; natężenie prądu T 100 mA moc 25 mW

Instalowane w tych strefach urządzenia iskrobezpieczne powinny min. odpowiadać następującym wymaganiom:

- powinny być izolowane od ziemi,

- nie mogą być galwanicznie połączone z urządzeniami i obwodami nieiskrobezpiecznymi,
- przewodowanie obwodów iskrobezpiecznych nie może być prowadzone z obwodami nie iskrobezpiecznymi we wspólnych rurach, wiązkach, kablach, lub kanałach,
- ich izolacja powinna mieć napięcie znamionowe 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.

11.3. 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 strefach 1 zagrożenia wybuchem, kategorii 2, oznaczone symbolem  II 2G Ex..... (o, p, q, d, e, ib, m) z wyjątkiem urządzeń w wykonaniu „n” Urządzenia te powinny pracować zgodnie z parametrami ustalonymi przez producenta zapewniając wysoki poziom zabezpieczenia.. Urządzenia tej kategorii są przeznaczone do miejsc, w których występowanie mieszanin wybuchowych jest prawdopodobne (mieszanina wybuchowa może wystąpić w normalnych warunkach pracy urządzeń technologicznych).

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

11.4. 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 oraz niekiedy urządzenia w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym, mianowicie:

- urządzenia atestowane do pracy w strefach zagrożonych wybuchem 0, 1 i 2,
- urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym z zabezpieczeniem typu „n”,
 - 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
np. urządzenia budowy przewietrzanej o uproszczonym wykonaniu tzn. bez wstęgu przewietrzania i z możliwością odprowadzenia gazu ochronnego do przestrzeni otaczającej urządzenie,
- d) ExnL urządzenia o ograniczonej energii,
- e) ExnP urządzenia z uproszczonym układem zasilania
- urządzenia elektryczne w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym, które w normalnych warunkach pracy nie wytwarzają łuków i isker oraz nie nagrzewają się do temperatur mogących spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej, o stopniach ochrony: IP54 części niez izolowanych pod napięciem i IP 44 części izolowanych pod napięciem,
- oprawy oświetleniowe przenośne przeciwwybuchowe o parametrach dostosowanych do parametrów występujących w pomieszczeniu mieszanin wybuchowych,
- urządzenia w wykonaniu Ex o, w których wszystkie zestyki są zanurzone w oleju, z wyjątkiem stref, w których występują substancje podgrupy IIC i klas temperaturowych T5 T6,
- urządzenia grzewcze, pod warunkiem zabezpieczenia przed przekroczeniem temperatury grzejnika temperatur samozapalenia występujących substancji palnych ,

11.5. Strefy zagrożone wybuchem mieszanin pyłowych

W miejscach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem należy dobierać urządzenia elektryczne w wykonaniach wg. tablicy 10.2..

Tablica 10.2.. Dobór urządzeń elektrycznych do stref zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych


Rodzaj pyłu	Strefa 20	Strefa 21	Strefa 22
Nieprzewodzący	tDA20	tDA20 lub tDA21	tDA20, A21, A22
	tDB20 iaD, maD	tDB20 lub tDB21 iaD lub ibD maD lub mbD pD	tDB20, B21, B22 iaD lub ibD maD lub mbD pD
	tDA20	DA20 lub tDtA21	tDA20, A21, A22

Przewodzący	tDB20 iaD maD	tDB20 lub tDB21 iaD lub ibD maD lub mbD pD	tDB20, B21, B22 IP6X tDB20 lub tDB21 iaD lub ibD maD lub mbD pD
Uwaga: pył przewodzący – pył mający rezystywność $\leq 10^3 \Omega m$			
Urządzenia w szczelnej obudowie rodzaju tD są certyfikowane z przeznaczeniem do określonej strefy zagrożenia wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem			

Poza urządzeniami przeznaczonymi do stref zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów palnych z powietrzem (urządzeń elektrycznych do stosowania w obecności pyłu palnego) w strefach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłowych mogą być instalowane urządzenia przeznaczone do pracy w strefach zagrożonych wybuchem mieszanin gazowych pod warunkiem zachowania wymaganej szczelności IP oraz wymaganych temperatur powierzchni.



