

OCENA ZAGROŻENIA WYBUCEM



TEMAT	Ocena zagrożenia wybuchem zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109 poz.719 z późniejszymi zmianami) [1].
OBIEKT	Stacja pozyskiwania i obróbki biogazu z pochodnią typu zamkniętego dla instalacji odgazowania na składowisku odpadów Zakładu Gospodarki Odpadami - Polkowicka Dolina Recyklingu sp. z o.o.
LOKALIZACJA	Ul. Działkowa 20, 59-101 POLKOWICE

OPRACOWAŁ :

SPECJALISTA Z ZAKRESU
OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ

mgr Inż. Sławomir Rajda
Nr dyplomu: 1304

tel. 697705930, e-mail: slawomir2@wp.pl

.....
Podpis

POLKOWICE, LIPIEC 2021 r.

SPIS TREŚCI

STRONA

I. Informacje ogólne.

- | | |
|---|---|
| 1. Cel i zakres dokumentu. | 3 |
| 2. Podstawa prawna. | 3 |
| 3. Definicje i skróty używane w Ocenie Zagrożenia Wybuchem. | 4 |

II. Informacje szczegółowe.

- | | |
|---|----|
| 1. Ocena zagrożenia wybuchem. | 6 |
| 1.1. Identyfikacja stosowanych substancji palnych oraz ich właściwości fizycznych i chemicznych. | 6 |
| 1.2. Opis procesu, w którym może powstawać atmosfera wybuchowa z udziałem stosowanych substancji palnych. | 7 |
| 1.3. Charakterystyka zagrożenia wybuchem. | 10 |
| 1.4. Określenie stref zagrożenia wybuchem. | 11 |
| 2. Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia oraz uaktywnienia się źródeł zapłonu, w tym wyładowań elektrostatycznych. | 15 |

Załączniki :

Nr 1. Graficzna dokumentacja klasyfikacyjna.

I. Informacje ogólne.

1. Cel i zakres dokumentu.

Celem niniejszej Oceny Zagrożenia Wybuchem jest :

- wskazanie pomieszczeń zagrożonych wybuchem,
- wyznaczenie w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych odpowiednich stref zagrożenia wybuchem,
- opracowanie graficznej dokumentacji klasyfikacyjnej,
- wskazanie czynników mogących zainicjować zapłon w strefach zagrożenia wybuchem.

Ocena Zagrożenia Wybuchem wymagana jest zapisami § 37 Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109 poz.719 z późniejszymi zmianami) [1].

Zakres dokumentu obejmuje miejscach pracy, w których zostały wyznaczone strefy zagrożenia wybuchem - tj. Stacja pozyskiwania i obróbki biogazu z pochodnią typu zamkniętego dla instalacji odgazowania na składowisku odpadów Zakładu Gospodarki Odpadami - Polkowicka Dolina Recyklingu sp. z o.o.

2. Podstawa prawna.

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. Nr 109 poz.719 z późniejszymi zmianami).
- [2] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (t.j. Dz.U. z 2014 r., poz. 81)
- [3] PN-EN 1127-1:2011. Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka.
- [4] PN-EN 60079-10-1:2016-02 Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni. Gazowe atmosfery wybuchowe.

Literatura :

- [5] Instrukcja eksploatacji pochodni i systemu odgazowania na składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Trzebczu.
- [6] Instrukcja eksploatacji, Instrukcja BHP stacji pozyskiwania i obróbki biogazu z pochodnią typu zamkniętego dla instalacji odgazowania na składowisku odpadów innych niż obojętne i niebezpieczne w miejscowości Trzebcz k/Polkowic woj. dolnośląskie.
- [7] Dokumentacja Techniczno-Ruchowa.
Stacja pozyskiwania i obróbki biogazu składowiskowego z pochodnią wolnostojącą typu zamkniętego o wydajności nominalnej 150 m³h⁻¹ dla instalacji odgazowania składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Trzebczu k/Polkowic woj. dolnośląskie.
- [8] Zagrożenia wybuchowe powodowane przez gaz wysypiskowy.
Autor mgr inż. Robert Żuczek

3. Definicje i skróty używane w Ocenie Zagrożenia Wybuchem.

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

Dolna granica wybuchowości (DGW): Dolna granica zakresu wybuchowości.

Granice wybuchowości: Granice zakresu wybuchowości.

Górna granica wybuchowości (GGW): Górna granica zakresu wybuchowości.

Maksymalne ciśnienie wybuchu (p_{max}): Maksymalne ciśnienie występujące w zamkniętym naczyniu podczas wybuchu atmosfery wybuchowej, oznaczone w określonych warunkach badania.

Minimalna energia zapłonu (MEZ): Najmniejsza energia elektryczna nagromadzona w kondensatorze, która w trakcie jego rozładowania jest wystarczająca do spowodowania zapłonu najbardziej zapalnej atmosfery w określonych warunkach badania.

Przestrzeń zagrożona wybuchem: Przestrzeń, w której zależnie od warunków lokalnych i ruchowych może wystąpić atmosfera wybuchowa.

Stopień emisji: Wyróżnia się trzy podstawowe stopnie emisji, uszeregowane według malejącego prawdopodobieństwa występowania gazowej atmosfery wybuchowej :

- a) **emisja ciągła** – emisja, która występuje stale lub której występowania można spodziewać się w długich okresach,
- b) **pierwszy stopień emisji** – emisja, której występowania podczas normalnej pracy można spodziewać się okresowo lub okazjonalnie,
- c) **drugi stopień emisji** – emisja, której występowania w warunkach normalnej pracy nie można się spodziewać, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to tylko rzadko i tylko na krótkie okresy,

Strefy zagrożenia wybuchem (dla gazów/par): Przestrzeń, w której może występować mieszanina wybuchowa substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym między dolną i górną granicą wybuchowości.

Rozróżniamy następujące strefy zagrożenia wybuchem (dla gazów/par):

- **Strefa 0** - miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły z powietrzem występuje stale lub przez długie okresy, lub często.
UWAGA 1. Zasadniczo, te warunki, w przypadku ich wystąpienia, pojawiają się wewnątrz pojemników, rurociągów i zbiorników, itd.
- **Strefa 1** - miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły, z powietrzem może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania.
UWAGA 2. Strefa ta może obejmować, między innymi:
 - a) bezpośrednie otoczenie strefy 0;
 - b) bezpośrednie otoczenie miejsc zasilania surowcem;

- c) bezpośrednie otoczenie miejsc napełniania i opróżniania;
- d) bezpośrednie otoczenie wrażliwych na uszkodzenie urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów wykonanych ze szkła, ceramiki i tym podobnych materiałów;
- e) bezpośrednie otoczenie nieodpowiednio zabezpieczonych uszczelnień, na przykład na pompach i zaworach z komorami dławikowymi.
- **Strefa 2** - miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły, z powietrzem nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa krótko.
UWAGA 3. Strefa ta może obejmować, między innymi, miejsca otaczające strefę 0 lub 1.

