

OCENA ZAGROŻENIA WYBUCEM
DLA UKŁADU DOZUJĄCEGO
WOLNOSTOJĄCEGO

Gdańsk 2011

Wybuch i jego skutki jako czynnik zagrożenia

Zagrożenie wybuchem można traktować – z jednej strony – jako możliwość tworzenia przez palne substancje wybuchowych mieszanin z powietrzem, a z drugiej strony – jako możliwość wystąpienia w wybuchu uszkodzeń ciała (bądź utraty życia) lub powstania strat materialnych.

Wybuchem nazywa się zjawisko gwałtownej zmiany stanu układu termodynamicznego na drodze przemiany fizycznej, chemicznej lub jądrowej, której towarzyszy wydzielanie dużych ilości ciepła i zamiana energii potencjalnej w pracę mechaniczną (wykonywaną przez rozprężające się gazy lub pary zmagazynowane przed wybuchem w zbiornikach lub powstające wskutek wybuchu). Zgodnie z taką definicją wyróżnia się:

a) wybuch fizyczny, którego wystąpienie spowodowane jest tylko i wyłącznie czynnikami natury fizycznej. Wybuchy fizyczne stwarzają mniejsze zagrożenie pożarowe niż wybuchy chemiczne, gdyż nie powodują uwolnienia znaczących ilości ciepła. Nie można jednak w tym wypadku pominąć zagrożenia, jakie stwarzają np. odłamki rozerwanej aparatury, miotane nierzadko na znaczne odległości.

b) wybuch chemiczny, czyli szybkie, egzotermiczne procesy chemiczne zachodzące w wybuchowych mieszaninach gazowych i układach dyspersyjnych. Z uwagi na złożoność procesów zaangażowanych w wybuch chemiczny rozróżnia się wybuchy:

- mieszanin palnych par i gazów z powietrzem,
- mieszanin pyłów z powietrzem,
- materiałów wybuchowych,
- materiałów reagujących z wodą.

Zdolność układu do procesów wybuchowych jest charakteryzowana przez:

- egzotermiczność reakcji chemicznej, odpowiedzialną za samopodtrzymywanie przebiegu przemiany wybuchowej niezależnie od warunków stwarzanych przez otoczenie,
- dużą szybkość przebiegu reakcji chemicznej (zachodzącej w czasach mikrosekund), która odróżnia zjawisko wybuchu od innych reakcji chemicznych,

- generowanie gazowych lub parowych produktów wybuchu, które spełniają rolę nośnika energii i odpowiadają za szybką przemianę energii uzyskiwanej z wybuchu w pracę mechaniczną czy energię kinetyczną szybko poruszających się gazów lub odłamków.

W przypadku wybuchu chemicznego czynniki te zawsze występują razem, aczkolwiek mogą się przejawiać w różnym stopniu.

c) wybuch jądrowy, w którym wyzwalana energia pochodzi z łańcuchowej reakcji rozszczepienia jąder ciężkich lub syntezy jąder lekkich.

Ze względu na charakter i prędkość przebiegu reakcji chemicznych zachodzących w mieszaninie wybuchowej, wybuchy chemiczne możemy podzielić na:

a) spalanie, proces przebiegający stosunkowo powoli, przemieszczający się w mieszaninie paliwowo – powietrznej z prędkością od ułamka centymetra na sekundę do kilku metrów na sekundę. Prędkość spalania zależy od warunków otoczenia – silnie rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia i temperatury.

b) wybuch (eksplozję), który stanowi szybką odmianę spalania. Eksplozję charakteryzują:

- nagły skok ciśnienia w miejscu reakcji,
- duża i zmienna prędkość rozprzestrzeniania się procesu w mieszaninie paliwowo – powietrznej (rzędu setek metrów na sekundę), większa od prędkości dźwięku w niezaburzonej mieszaninie. Prędkość ta ponadto tylko w niewielkim stopniu zależy od warunków otoczenia,
- detonację, która jest eksplozją rozprzestrzeniającą się ze stałą i maksymalną dla danej mieszaniny wybuchowej prędkością, znacznie większą od prędkości dźwięku w niezaburzonej mieszaninie.