11.5.1. Strefa 20 zagrożenia wybuchem

W miejscach zagrożonych wybuchem mieszanin pyłów z powietrzem zakwalifikowanych do strefy 20 zagrożenia wybuchem mogą być instalowane urządzenia elektryczne:

- w wykonaniu przeciwwybuchowym atestowane do strefy 20 zagrożenia wybuchem, oznaczone symbolem  I 1 D Ex.....,
- w osłonach ognioszczelnych Ex dIIC..... z uszczelnionymi złączami ognioszczelnymi – z wyjątkiem pyłów przewodzących,
- w wykonaniu iskrobezpiecznym ExiaIIB i ExiaIIC,
- w wykonaniu przewietrzanym Exp.... z odprowadzeniem gazu ochronnego przez urządzenia odpylające wyposażone w separatory metali do przestrzeni niezagrażonych wybuchem,
- w wykonaniu Exn
- w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym pyłoszczelne o stopniu ochrony IP 6X urządzeń z częściami iskrzącymi, przy występowaniu pyłów nieprzewodzących, z wyjątkiem: gniazd wtyczkowych, sprzęgników i opraw oświetleniowych,




11.5. 2. Strefa 21 zagrożenia wybuchem

W strefach 21 zagrożenia wybuchem mogą być instalowane urządzenia elektryczne:

- w wykonaniu przeciwwybuchowy atestowane do stref 20 i 21, oznakowane Symbolem  II 1D Ex.... lub  II 2D Ex....,
- w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym ze stopniem ochrony:
 - a. IP 6X urządzeń z częściami nieiskrzącymi przy pyłach przewodzących,
 - b. IP 5X urządzeń z częściami iskrzącymi przy pyłach nieprzewodzących,
- w wykonaniu przeciwwybuchowym Exib,
- oprawy oświetleniowe zamknięte kloszami osłaniającymi źródła światła, zabezpieczone siatką ochronną w razie narażeń mechanicznych,
- gniazda wtyczkowe o stopniu ochrony IP 5X w wykonaniu bez wyłącznika. .
Gniazda należy instalować otworami w dół. Nie należy stosować sprzęgników,
- w wykonaniu przeciwwybuchowym Exp z odprowadzaniem gazu ochronnego przez urządzenia odpylające wyposażone w separatory metali do strefy zagrożonej wybuchem.

11.5.3.. Strefa 22 zagrożenia wybuchem

W strefach 22 zagrożenia wybuchem mogą być instalowane urządzenia elektryczne:

- w wykonaniu przeciwwybuchowym atestowane do pracy w strefach zagrożenia wybuchem 20, 21 i 22 oznaczone symbolami , ,
 II 3 D Ex.....,
- w wykonaniu nieprzeciwwybuchowym o stopniu ochrony:
 - a. IP 5X urządzeń z częściami nieiskrzącymi przy pyłach przewodzących,
- w wykonaniu przeciwwybuchowym Exib IIA,
- oprawy oświetleniowe zamknięte kloszami osłaniającymi źródła światła, zabezpieczone siatką ochronną w razie narażeń mechanicznych,
- gniazda wtyczkowe o stopniu ochrony IP 5X w wykonaniu bez wyłącznika i o stopniu ochrony IP 4X w wykonaniu z wyłącznikiem. Gniazda należy instalować otworami w dół. Nie należy stosować sprzęgników,
- w wykonaniu przeciwwybuchowym Exp z odprowadzaniem gazu ochronnego przez urządzenia odpylające wyposażone w separatory metali do strefy zagrożonej wybuchem,

12.Podstawowe wymagania w stosunku do wykonania instalacji elektrycznych.

Wymagania odnośnie do instalacji elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (w obszarach niebezpiecznych) określone są w normie PN-EN 60079-14 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 14 Instalacje elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. (innych niż w kopalniach) [32]

Ponadto instalacje elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem muszą przede wszystkim odpowiadać warunkom określonym w rozporządzeniu ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r i z dnia 7 kwietnia 2004r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (Dz. U. nr 75/2002, poz. 690 i Dz. U. Nr 109/2004, poz.1156).