Substancja palna: Substancja w postaci gazu, pary, cieczy, ciała stałego lub mieszaniny powyższych, zdolna wchodzić w egzotermiczną reakcję z powietrzem po zapaleniu.

System ochronny: Za „systemy ochronne” uznaje się wszystkie części i podzespoły, których zadaniem jest natychmiastowe powstrzymanie powstającego wybuchu, i/lub ograniczenie skutecznego zasięgu płomienia i ciśnienia wybuchu. Systemy ochronne mogą być zintegrowane z urządzeniem, lub wprowadzane na rynek oddzielnie, do zastosowania ich jako systemów samodzielnych.

Temperatura samozapłonu (palnego gazu lub palnej cieczy): Najniższa temperatura ogrzanych ścianek naczynia oznaczona w określonych warunkach badania, w której następuje zapalenie palnej substancji w postaci mieszaniny gazu lub pary z powietrzem.

Temperatura zapłonu: Minimalna temperatura, przy której w określonych warunkach badania z cieczy wydziela się palny gaz lub para w ilości wystarczającej do natychmiastowego zapłonu z zastosowaniem efektywnego źródła zapłonu.

Wybuch: Gwałtowna reakcja utleniania lub rozkładu wywołująca wzrost temperatury i/lub ciśnienia

Źródło emisji: Punkt lub miejsce, z którego mogą się uwalniać do atmosfery gaz palny, para palna lub ciecz palna, tak że może się utworzyć gazowa atmosfera wybuchowa,

II. Informacje szczegółowe.

1. Ocena zagrożenia wybuchem.

1.1. Identyfikacja stosowanych substancji palnych oraz ich właściwości fizycznych i chemicznych.

Na składowiskach odpadów dochodzi do samoczynnego wytworzenia się gazu wysypiskowego.

Gaz wysypiskowy – to rodzaj biogazu, powstający w wyniku fermentacji związków organicznych na składowiskach odpadów.

Jego podstawowy skład jest następujący :

- | | | |
|-----------------------------------|---|-----------|
| • metan CH ₄ | - | 55-75 % |
| • dwutlenek węgla CO ₂ | - | 25-45 % |
| • azot N ₂ | - | 0-0,3 % |
| • wodór H ₂ | - | 1-5 % |
| • siarkowodór H ₂ S | - | 0-3 % |
| • tlen O ₂ | - | 0,1-0,5 % |

Ponadto w gazie wysypiskowym mogą wystąpić śladowe ilości :

- benzenu,
- chlorku winylu,
- chloroformu ,
- innych substancji

Pozostałe składniki biogazu stanowią niewielką ilość. Spośród 200–400 gazów towarzyszących tylko niewielka liczba należy do grupy gazów o istotnym znaczeniu dla środowiska. Najczęściej występujące pozostałe składniki biogazu, m.in.: siarkowodór 0–100 ppm, amoniak 0–100 ppm, merkaptan etylowy 0–120 ppm, aldehyd octowy 0–150 ppm, aceton 0–100 ppm, węglowodory C₂–C₁₁ 0–50 ppm, związki chloro organiczne 0–100 ppm. Gazami o bardzo intensywnym i odrażającym zapachu są, m.in. merkaptany, siarkowodór, aldehyd octowy. Ich próg wyczuwalności węchowej jest bardzo niski i wynosi 0,0007 mg/m³ dla siarkowodoru i 0,0005 mg/m³ dla merkaptanu etylowego. Z gazów towarzyszących szczególnie niepożądany jest siarkowodór, który w połączeniu ze skondensowaną parą prowadzi do korozji urządzeń. Z tego względu już przy zawartości około 40 mg/m³ siarkowodoru przeprowadza się odsiarczanie gazu.

Gazy powstające na składowisku są zbliżone składem do gazu pofermentacyjnego, a więc składają się głównie z metanu i dwutlenku węgla.

Główny składnik gazu wysypiskowego - metan jest ok. 20-krotnie bardziej szkodliwy dla środowiska naturalnego niż dwutlenek węgla.

W związku z tym, że główne zagrożenie gazu wysypiskowego wynika z obecności metanu, który stanowi do 75 % jego składu, w dalszej części opracowania będzie on poddany szczegółowej analizie.

Metan jest beztlenowym i bezbarwnym gazem, lżejszym od powietrza, zbiera się zatem w górnej części urządzeń.

Jest gazem nietrującym, ale pogarsza skład powietrza. Nie wykazuje działania toksycznego, jeżeli tylko stężenie tlenu jest wystarczające do oddychania.

Podstawowe właściwości metanu są następujące :

- masa cząsteczkowa - 16,04 g/mol
- temperatura wrzenia - - 165 °C
- temperatura samozapłonu - 650 °C
- klasa temperaturowa - T 1
- gęstość w stanie skroplonym - 1,53 g/dm³
- gęstość gazu względem powietrza - 0,55
- granice wybuchowości :
 - dolna - 4,9 (% obj.)
 - górna - 15,4 (% obj.)
- klasa wybuchowości - I, II A
- maksymalny przyrost ciśnienia podczas wybuchu - 605 kPa
- średnia wartość opałowa - 21,54 MJ/m³
- rozpuszczalność w wodzie - bardzo trudno rozpuszczalny

Tabela nr 1.

Klasyfikacja stosowanych substancji i mieszanin wg Rozporządzenia REACH.

Lp.	Nazwa chemiczna	Numer CAS	Numer WE	Klasyfikacja	Zwroty „H”
1.	Metan	74-82-8	200-812-7	Stwarzający zagrożenie	H220

1.2. Opis procesu, w którym może powstawać atmosfera wybuchowa z udziałem stosowanych substancji palnych.

Ujęcie biogazu polega na zasysaniu go ze złoża przez ssawo-dmuchawę, a następnie transporcie siecią gazową do stacji pozyskiwania i obróbki biogazu z pochodnią typu zamkniętego, gdzie realizowany jest proces technologiczny spalania gazu wysypiskowego. Proces ten realizowany jest w pochodni wolnostojącej typu zamkniętego o wydajności do 150 m³h⁻¹.

Pochodnia wykorzystuje zaawansowaną technologię spalania w celu osiągnięcia niskiego poziomu hałasu i przede wszystkim niskich emisji w możliwie szerokim zakresie wydajności.

Niniejsza ocena zagrożenia wybuchem dotyczy tylko stacji pozyskiwania i obróbki biogazu z pochodnią typu zamkniętego.