Tak więc to właśnie mechanizm rozprzestrzeniania się reakcji (i jego szybkość) odróżnia procesy eksplozji i detonacji od procesów spalania. Proces spalania przemiesza się i rozwija w mieszaninie za pomocą przewodnictwa cieplnego, dyfuzji i promieniowania, natomiast eksplozja i detonacja rozprzestrzeniają się za pośrednictwem silnej fali uderzeniowej przemieszczającej się w mieszaninie, która lokalnie spręża i podgrzewa świeżą

mieszaninę, prowadząc do zapłonu w bezpośrednim sąsiedztwie czoła fali. Rozróżnienie to znajduje także odbicie w podziale zjawisk wybuchu chemicznego na:

- spalanie deflagacyjne, w którym front reakcji chemicznej i fala ciśnieniowa generowana przez spalanie przemieszczają się w mieszaninie oddzielnie. Prędkość przemieszczania się frontu reakcji chemicznej jest tu mniejsza niż prędkość dźwięku w mieszaninie.
- spalanie detonacyjne, w którym front reakcji chemicznej i fala ciśnieniowa generowana przez spalanie przemieszczają się w mieszaninie razem, z prędkością znacznie większą niż prędkość dźwięku w mieszaninie. Szybkość rozprzestrzeniania się spalania detonacyjnego może osiągać od 1400 m/s do 3000 m/s w zależności od składu mieszaniny palnej i warunków, w jakich spalanie zachodzi.

Podstawowe parametry substancji jako wskaźniki zagrożenia wybuchem

Na przebieg i intensywność wybuchu chemicznego wpływają parametry, które zalicza się do czterech podstawowych grup:

- fizykochemiczne własności substancji wchodzącej w skład mieszaniny wybuchowej (stan skupienia, gęstość, ciepło spalania itp.)
- charakterystyka przestrzeni, w której ma miejsce spalanie (wielkość, ograniczenia, przeszkody),
- własności mieszaniny wybuchowej (ciśnienie, temperatura, stężenie substancji palnej, stopień sturbulizowania, ew. obecność składników inertnych, ew. obecność składników hybrydowych),
- własności źródła zapłonu (energia iskry, temperatura płomienia i czas jego kontaktu z mieszaniną wybuchową).

Zagrożenie wybuchowe stwarzane przez substancje palne charakteryzują następujące czynniki:

- gęstość substancji,
- ilość wydzielanego ciepła,
- parametry temperaturowe,
- granice wybuchowości,

- minimalna energia zapłonu.

Parametry temperaturowe wykorzystywane przy ocenie skłonności wybuchowych różnych substancji i zagrożenia, jakie te substancje powodują, to:

- temperatura samozapłonu dla gazów, par, aerozoli i mgieł cieczy palnych oraz dla pyłu osiadłego w warstwie i chmury pyłu, a także dla mieszanin hybrydowych,
- temperatura zapłonu dla cieczy palnych,
- temperatura zapalenia dla ciał stałych o zwartej strukturze,
- temperatura tlenia dla pyłów,
- temperatura wylewania dla pyłów.

Granice wybuchowości (palności, zapłonu) są charakterystycznymi cechami mieszanin palnych. Poza tymi granicznymi stężeniami składników palnych w mieszaninie z utleniaczem zapłon mieszaniny nie nastąpi nawet, jeśli źródło zapłonu będzie miało nieskończenie wielką energię.

Jeżeli mieszanina zawiera niewielką ilość paliwa, to ilość ciepła wydzielającego się z procesu spalania nie jest w stanie doprowadzić kolejnych porcji mieszanki do temperatury zapłonu, a więc nie jest możliwe rozprzestrzenianie się płomienia. Podobny skutek na niedobór utleniacza w mieszaninie. Tym dwóm przypadkom odpowiada dolna i górna granica wybuchowości:

- dolna granica wybuchowości jest to najniższe stężenie paliwa w mieszaninie palnej, poniżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenianie płomienia w określonych warunkach badania,
- górna granica wybuchowości jest to najwyższe stężenie paliwa w mieszaninie palnej, powyżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenianie płomienia w określonych warunkach badania.

Zagrożenie wybuchem wzrasta wraz ze spadkiem dolnej granicy wybuchowości, podnoszeniem się górnej granicy wybuchowości czyli rozszerzaniem zakresu wybuchowości tj. różnicy pomiędzy poziomem DGW a GGW.