12.1. 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 (rzędu 1Ω), 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 [50]

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



12.2. Wprowadzanie przewodów i kabli do urządzeń przeciwybuchowych

Dławice kablowe są jednym z ważniejszych elementów właściwie wykonanych 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 i przewodów 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  II 2 G/D albo  II 3 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 [19] 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 [39] 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.

12,3, Oprzewodowanie

Przy wykonywaniu instalacji elektrycznych muszą być stosowane co najmniej następujące zasady:

- oprzewodowanie powinno być wykonane przewodami lub kablami z żyłami miedzianym o przekroju do 10 mm², dopuszczone są również przewody z żyłami aluminiowymi o minimalnym przekroju 16 mm²,
- połączenia i rozgałęzienia przewodów mogą być wykonywane tylko wewnątrz obudów urządzeń przeciwwybuchowych (w skrzynkach przyłączeniowych) i w przeciwwybuchowym osprzęcie instalacyjnym,
- przewody i kable powinny mieć zewnętrzne powłoki z materiałów nie przenoszących płomienia i bezhalogenowych (tablica 12.1),
- urządzenia przeciwwybuchowe, przewody i osprzęt powinny być tak dobrane i zabezpieczone, aby w czasie eksploatacji nie mogły być przekroczone maksymalne dopuszczalne temperatury,
- instalacje powinny być zabezpieczone przed: przepięciami, skutkami zwarć, przeciążen i zagrożeniem porażenia prądem elektrycznym.

Tablica 12.1. 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 poliestrowy	- 75 do 140	palny	b.d.	b.d	b.d.
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					

Kable mogą być układane bezpośrednio w ziemi i w kanałach, kable i przewody mogą być układane w rurach stalowych osłonowych na konstrukcjach i ścianach budynków z wyłączeniem powierzchni odciążających, oddzielen przeciwpożarowych i zabezpieczeń ogniochronnych, np. ekranów. Zalecenie to dotyczy również innych instalacji – teletechnicznych, sygnalizacyjnych, odgromowych itp.

Kable i przewody mogą być prowadzone tranzytem przez przestrzenie zagrożone wybuchem z wyłączeniem stref 0 i 20. Kable i przewody prowadzone przelotowo przez strefy zagrożone powinny być zabezpieczone przed wejściem do tych stref w taki sam sposób, jak żyły kabli i przewody wykorzystywane w tych strefach.

Przejścia przewodów i kabli przez ściany i stropy powinny być chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi i uszczelnione materiałem nierozprzestrzeniającym płomienia o bardzo dobrych właściwościach termoizolacyjnych.

Na rynku dostępne są materiały uszczelniające nie zawierające rozpuszczalników organicznych, nie przenoszące płomienia i bezhalogenowe, prefabrykowane elementy przepustów i gotowe przepusty min.:

- przepusty kablowe z wełny mineralnej,
- przepusty kablowe z pianki ogniochronnej,
- zaprawa ogniochronna,
- przepusty z elastycznych kształtek,
- przepusty pojedynczych przewodów i wiązek kabli z półkami i uszczelnieniem z płyt z wełny mineralnej.

Przewody i kable – zwłaszcza obwody iskrobezpieczne, powinny być chronione przed oddziaływaniem pól elektromagnetycznych i elektrostatycznych, bezpośrednim uderzeniem pioruna, uszkodzeniami mechanicznymi oraz wszelkimi innymi zagrożeniami, które mogą doprowadzić do ich uszkodzenia i zainicjowania wybuchu lub pożaru.

13.Procedury oceny zgodności urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym

1.Procedury oceny zgodności urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym powinny być przeprowadzane zgodnie z rozporządzeniem [12].