Linia technologiczna wewnątrz stacji pozyskiwania i obróbki gazu składa się z :

- kryzy pomiarowej połączonej ze wskaźnikiem przepływu gazu,,
- odkraplacza wyposażonego w filtr, czujnik poziomu kondensatu oraz manometr wskazujący podciśnienie wewnątrz odraszacza,
- ssawo-dmuchawy (zgodnej z dyrektywą ATEX) napędzanej silnikiem,
- kompensatory drgań na wlocie i wylocie ssawy,
- zawór kulowy na linii palnika głównego do regulacji przepływu gazu na palnik,
- przerywacze płomienia z manometrami wskazującymi ciśnienie po obu stronach przerywacza (linia palnika głównego i pilotowego),
- elektryczny zawór szybkooddcinający (linia palnika głównego i pilotowego),
- linia spustowa do kondensatu z zaworem ręcznym,
- króciec pomiarowy do poboru próbek gazu

Wewnątrz stacji, którą stanowi kontener metalowy umieszczono czujnik wycieku metanu, wentylator wymiany powietrza, wyłącznik awaryjny oraz oświetlenie. Wszystkie te elementy są zgodne z dyrektywą ATEX.

Na zewnątrz kontenera umieszczono szafę sterowniczą systemu kontroli i monitoringu oraz wolnostojącą pochodnię. Przyłącze gazowe do pochodni wykonano z rury kwasoodpornej o średnicy 2 cali. Metalowe podstawy pochodni zostały uziemione, a wszelkie połączenia kablowe umieszczono na siatce zabezpieczającej komin pochodni.

Pochodnia wyposażona jest w automatyczne urządzenia zapłonowe oraz urządzenia zapobiegające przed cofnięciem się płomienia.

Typowa pochodnia typu zamkniętego posiada następujące tryby pracy :

- spalania,
- zapłon,
- wyłączenie

SPALANIE

Spalanie jest normalnym trybem pracy pochodni. Gaz ze składowiska jest odsysany przez ssawę poprzez zawór motylkowy i odkraplacz. Odkraplacz posiada odraszacz - element filtrujący z drobnej siatki drucianej do wytrącania wilgoci i cieczy ze strumienia gazu. Ciecz zbiera się na dnie zbiornika skąd jest odprowadzana przez rurę spustową. Wskaźniki poziomu monitorują poziom cieczy i jeśli przekroczony zostanie jej ustalony poziom, zostaje wysłany sygnał do układu sterowniczego.

Wskaźniki podciśnienia po obu stronach elementu filtrującego pozwalają monitorować drożność elementu. Monitorowane jest natężenie przepływu gazu i jego ciśnienie zanim zostanie on wtłoczony przez zawór motylkowy, zawór odcinający i przerywacz płomienia do głównego palnika w kominie. Zawór motylkowy używany jest do kontroli strumienia gazu dostarczanego do palnika. Zawór odcinający otwiera się po udanym zapłonie pochodni aby umożliwić przepływ gazu do palnika głównego.

Przerywacz płomienia zapobiega cofaniu się płomienia z palnika głównego. Wskaźniki ciśnienia po obu stronach przerywacza płomienia monitorują jego drożność.

W przypadku zawrótienia płomienia od palnika do wewnątrz rur, termopara umieszczona na przerywaczu płomienia reaguje na podwyższoną temperaturę i wysyła do układu sterowniczego sygnał wyłączenia pochodni.

Płomień w kominie jest monitorowany przez ultrafioletowy czujnik płomienia i termoparę. Czujnik przekazuje sygnał o obecności płomienia do układu sterowniczego. Termopara przekazuje do układu sterowniczego sygnał o temperaturze w kominie. Temperatura wewnątrz komina kontrolowana jest za pomocą żaluzji umieszczonych w jego podstawie. Kontroli zgrubnej dokonuje się ustawiając żaluzje ręcznie podczas instalacji i odbioru technicznego pochodni. Dokładna kontrola temperatury dokonywana jest automatycznie przez żaluzje ustawiane przez układ sterowniczy otrzymujący sygnał z termopary.

ZAPŁON

Kiedy po włączeniu pochodni gaz płynie przez system rur, zawór odcinający linię główną jest zamknięty a zawór tłoczkowy w układzie pilotowym jest otwarty pozwalając na przepływ gazu do palnika pilotowego w kominie. Zasuwa ograniczająca przepływ gazu do układu pilotowego ustawiana jest podczas odbioru technicznego.

Palnik pilotowy zostaje automatycznie zapalony przez świecę zapłonową. Obecność płomienia zostaje potwierdzona przez czujnik ultrafioletu, który przesyła sygnał do układu sterowniczego. Po krótkim czasie, potrzebnym na stabilizację płomienia w palniku pilotowym, otwarty zostaje główny zawór odcinający.

Palnik pilotowy zapala palnik główny i po osiągnięciu w kominie zakładanej temperatury zawór tłoczkowy zamyka się odcinając dopływ gazu do palnika pilotowego. Jeśli palnik pilotowy nie zapali się w ciągu 5 sekund zapłonnik zostanie wyłączony na 5 sekund przed kolejną próbą ponownego zapłonu. Sekwencja pięciosekundowego włączania i wyłączania zapłonnika powtarza się przez 3 minuty, po czym należy nacisnąć przycisk „stop” by zresetować system przed kolejną próbą uruchomienia pochodni.

WYŁĄCZENIE

Pochodnię można wyłączyć :

- Ręcznie,
- Automatycznie,
- Awaryjnie

Ręczne wyłączenie pochodni

Kiedy pochodnia zostanie wyłączona poprzez naciśnięcie przycisku „stop” w szafie kontrolnej, zamyka się zawór odcinający dopływ gazu do palnika głównego i wyłącza się ssawa.

Automatyczne wyłączenie pochodni

Pochodnia wyłącza się automatycznie w przypadku:

- 1) Wysokiej temperatury w kominie
- 2) Awarii zapłonu
- 3) Przerwie w zasilaniu elektrycznym pochodni
- 4) Zgaśnięcia płomienia
- 5) Awarii ssawy
- 6) Awarii obu wentylatorów wyciągowych
- 7) Wysokiego poziomu cieczy w odkraplaczu
- 8) Wycieku metanu w kontenerze Cofnięcia się płomienia z palnika
- 9) Wysokiego poziomu tlenu (O₂) w gazie
- 10) Niskiego poziomu metanu (CH₄) w gazie

Po uruchomieniu się sekwencji automatycznego wyłączenia zamyka się zawór odcinający dopływ gazu do palnika głównego i wyłącza się ssawa.

Jeśli pochodnia wyłączyła się automatycznie z przyczyn podanych w punkcie 1, 2, 3 i 4 ponowny rozruch u pochodni nastąpi automatycznie po ustąpieniu przyczyny.

Automatyczny rozruch nastąpi trzykrotnie, a następnie należy ręcznie zresetować pochodnię. Pomiędzy kolejnymi próbami następują 30 minutowe przerwy i przy każdej próbie temperatura w kominie nie może przekraczać 300° C.

Jeśli pochodnia wyłączyła się z przyczyn podanych w pozostałych punktach 5, 6, 7, lub pochodnia została wyłączona ręcznie (naciśnięto przycisk stop lub awaryjnego zatrzymania), nie nastąpi automatyczna próba rozruchu i pochodnia będzie musiała zostać uruchomiona ręcznie.

Wyłączanie Awaryjne

Po wciśnięciu przycisku zatrzymania awaryjnego [Emergency Stop] zamyka się zawór odcinający dopływ gazu do palnika głównego i wyłącza się ssawa.