Minimalna energia zapłonu jest to najmniejsza energia kondensatora w obwodzie elektrycznym, którego wyładowanie powoduje zapłon mieszaniny i rozprzestrzenianie się płomienia w określonych warunkach badania. Dla gazów i par minimalną energię zapłonu oznacza się dla składów stechiometrycznych. Wartość minimalnej energii zapłonu jest parametrem, który pozwala na ocenę zagrożenie wybuchem pochodzącego od istniejących w rozpatrywanym obszarze źródeł energii, takich jak iskry elektryczne, elektrostatyczne, iskry pochodzące z pojemnościowych lub indukcyjnych obwodów elektrycznych, a także iskry mechaniczne.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi mieszaniny wybuchowe, ale opisującymi przebieg wybuchu są:

- maksymalne ciśnienie wybuchu (maksymalny przyrost ciśnienia),
- maksymalna szybkość narastania ciśnienia wybuchu,
- prędkość rozprzestrzeniania się płomienia,
- temperatura płomienia.

Prędkość rozprzestrzeniania się płomienia i maksymalna szybkość narastania ciśnienia wybuchu opisują dynamikę rozwoju wybuchu. Maksymalne ciśnienie wybuchu i temperatura płomienia są parametrami charakteryzującymi możliwe oddziaływanie niszczące wybuchu na budynki, konstrukcje i urządzenia oraz ludzi.

Ocena zagrożenia wybuchem

Wszystkie typy wybuchów, zarówno fizyczne jak i chemiczne, związane są z wydzielaniem energii do otoczenia z jednoczesnym powstawaniem fal ciśnienia. Dochodzi do nich zwykle podczas awaryjnych stanów pracy instalacji i urządzeń technologicznych. Powstający podczas wybuchu przyrost ciśnienia powoduje określone, negatywne skutki dla ludzi, konstrukcji, instalacji i urządzeń technicznych, narażonych na jego oddziaływanie. W związku z tym, w celu zmniejszenia zagrożenia wybuchowego gazów, par lub pyłów palnych stosuje się dwie podstawowe metody zmniejszające zagrożenie. Są to:

- A) zapobieganie możliwości powstania wybuchu,
- B) zmniejszanie skutków wybuchu w przypadku jego powstania.

Przed zastosowaniem rozwiązań, które zapewnia wymagany poziom bezpieczeństwa wybuchowego w pierwszej kolejności należy dokonać oceny zagrożenia wybuchem.

Zgodnie z obowiązującymi regulacjami prawnymi, ocena zagrożenia wybuchem dotyczy obiektów i terenów do nich przyległych, gdzie prowadzone są procesy technologiczne z użyciem materiałów mogących wytworzyć mieszaniny wybuchowe lub w których materiały takie są magazynowane i obejmuje:

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

Zagrożenie wybuchem definiuje się jako możliwość tworzenia przez palne gazy, pary palnych cieczy, pyły lub włókna palnych ciał stałych, w różnych warunkach, mieszanin z powietrzem, które pod wpływem czynnika inicjującego zapłon wybuchają, czyli ulegają gwałtownemu spalaniu połączonemu ze wzrostem ciśnienia.

Pierwszym elementem oceny zagrożenia wybuchem jest wskazanie pomieszczeń zagrożonych wybuchem. Kryterium decydującym o kwalifikacji danego pomieszczenia do zagrożonego wybuchem jest wielkość przyrostu ciśnienia w tym pomieszczeniu, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch. Jeżeli w pomieszczeniu 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 wartość 5 kPa, to kwalifikuje się je jako pomieszczenie zagrożone wybuchem.

Drugim elementem oceny zagrożenia wybuchem jest wyznaczenie w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych odpowiednich stref zagrożenia wybuchem.

Strefę zagrożenia wybuchem definiuje się jako przestrzeń, w której może występować mieszanina substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości. W przypadku pomieszczeń podstawowym kryterium decydującym o wyznaczeniu strefy zagrożenia wybuchem jest objętość mieszaniny wybuchowej, jaka może utworzyć się w zwartej przestrzeni, w różnych warunkach ich użytkowania. Minimalna objętość mieszaniny wybuchowej w pomieszczeniu, w którym trzeba już wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem to $0,01 \text{ m}^3$. Ilość ta uważana jest już za niebezpieczną ze względu na zagrożenie życia ludzi, którzy mogliby znajdować się tam w chwili wybuchu.