2.Producent urządzeń lub jego upoważniony przedstawiciel przed wprowadzeniem ich do obrotu stosuje procedury oceny zgodności w stosunku do urządzeń zaliczonych do:

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

3. Grupy II kategorii 3 wewnętrzną kontrolę produkcji.

4.Grup I i II oprócz wymienionych procedur weryfikację produkcji jednostkowej

5. 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 [12].

6.Świadectwo zgodności powinno zawierać:

- 1) charakterystykę części urządzeń i ich podzespołów,
- 2) warunki wbudowania części urządzeń i ich podzespołów do urządzeń, aby zapewniały spełnienie zasadniczych wymagań, mających zastosowanie do finalnego urządzenia.

7. Certyfikat wydany przez notyfikowaną przez UE stację badawczą zazwyczaj zawiera min.:

- 1) nazwę notyfikowanej stacji badawczej,
- 2) nr certyfikatu,
- 3) rok wydania certyfikatu,

- 4) symbol ATEX oznaczający zgodność wyrobu z dyrektywą,
- 5) numer kolejny certyfikatu,
- 6) nazwę i typ urządzenia, nazwę i adres producenta ,
- 7) numer stacji badawczej notyfikowanej nadany przez UE,
- 8) numer raportu z badań stacji nadawczej ,
- 9) numery norm podstawowej i szczegółowej według których urządzenie zostało wyprodukowane i badane,
- 10) oznaczenie przeciwybuchowego urządzenia nadane przez stację badawczą,
- 11) Informację dotyczącą znaku X, który umieszczony po numerze certyfikatu, oznacza, że przy stosowaniu urządzenia należy uwzględnić dodatkowe wymagania zazwyczaj podane w załączniku do certyfikatu.
- 12) Znak stacji badawczej, podpis osoby odpowiedzialnej za certyfikację, adres stacji badawczej oraz datę wydania certyfikatu.

14. Eksploatacja urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem

Wymagania 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: [34] oraz dyrektywy ATEX 137 [12, 14] 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.

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.

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 [34].

Naprawy urządzeń elektrycznych w wykonaniu przeciwwybuchowym mogą być wykonywane tylko zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 60079-19 [31].

.

Materialy źródłowe

- [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 z późn. zm.).
- [3] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. nr
- [4] Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji (DZ.U. nr 169/2002, poz1386)
- [5] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. nr 166/ 2002, poz. 1360).
- [6] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 80/2006, poz. 563)

- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (Dz. U. nr 75/2002, poz. 690 z późn.zm.).
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 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 243/2005, poz. 2063).
- [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] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, z dnia 15 grudnia 2005r. w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego (Dz. U. nr 259/2005, poz.2172),
- [12] 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).
- [13] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 maja 2003r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (Dz. U. nr 107/2003, poz.1004).
- [14] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 2006r. zmieniające rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa Dz. U. nr 121/2006, poz.836)
- [15] PN-EN 13237:2003 (U) Przestrzenie zagrożone wybuchem. Terminy i definicje dotyczące urządzeń i systemów zabezpieczających w przestrzeniach zagrożonych wybuchem
- [16] PN-EN 60079-10:2003 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10. Klasyfikacja obszarów niebezpiecznych. (oryg),
- [17] PN-IEC 1127-1:2007 Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia (oryg)
- [18] PN-EN 61241-10:2005 Wyposażenie do stosowania w obecności pyłów palnych.