Pochodnia musi być ponownie uruchomiona ręcznie po jej awaryjnym wyłączeniu.

1.3. Charakterystyka zagrożenia wybuchem.

Gęstość gazu wysypiskowego jest większa niż powietrza, co powoduje, że gromadzi się on w pobliżu ziemi i jej zagłębieniach. Gaz nie jest toksyczny i zawiera małą ilość tlenu. Główne zagrożenie gazu wysypiskowego wynika z obecności metanu, który stanowi do 75 % składu. Stężenie metanu w granicach 5 – 15%, w mieszaninie z powietrzem powoduje powstanie atmosfery wybuchowej.

Zachowanie się gazu wysypiskowego zależy szczególnie od proporcji dwutlenku węgla do metanu. Stosunek ten steruje gęstością gazu i jego palnością oraz wpływa na szybkość emisji i rozpraszania wielkości określających zdolność do gromadzenia się mieszaniny palnej. Gdy metan uchodzi bezpośrednio do otwartej atmosfery istnieje niewielkie ryzyko jego wybuchu. Dzieje się tak, gdy warstwa, na której usytuowane jest wysypisko, jest przepuszczalna lub gdy posiada pasma przepuszczalne pozwalające na poziomą migrację gazu. Problem zagrożenia metanem staje się poważny, gdy gaz nie może przedostać się w sposób naturalny do atmosfery. Każda zamknięta przestrzeń, budynek lub zbiornik, może działać jako pojemnik zbiorczy gazu np. kontener stacji pozyskiwania i obróbki biogazu. Podstawowymi drogami, którymi gaz może dostać się do kontenera stacji są pęknięcia i szczeliny w kryzach, zaworach i wszelkich łączeniach rur i przewodów. Najbardziej niebezpieczne są pomieszczenia małe o słabej wymianie powietrza. Związane jest to z możliwością utrzymywania się stężeń wybuchowych przez dłuższy czas.

Stacja pozyskiwania i obróbki biogazu została zabezpieczona przed powstaniem zagrożenia wybuchem poprzez wyposażenie jej w szereg następujących zabezpieczeń :

- **Moduł wykrywania metanu z czujnikiem metanowym.**

Moduł wykrywania metanu w Stacji składa się z detektora w wykonaniu Ex, a także centralki odbierającej sygnał z detektora metanu.

W Stacji przewidziano 1 czujnik metanu umieszczony około 0,3 m pod sufitem (pomieszczenie technologiczne). Takie rozmieszczenie podyktowane jest charakterystyką rozchodzenia się mieszanki gazowo-powietrznej w zależności od zawartości procentowej metanu w składzie biogazu.

Stacjonarny system eksplozymetryczny uruchamia wentylację mechaniczną w momencie, kiedy czujnik stężenia metanu w atmosferze stacji zasygnalizuje poziom metanu przekraczający 10% DGW. Dodatkowo system połączony jest z zaworem szybkozamykającym, odcinającym dopływ gazu do układu przy stężeniu metanu w Stacji na poziomie 30% DWG.

- **Przerywacze płomienia**

W przypadku pojawienia się płomienia w rurociągu pochodni lub w części gazowej wykonawczej ssawy przerywacz natychmiast zablokuje dalsze rozprzestrzenianie się płomienia w rurociągu. Działanie jego polega na natychmiastowym stopnieniu wkładki wewnątrz przerywacza z chwilą przekroczenia temperatury maksymalnej dla zastosowanego przerywacza - około 90 °C. Zastosowano jeden przerywacz na linii pilotowej, jeden na linii palnika głównego.

- **Wentylator wyciągowy**

Wentylatory wykonane są w wykonaniu przeciwwybuchowym, praca wentylatora jest nastawiona na pracę ciągłą w celu wymiany powietrza w kontenerze.

Wentylację naturalną zapewniają wentylatory żaluzjowe. Natomiast wentylację wymuszoną zapewnia mechaniczny wentylator wyciągowy osiowy w wykonaniu Ex.

- **Wylącznik awaryjny**

Wylącznik awaryjny instalacji zamontowany na szafie sterowniczej oraz na wewnętrznej ścianie stacji przy drzwiach.

1.4. Określenie stref zagrożenia wybuchem.

Wyznaczając wielkości stref zagrożenia wybuchem koniecznością jest określenie prawdopodobieństwa występowania mieszaniny wybuchowej.

Występowanie niebezpiecznej atmosfery wybuchowej zależy od:

- obecności substancji palnej,
- objętości przestrzeni powietrznej pomieszczenia technologicznego,
- stężenia substancji palnej w powietrzu w granicach wybuchowości,
- objętości atmosfery wybuchowej wystarczającej do spowodowania obrażeń lub zniszczeń w wyniku zapłonu,
- maksymalnego ciśnienia roboczego w instalacji doprowadzającej gaz do poszczególnych urządzeń,
- zastosowanych zabezpieczeń przeciwwybuchowych.

Zgodnie z definicją stref zagrożenia wybuchem, prawdopodobieństwo występowania niebezpiecznej atmosfery wybuchowej jest następujące :

Strefa 0 – miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych w postaci gazu, pary lub mgły z powietrzem występuje stale w długim czasie lub często;

Strefa ta zasadniczo obejmuje wnętrza pojemników, rurociągów, zbiorników, reaktorów itp.

Dla tej strefy przyjmuje się wartość prawdopodobieństwa przy szacowaniu poziomu ryzyka wybuchu : **P = 1**

Strefa 1 – miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych w postaci gazu, pary lub mgły z powietrzem może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania;

Strefa ta może obejmować, między innymi,

- bezpośrednie otoczenie strefy 0;
- bezpośrednie otoczenie miejsc zasilania surowcem;
- bezpośrednie otoczenie miejsc napełniania i opróżniania;
- bezpośrednie otoczenie wrażliwych na uszkodzenie urządzeń, ochronnych, części i podzespołów, wykonanych ze szkła, ceramiki i tym podobnych materiałów;
- bezpośrednie otoczenie nieodpowiednio zabezpieczonych uszczelnień, na przykład na pompach i zaworach z komorami dławikowymi.

Dla tej strefy przyjmuje się wartość prawdopodobieństwa przy szacowaniu poziomu ryzyka wybuchu : **P = 0,01 ÷ 0,05**

Strefa 2 – miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych w postaci gazu, pary lub mgły z powietrzem nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa tylko przez krótki okres;

Strefa ta może obejmować, między innymi, miejsca otaczające strefę 0 lub 1.
Dla tej strefy przyjmuje się wartość prawdopodobieństwa przy szacowaniu poziomu ryzyka wybuchu : $P = 0,001 \div 0,005$

Określenie ilości atmosfery wybuchowej może być dokonane w oparciu o odrębne przepisy, w tym przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej lub specyfikacje techniczne.

Zgodnie z Instrukcją eksploatacji i BHP [6] strefy zagrożenia wybuchem przedstawiają się następująco :

Gdyby nie zastosowano detektorów metanu oraz wentylacji awaryjnej w wykonaniu przeciwybuchowym w Stacji należałoby wyznaczyć **strefę 1** o zasięgu jak poniżej :
Strefa 1- występowałaby w następujących miejscach:

a) w całym pomieszczeniu ssawy,

b) w promieniu 2,5 m, przy czym w górę 5 m, od ujścia pochodni gazu.

Ponieważ w Stacji zastosowano system eksplozymetryczny oparty na detektorach metanu w wykonaniu Ex, detektorach pożaru, przerywaczach płomienia, automatycznie działającej wentylacji mechanicznej i zaworze szybkozamykającym, w tym przypadku strefy 1 zagrożenia wybuchem **nie wyznacza się**.

Odnosząc się do przepisów rozporządzenia [2] należałoby wyznaczyć następujące strefy zagrożenia wybuchem :

Strefę 2 zagrożenia wybuchem - w promieniu 0,5 m wokół połączeń kołnierзовych gwintowanych i ściskanych rurociągów gazowych, dławic i gniazd zaworów przy ciśnieniach ponad 2 bary.

W Stacji maksymalne ciśnienie nie przekroczy 0,35 bar.

Niezależnie od tego dla zwiększenia bezpieczeństwa przed wybuchem wyznaczono jednak **strefę 2** zagrożenia wybuchem w promieniu 0,5 m od wymienionych połączeń tak, aby nie stosować żadnych urządzeń w wykonaniu standardowym.

Zgodnie z Rozporządzeniem [1].

„Pomieszczenie, w którym może wytworzyć się mieszanina wybuchowa, powstała z wydzielającej się takiej ilości palnych gazów, par, mgieł lub pyłów, której wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający 5 kPa (5000 Pa), określa się jako pomieszczenie zagrożone wybuchem”.

Ponadto

„W pomieszczeniu należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem, jeżeli może w nim występować mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej 0,01 m³ w zwartej przestrzeni.

Przyrost ciśnienia w pomieszczeniu stacji ΔP (Pa) dla gazów niejednorodnych (gaz wysypiskowy) można wyznaczyć za pomocą następującego równania (zgodnie z załącznikiem do Rozporządzenia [1]) :

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times q_{sp} \times P_0 \times W}{V \times \rho_p \times C_p \times T} \quad (1)$$

gdzie:

m_{\max} - maksymalna masa substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może się wydzielić w danym pomieszczeniu (kg),

q_{sp} - ciepło spalania paliwa gazowego (J /kg),

P_o - ciśnienie atmosferyczne normalne (Pa),

W - współczynnik przebiegu reakcji wybuchu (0,17 dla palnych gazów)

V - objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia, stanowiąca różnicę między objętością pomieszczenia i objętością znajdujących się w nim instalacji, sprzętu, zamkniętych opakowań itp. (m^3),

ρ_p - gęstość powietrza w temperaturze T (kg /m^3),

C_p - ciepło właściwe powietrza (J /kg K)

T - temperatura pomieszczenia w normalnych warunkach pracy (K)

Zgodnie z założeniami technologicznymi do kontenerowej stacji pozyskiwania i obróbki biogazu może być doprowadzony gaz wysypiskowy o maksymalnej wydajności $Q = 150 m^3/h$. Parametry techniczne zastosowanej ssawo-dmuchawy w stacji biogazu (dokumentacja techniczno-ruchowa [7]) ograniczają tę wielkość do $Q = 128 m^3/h$. Zawartość metanu w tym gazie wynosi 60 %, dlatego możemy do dalszych obliczeń przyjąć, że wydatek metanu będzie wynosił

$$Q_{\text{metanu}} = 76,8 m^3/h \quad (Q_{\text{metanu}} = 0,02133 m^3/s)$$

Znając wydatek gazu oraz jego gęstość możemy obliczyć masę jaka się wydzieli w danym czasie :

$$m_{\max} = V_{CH_4} \times \rho_{CH_4} \quad (2)$$

$$V_{CH_4} = Q_{CH_4} \times t \quad (3)$$

$$m_{\max} = Q_{CH_4} \times t \times \rho_{CH_4}$$

gdzie:

m_{\max} - masa metanu jaka może się wydzielić w czasie (kg),

V_{CH_4} - objętość metanu (m^3)

ρ_{CH_4} - gęstość metanu (kg/m^3)

Q_{CH_4} - wydatek metanu (m^3/s),

t - czas wydzielania (s),

Masa ta dla powyższych parametrów ($t = 1 s$) wynosi w przybliżeniu 0,014382 kg

Podstawiając do wzoru (1) następujące wartości:

$$m_{\max} = 0,014382 \text{ kg}$$

$$q_{sp} = 55,53 \cdot 10^6 \text{ J/kg (dla metanu)}$$

$$P_o = 101\,325 \text{ Pa}$$

$$W = 0,17$$

$V = 11 \text{ m}^3$ (objętość przestrzeni powietrznej kontenera stacji pomniejszona o objętość znajdujących się w nim instalacji i urządzeń),

$\rho_p = 1,226 \text{ kg/m}^3$ przy temperaturze 15°C

$C_p = 1,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$

$T = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K}$

Po obliczeniach otrzymujemy wartość $\Delta P = 3507 \text{ Pa} \sim 3,5 \text{ kPa}$

Przyrost ciśnienia w stacji kontenerowej wynosi około 3,5 kPa w związku z powyższym zgodnie z Rozporządzeniem [1] należałoby pomieszczenie stacji określić jako pomieszczenie **niezagrożone wybuchem**.

W przypadku występowania w pomieszczeniu uruchamianej samoczynnej wentylacji awaryjnej, przy określaniu m_{\max} dla palnych gazów dopuszcza się uwzględnienie jej działania, jeżeli odciąg powietrza znajdują się w pobliżu miejsca przewidywanego wydzielania się gazów. Stacja została wyposażona w awaryjny system wentylacji mechanicznej.

Przyjmowaną do obliczenia ΔP maksymalną masę substancji palnych można zmniejszyć „k” razy, przy czym :

$$k = 1 + n \times \tau$$

gdzie:

n- ilość wymian powietrza w stacji kontenerowej przy działaniu wentylacji mechanicznej [1/s]

τ - przewidywany czas wydzielania par [s] (przyjmuje się 1 s)

Ilość powietrza odciąganego z wnętrza stacji za pośrednictwem wentylacji wynosi : $890 \text{ m}^3/\text{h}$ to daje $0,2472 \text{ m}^3/\text{s}$

Kubatura stacji : $V = 11 \text{ m}^3$

Ilość wymian powietrza w stacji :

$$n = \frac{0,2472}{11} = 0,02247 \left[\frac{1}{\text{s}} \right]$$

wobec tego :

$$k = 1 + n \times \tau = 1 + 0,02247 \times 1 = 1,02247$$

$$m_{\max 2} = \frac{m_{\max}}{k} = \frac{0,014382}{1,02247} = 0,014066 \text{ kg}$$

Po obliczeniach $\Delta P_2 = 3430 \text{ Pa} \sim 3,4 \text{ kPa}$

Na podstawie powyższych obliczeń przyjmuje się następującą ocenę :

Przyrost ciśnienia spowodowany przez wybuch palnych par nie przekracza 5 kPa stąd kontenerową stację pozyskiwania i obróbki biogazu można byłoby zakwalifikować jako niezagrożoną wybuchem.