- Część 10 Klasyfikacja obszarów, w których mogą być obecne pyły palne (oryg)
- [19] PN-EN 60079-0:2006 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 0. Wymagania ogólne,
- [20] PN-EN 60079-6: 2007 Atmosfery wybuchowe. Część 6. Urządzenia przeciwwybuchowe w osłonie olejowej „o” (oryg),
- [21] PN-EN 60079-2:2005 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem Część 2. Obudowa ciśnieniowa „p” (oryg),
- [22] PN-EN 60079-5: 2008 Atmosfery wybuchowe. Część 5. Urządzenia przeciwwybuchowe w osłonie piaskowej „q” (oryg),
- [23] PN-EN 60079 --1:2008 Atmosfery wybuchowe. Część 1. Urządzenia przeciwwybuchowe w osłonach ognioszczelnych „d” (oryg),
- [24] PN-EN 60079-7:2007 Atmosfery wybuchowe. Część 7 Urządzenia przeciwwybuchowe budowy wzmocnionej „e” (oryg)
- [25] PN-EN 60079-11:2007 Atmosfery wybuchowe. Część 11 Urządzenia przeciwwybuchowe iskrobezpieczne „i”, (oryg)
- [26] PN-EN 60079-15:2007 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów Część 15. Budowa, badania i znakowanie elektrycznych urządzeń rodzaju budowy przeciwwybuchowej „n” ,
- [27] PN- EN 60079-18:2006 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych Wybuchem gazów. Część 18. Wykonanie, badania i znakowanie elektrycznych urządzeń hermetyzowanych „m”.
- [28] PN-EN 60079-25: 20007 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów. Część 25. Systemy iskrobezpieczne,
- [31] PN-EN 60079-19:2007 Amosfery wybuchowe. Część 19. naprawy, remont i regeneracja urządzeń (oryg),
- [32] PN-EN 60079-14:2004 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem Część 14 Instalacje elektryczne w obszarach ryzyka (innych niż zakłady górnicze) (oryg),
- [34] PN-EN 60079-17:2008 Atmosfery wybuchowe . Część 17 Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych (oryg),
- [35] PN-EN 61241- 0:2007 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 0 Wymagania ogólne (oryg),
- [36] PN-EN 61241-1:2005/AC 2007 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 1 Ochrona za pomocą obudowy „tD”

- [37] PN-EN 60529 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (kod IP),
- [39] PN-EN 61241-14:2005(U) Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 14 Dobór i instalacja (oryg)
- [40] PN-EN 61241-17:2005(U) Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 17 Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych w niebezpiecznych obszarach (innych niż kopalnie) (oryg)
- [41] PN-EN 61241-18:2005 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 18 Ochrona za pomocą obudowy hermetycznej „mD”(oryg),
- [42]] PN-EN 61241-11:2007 Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłu palnego. Część 11 Urządzenia w wykonaniu iskrobezpiecznym „iD”(oryg)
- {43] PN-EN 13463-1:2003 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1. Podstawowe założenia i wymagania
- {44] PN-EN 13463-1:2006 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 3. Ochrona za pomocą osłony ognioszczelnej „d”
- [45] PN-EN 13463 –2 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 2 Ochrona za pomocą obudowy z ograniczonym przepływem „fr”
- [46] PN-EN 13463 –5 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 5 Ochrona przez zabezpieczenie konstrukcyjne „c”
- [47]] PN-EN 13463 –6 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 6 Ochrona przez kontrolę źródła zapłonu „b”
- [48]] PN-EN 13463 –8 Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 8 Ochrona przez cieczową immersję „k”
- [49] PN-IEC 60364-3:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ustalanie ogólnych charakterystyk
- [50] PN-IEC 60364-4-41:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Ochrona przeciwporażeniowa
- [51] PN-IEC 60364-4-42:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Ochrona przed skutkami oddziaływania cieplnego.
- [52] PN-IEC 60364-4-43:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym .
- [53] PN-IEC 60364-4-442: Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.
- [54] PN-IEC 60364-4-473:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Stosowanie środków ochrony zapewniających

- bezpieczeństwo. Środki ochrony przed prądem przetężeniowym.
- [55] PN-IEC 60364-4-481 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Dobór środków ochrony przeciwporażeniowej w zależności od wpływów zewnętrznych
- [56] PN-IEC 60364-4-482:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona zapewniająca bezpieczeństwo. Dobór środków ochrony w zależności od wpływów zewnętrznych. Ochrona przeciwpożarowa.
- [57] PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów.
- [58] PN-IEC 60364-5-51 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Postanowienia wspólne.
- [59] PN-IEC 60364-5-53 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura łączeniowa i sterownicza.
- [60] PN-IEC 60364-5-54 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia i przewody ochronne.
- [61] PN-IEC 60364-6-61:2000 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze. Norma wycofana bez zastąpienia.

K O N I E C