WNIOSKI KOŃCOWE

W stacji pozyskiwania i obróbki biogazu z pochodnią typu zamkniętego powstanie atmosfery wybuchowej możliwe jest tylko w przypadku awaryjnego stanu pracy instalacji i urządzeń.

W związku z powyższym ewentualne miejsca, w których może pojawić się atmosfera wybuchowa klasyfikowane będą do Strefy 2 zagrożenia wybuchem.

Strefy te są następujące :

- **w promieniu 0,5 m wokół połączeń kolnierzowych gwintowanych i ściskanych rurociągów gazowych, dławic i gniazd zaworów wewnątrz stacji,**
- **w promieniu 0,5 m wokół wszystkich połączeń kolnierzowych na zewnątrz stacji,**

Prawdopodobieństwo wystąpienia wybuchu jest niewielkie i wynosi

$$P = 0,001 \div 0,005$$

Umowny czas występowania tego zagrożenia dla tej strefy przyjmuje się na poziomie – 10 godzin rocznie.

Graficzna dokumentacja klasyfikacyjna została przedstawiona w załączniku nr 1.

2. Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia oraz uaktywnienia się źródeł zapłonu, w tym wyładowań elektrostatycznych.

Potencjalne źródła zapłonu określa Polska Norma PN-EN 1127- 1:2011 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka. [3]

Norma zaleca, że jeżeli prawdopodobieństwo występowania efektywnego źródła zapłonu nie może być oszacowane, należy przyjąć założenie, że źródło zapłonu występuje zawsze. Źródła zapłonu stosownie do prawdopodobieństwa ich występowania klasyfikowanie są w następujący sposób:

- a) źródła zapłonu, które mogą występować ciągle lub często;
- b) źródła zapłonu, które mogą występować rzadko;
- c) źródła zapłonu, które mogą występować jedynie wyjątkowo.

Norma wymienia 13 rodzajów źródeł zapłonu, które mogą występować w praktyce przemysłowej. Są to mianowicie:

Gorące powierzchnie.

Zapłon może wystąpić, jeżeli dojdzie do kontaktu atmosfery wybuchowej z ogrzaną powierzchnią. Źródłem zapłonu może być nie tylko sama gorąca powierzchnia - również warstwa pyłu lub palne ciało stałe zapalone w kontakcie z gorącą powierzchnią może stanowić źródło zapłonu dla atmosfery wybuchowej. Zdolność ogrzanej powierzchni do spowodowania zapłonu zależy od rodzaju i stężenia poszczególnych substancji w mieszaninie z powietrzem. Zdolność ta rośnie ze wzrostem temperatury i powierzchni. Ponadto, temperatura powodująca zapłon zależy od rozmiaru i kształtu ogrzanego elementu, gradientu stężenia w pobliżu powierzchni i, w pewnym stopniu, również od rodzaju materiału ogrzanej powierzchni. Kiedy atmosfera wybuchowa przepływa nad ogrzаныmi powierzchniami, do zapłonu konieczna jest wyższa temperatura powierzchni z powodu krótkiego czasu kontaktu.

Jeżeli atmosfera wybuchowa pozostaje w kontakcie z gorącą powierzchnią przez względnie długi czas, mogą zachodzić wstępne reakcje, np. zimne płomienie, wskutek czego tworzą się łatwiej zapalne produkty rozkładu ułatwiające zapłon pierwotnych atmosfer.

Oprócz łatwo rozpoznawalnych gorących powierzchni, takich jak grzejniki, suszarki, węzownice grzewcze i inne, źródłem niebezpiecznych temperatur mogą być również procesy mechaniczne i z udziałem maszyn. Procesy te obejmują również urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły, które zamieniają energię mechaniczną w ciepłą, tj. wszystkie rodzaje sprzęgła trących i hamulców działających mechanicznie (np. w pojazdach i wirówkach). Ponadto, wszystkie części ruchome w łożyskach, przepustach wałów, uszczelnieniach itd. mogą stawać się źródłem zapłonu, jeżeli nie są w wystarczającym stopniu smarowane. W przypadku ścisłego pasowania ruchomych części przedostanie się ciał obcych lub przesunięcie osi również mogą powodować tarcie, które z kolei może prowadzić do wysokiej temperatury powierzchni, w niektórych przypadkach dość szybko. Powinno się również brać pod uwagę wzrost temperatury w wyniku reakcji chemicznych (np. ze smarami i środkami czyszczącymi).

Zgodnie z wymaganiami rozporządzenia [1] żeby zachować warunki bezpieczeństwa należy nie dopuszczać do przekroczenia na gorącej powierzchni urządzeń 2/3 wartości temperatury samozapłonu stosowanego medium, które może mieć kontakt z tą powierzchnią.

Płomienie i gorące gazy.

Płomienie towarzyszą reakcjom spalania w temperaturach powyżej 1000 °C. Gorące gazy są produktem reakcji, w przypadku płomieni dymiących i/lub kopcących tworzą się również żarzące się cząstki stałe. Płomienie oraz ich gorące produkty reakcji (ogrzane gazy) mogą zapalić atmosferę wybuchową. Płomienie, nawet bardzo małe, są jednym z najbardziej efektywnych źródeł zapłonu. Krople stopionego metalu powstające podczas spawania lub cięcia są cząstkami o bardzo dużej powierzchni i dlatego też są jednymi z najbardziej efektywnych źródeł zapłonu.

Jeżeli atmosfera wybuchowa występuje zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz urządzenia, systemu ochronnego, części lub podzespołu, albo w sąsiednich częściach instalacji i jeżeli zapłon następuje w jednym z tych miejsc, płomień może rozprzestrzeniać się w inne miejsca przez otwory takie jak kanały wentylacyjne. Zapobieganie rozprzestrzenianiu się płomienia wymaga specjalnie zaprojektowanych środków ochronnych.

Iskry wytwarzane mechanicznie

W wyniku tarcia, uderzenia lub procesów ścierania takich jak mielenie, może nastąpić oddzielenie od ciał stałych cząstek o wysokiej temperaturze, będącej wynikiem energii używanej w procesie. Jeżeli cząstki te zawierają substancje zdolne do utleniania, na przykład żelazo lub stal, mogą one ulegać procesowi utleniania, osiągając przez to nawet wyższe temperatury. Cząstki takie (iskry) mogą zapalać palne gazy i pary i pewne mieszaniny pyłowo-powietrzne (zwłaszcza mieszaniny pyłów metali z powietrzem). W warstwie pyłu iskry mogą spowodować tlenie, które może być źródłem zapłonu atmosfery wybuchowej.

Jako powód iskrzenia należy rozważyć przedostanie się do urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów materiałów obcych, np. kamieni albo skrawków metalu. Tarcie, nawet między podobnymi metalami żelaznymi i między pewnymi materiałami ceramicznymi, może je miejscami nagrzewać i wytwarzać iskry podobne do powstających w trakcie mielenia, co może także prowadzić do zapłonu atmosfer wybuchowych. Uderzenia w obecności rdzy i metali lekkich (np. aluminium i magnezu) oraz ich stopów mogą zapoczątkowywać reakcję termitową, prowadzącą do wysokich temperatur. Metale lekkie - tytan i cyrkon - mogą również tworzyć zapalne iskry pod wpływem uderzenia lub tarcia w kontakcie z wystarczająco twardym materiałem.

Urządzenia elektryczne

W przypadku urządzeń elektrycznych źródłami zapłonu mogą być iskry elektryczne i gorące powierzchnie. Iskry elektryczne mogą być wytwarzane, np.:

- a) kiedy obwody elektryczne są wyłączane i załączane;
- b) przez poluzowanie połączeń;
- c) przez prądy błędzące.

Wykazano jednoznacznie, że bardzo niskie napięcie (np. poniżej 50 V), które stosuje się w celu ochrony osób przed porażeniem prądem nie jest jednocześnie środkiem ochrony przed wybuchem. Nawet napięcia niższe niż wyżej wymienione mogą jednak wytworzyć energię wystarczającą do zapalenia atmosfery wybuchowej.

Prądy błędzące, katodowa ochrona przed korozją

Prądy błędzące mogą płynąć w systemach przewodzących elektryczność lub częściach systemów jako:

- a) prądy powrotne w systemach elektroenergetycznych – zwłaszcza w sąsiedztwie kolei elektrycznej i dużych systemów spawalniczych - gdy, na przykład, elektroprzewodzące składniki systemu, takie jak szyny i kable leżące pod ziemią obniżają opór ścieżki prądu powrotnego;
- b) wynik zwarcia albo doziemienia z powodu uszkodzeń instalacji elektrycznych;
- c) jako wynik indukcji magnetycznej (np. ze względu na sąsiedztwo instalacji elektrycznych z silnymi prądami lub częstotliwościami radiowymi);
- d) jako wynik uderzenia pioruna.

Jeżeli części systemu zdolnego do przewodzenia prądów błędzących są rozłączane, łączone lub mostkowane - nawet w przypadku niewielkich różnic potencjału – atmosfera wybuchowa może ulec zapłonowi w wyniku iskier i/lub łuków elektrycznych. Ponadto, zapłon może również nastąpić z powodu nagrzania się ścieżek przewodzących.

W przypadku zastosowania ochrony katodowej przed korozją wyżej wymienione ryzyko zapłonu również jest możliwe. Jeżeli stosuje się anody ochronne, ryzyko zapłonu z powodu iskier elektrycznych jest mało prawdopodobne, chyba że anody wykonane są z aluminium lub magnezu.

Elektryczność statyczna

W określonych warunkach wyładowania elektryczności statycznej mogą powodować zapłon wszystkich rodzajów atmosfer wybuchowych.

Wyładowanie naładowanych, izolowanych części przewodzących łatwo może prowadzić do wytworzenia iskier zapalających.

W przypadku naładowanych elementów wykonanych z materiałów nieprzewodzących, dotyczy to głównie tworzyw sztucznych, ale również pewnych innych materiałów, możliwe jest wystąpienie wyładowań snopiastych.

W specjalnych przypadkach, podczas szybkich procesów rozdziału (np. taśmy przesuwające się na wałkach, pasy napędowe), lub w wyniku kombinacji materiałów przewodzących i nieprzewodzących, możliwe są również rozprzestrzeniające się wyładowania snopiaste. Mogą również występować wyładowania stożkowe od materiałów składowanych luzem oraz wyładowania z obłoków pyłu.

Wyładowania snopiaste mogą zapalać niemal wszystkie wybuchowe atmosfery gazów i par. Zgodnie z obecnym stanem wiedzy nie można wykluczyć zapłonu wybuchowych atmosfer pyłowo-powietrznych ze skrajnie niską minimalną energią zapłonu przez wyładowanie snopiaste.

Iskry, rozprzestrzeniające się wyładowania snopiaste, wyładowania stożkowe i wyładowania z obłoku pyłu mogą zapalać wszystkie rodzaje atmosfer wybuchowych, w zależności od ich energii wyładowania.

Uderzenie pioruna

Jeżeli uderzenie pioruna nastąpi w atmosferze wybuchowej, zawsze dojdzie do jej zapłonu. Co więcej, istnieje również możliwość zapłonu ze względu na wysokie temperatury osiągane przez elementy przewodzące wyładowanie.

W miejscu uderzenia pioruna płyną silne prądy, które mogą tworzyć iskry w jego sąsiedztwie. Nawet bez uderzenia pioruna, burze mogą powodować indukowane wysokie napięcia w urządzeniach, systemach ochronnych, częściach i podzespołach.

Fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (RF) od 10^4 Hz do 3×10^{12} Hz.

Fale elektromagnetyczne są emitowane przez wszystkie systemy generujące i stosujące energię elektryczną o częstotliwości radiowej (systemy częstotliwości radiowej), np. nadajniki radiowe lub przemysłowe, lub medyczne generatory RF stosowane do ogrzewania, suszenia, utwardzania, spawania, cięcia itd.

Wszystkie przewodzące części znajdujące się w polu promieniowania działają jak anteny odbiorcze. Jeżeli pole jest wystarczająco silne i jeżeli antena odbiorcza jest wystarczająco duża, części przewodzące mogą powodować zapłon w atmosferach wybuchowych.

Odbierana energia o częstotliwości radiowej może, na przykład, rozżarzyć cienkie przewody lub generować iskry podczas łączenia lub rozłączania części przewodzących. Doprowadzana przez antenę odbiorczą energia, która może prowadzić do zapłonu, zależy głównie od odległości między nadajnikiem i anteną odbiorczą oraz od rozmiarów anteny odbiorczej przy wszystkich długościach i energii fal RF.

Fale elektromagnetyczne od 3×10^{11} Hz do 3×10^{15} Hz

Promieniowanie w tym zakresie widma może – zwłaszcza w przypadku skupienia - stać się źródłem zapłonu poprzez pochłanianie przez atmosfery wybuchowe lub powierzchnie ciał stałych.

Światło słoneczne, na przykład, może powodować zapłon w obecności przedmiotów zdolnych do skupienia jego promieni (np. butelki działające jak soczewki, reflektory skupiające).

W określonych warunkach promieniowanie intensywnych źródeł światła (ciągłego albo błyskowego) jest tak intensywnie pochłaniane przez cząstki pyłu, że stają się one źródłem zapłonu atmosfer wybuchowych lub nagromadzonego pyłu.

W przypadku promieniowania laserowego (np. stosowanego w łączności, pomiarach zdalnych, pomiarach geodezyjnych, urządzeniach do pomiaru odległości w zasięgu wzroku), nawet przy dużych odległościach energia lub natężenie nawet nie zogniskowanego promienia mogą być wystarczające do spowodowania zapłonu. Również w tym przypadku proces ogrzewania zachodzi głównie wtedy, gdy wiązka laserowa trafia na powierzchnię ciała stałego lub gdy jest absorbowana przez cząstki pyłu w atmosferze lub przez zanieczyszczone części przezroczyste.

Należy wziąć pod uwagę, że jakiegokolwiek urządzenie, system ochronny, część i podzespół generujący promieniowanie (np. lampy, łuki elektryczne, lasery, itd.) mogą stanowić źródło zapłonu.

Promieniowanie jonizujące

Promieniowanie jonizujące generowane, na przykład, przez lampy rentgenowskie i substancje radioaktywne może zapalać atmosfery wybuchowe (zwłaszcza atmosfery wybuchowe z cząstkami pyłu) w wyniku absorpcji energii. Ponadto, źródło radioaktywne samo może się podgrzewać, z powodu wewnętrznej absorpcji energii promieniowania, do temperatury przekraczającej minimalną temperaturę samozapłonu otaczającej atmosfery wybuchowej.

Promieniowanie jonizujące może powodować chemiczny rozkład lub inne reakcje, które mogą prowadzić do tworzenia bardzo reaktywnych rodników lub związków niestabilnych chemicznie. Może to powodować zapłon. Takie promieniowanie może również tworzyć atmosferę wybuchową w wyniku rozkładu (np. mieszanina tlenu i wodoru w wyniku radiolizy wody).

Ultradźwięki

Podczas stosowania fal ultradźwiękowych, znaczna część energii wytwarzanej przez przetwornik elektroakustyczny jest absorbowana przez substancje stałe lub ciekłe. W wyniku absorpcji, substancja wystawiana na działanie ultradźwięków ogrzewa się tak, że w skrajnych przypadkach może nastąpić zapłon.

Sprężanie adiabatyczne i fale uderzeniowe

W przypadku sprężania adiabatycznego lub prawie adiabatycznego i w przypadku fal uderzeniowych (np. nagłe rozprężanie gazów) mogą występować tak wysokie temperatury, że atmosfery wybuchowe (i osady pyłu) mogą zostać zapalone. Przyrost temperatury zależy głównie od stosunku wartości ciśnień, nie od ich różnicy.

W przewodach ciśnieniowych kompresorów do sprężania powietrza i w zbiornikach podłączonych do tych przewodów, wybuchy mogą występować jako wynik zapłonu sprężonych mgieł olejów smarnych.

Fale uderzeniowe są generowane, na przykład, podczas nagłego rozprężania gazów pod wysokim ciśnieniem do rurociągów.

W tym procesie fale uderzeniowe rozprzestrzeniają się do miejsc o niskim ciśnieniu szybciej niż prędkość dźwięku. Kiedy są uginane lub odbijane przez powyginany rurociąg, przewężenia, połączenia kołnierzowe, zamknięte zawory itd., mogą występować bardzo wysokie temperatury.

Urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły zawierające wysoce utleniające gazy, np. czysty tlen lub atmosfery gazowe o wysokim stężeniu tlenu, mogą stawać się efektywnym źródłem zapłonu przy sprężaniu adiabatycznym, fali uderzeniowej lub nawet zwykłym przepływie, ponieważ zapaleniu ulec mogą smary, szczeliwa a nawet materiały konstrukcyjne. Jeżeli to prowadzi do zniszczenia urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów, ich części będą zapalać otaczającą atmosferę wybuchową.

Reakcje egzotermiczne, włącznie z samozapaleniem pyłów

Reakcje egzotermiczne mogą stanowić źródło zapłonu, gdy szybkość wytwarzania ciepła będzie większa od szybkości odprowadzania ciepła do otoczenia. Wiele reakcji chemicznych jest reakcjami egzotermicznymi. Możliwość osiągnięcia podczas reakcji wysokiej temperatury zależy, między innymi, od stosunku objętość/powierzchnia układu reagującego, temperatury otoczenia i czasu reakcji.

Te wysokie temperatury mogą prowadzić do zapłonu wybuchowych atmosfer, jak również zapoczątkowania tlenu się i/lub palenia.

Do reakcji tych włącza się reakcje piroforycznych substancji z powietrzem, metali alkalicznych z wodą, samozapalenie palnych pyłów, samonagrzewanie się pasz, zapoczątkowane przez procesy biologiczne, rozkład organicznych nadtlenków lub reakcje polimeryzacji. Katalizatory również mogą wzbudzać reakcje egzotermiczne (np. atmosfery wodór/powietrze w obecności platyny). Niektóre reakcje chemiczne (np. rozkład termiczny i procesy biologiczne) mogą również prowadzić do tworzenia substancji palnych, które z kolei mogą tworzyć atmosfery wybuchowe z otaczającym powietrzem.

Gwałtowne reakcje kończące się zapłonem mogą występować w pewnych połączeniach materiałów konstrukcyjnych z substancjami chemicznymi (np. miedź z acetylenem, metale ciężkie z nadtlenkiem wodoru). Pewne połączenia substancji, zwłaszcza gdy są dobrze rozdrobione, (np. aluminium/rdza albo cukier/chlorany) reagują gwałtownie w razie uderzenia lub tarcia.

Zagrożenia mogą też wynikać z reakcji chemicznych spowodowanych termiczną niestabilnością, dużym ciepłem reakcji i/lub szybkim wyzwaniem gazu.

UWAGA !

Do typowych czynności generujących efektywne źródła zapłonu atmosfer wybuchowych mogących wystąpić w stacji pozyskiwania i obróbki biogazu z pochodnią typu zamkniętego można zaliczyć:

- iskrzenie wadliwej instalacji elektrycznej, iskrzenie złącz baterii w latarkach, telefonach komórkowych w wykonaniu do powszechnego stosowania,
- iskrzenie podczas spawania elektrycznego,
- gorące gazy podczas spawania gazowego,
- iskrzenie podczas cięcia/ szlifowania metali,
- nieodpowiednie oświetlenie (np.: gorąca żarówka bez obudowy lub z nieszczelną obudową),
- otwarty ogień (zapalniczka, zapałka, papieros),
- gorące powierzchnie pochodni oraz urządzeń elektro-energetycznych i elektrycznych, mechanicznych w wyniku tarcia elementów ruchomych,
- iskry krzesane uderzeniem narzędzi metalowych w stacje kontenerową, urządzenia lub posadzkę,
- wyładowania elektryczności statycznej z ciała człowieka do uziemionej aparatury i urządzeń lub z nieuziemionej /niewyzzerowanej aparatury do ciała pracownika itp.

Załączniki :

Nr 1. Graficzna dokumentacja klasyfikacyjna.