Biorąc pod uwagę wymienione elementy, ocena zagrożenia wybuchem wymaga określenia dwóch podstawowych zbiorów informacji. Pierwszy obejmuje informacje dotyczące ilości i właściwości substancji, które są stosowane, przetwarzane, magazynowane czy transportowane w rozpatrywanym terenie, budynku, jego części lub pomieszczeniu. Drugi wiąże się ze specyfiką samego procesu oraz właściwościami urządzeń przemysłowych, takich jak aparaty, maszyny, przyrządy, zbiorniki magazynowe, pojemniki, opakowania itp. w których te substancje się znajdują oraz z możliwością ich uwolnienia do otoczenia i utworzenia mieszanin wybuchowych. Jeżeli parametry dotyczące przebiegu procesu, takie jak ciśnienie, temperatura, prędkość przepływu substancji, skład chemiczny mediów, poziom napełnienia, stan skupienia itp. zostaną określone, wtedy konieczne jest wzięcie pod uwagę zależności pomiędzy nimi i ich wzajemnego wpływu na siebie i na ilości uwalnianych substancji do otoczenia. Należy również zwrócić uwagę na środowisko, w którym dana instalacja znajduje się, uwzględniając zarówno jej nieprawidłową pracę, jak i zastosowane instalacje i urządzenia techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pożarowe i wybuchowe.

Prawidłowo dokonana ocena zagrożenia wybuchem wpływa na zastosowanie i dobór rozwiązań budowlanych, zabezpieczeń technicznych, opracowanie procedur postępowania mających na celu zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia wybuchu, a w przypadku wystąpienia wybuchu zminimalizowane jego skutków. Odpowiedzialność za dokonanie oceny zagrożenia wybuchem nałożona jest na inwestora, jednostkę projektowania lub użytkownika, decydującego o procesie technologicznym.

Strefy zagrożenia wybuchem.

Rozporządzenie w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów wprowadziło nowe – w porównaniu z poprzednio obowiązującymi w tym zakresie przepisami – ujęcie zagadnień związanych z zagrożeniem wybuchowym. Zagrożenie wybuchem zostało zdefiniowane jako możliwość tworzenia przez palne gazy, pary palnych cieczy, pyły lub włókna palnych ciał stałych, w różnych warunkach, mieszanin z powietrzem, które pod wpływem czynnika inicjującego zapłon wybuchają, czyli ulegają gwałtownemu spalaniu połączonemu ze wzrostem ciśnienia. Natomiast strefa zagrożenia wybuchem jako przestrzeń, w której może występować mieszanina wybuchowa substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości.

Nieco inaczej odnoszą się do kwestii zdefiniowania strefy zagrożenia wybuchem przepisy Unii Europejskiej. W rezolucji IEC (International Electrotechnical Commission), która stała się normą unijną (przyjętą również w Polsce), strefa zagrożenia wybuchem (przeźrzeń zagrożona) jest to obszar, w którym występuje mieszanina wybuchowa lub jej występowanie jest oczekiwane w ilościach, które wymagają zastosowania specjalnych środków zapobiegawczych dotyczących konstrukcji, instalowania i stosowania urządzeń elektrycznych. Natomiast strefa nie zagrożona wybuchem (przeźrzeń nie zagrożona) jest to obszar, w którym nie jest spodziewane występowanie mieszaniny wybuchowej w ilościach, które wymagają zastosowania specjalnych środków ostrożności przy zabudowie i eksploatacji urządzeń elektrycznych.

W myśl obowiązujących obecnie przepisów ustanowiono następującą kwalifikację stref zagrożenia wybuchem:

- strefa 0 – miejsce, w którym atmosfera wybuchowa, zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary lub mgły, z powietrzem występuje stale lub przez długie okresy lub często,
- 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 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 krótko,
- strefa 20 – miejsce, w którym atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu występuje stale lub przez długie okresy lub często,
- strefa 21 - miejsce, w którym atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania,
- strefa 22 - miejsce, w którym atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu nie występuje w trakcie normalnego działania, a przypadku wystąpienia trwa krótko.

Wielkość strefy zagrożenia wybuchem, przy zagrożeniach spowodowanych przez gazy palne i pary cieczy pożarowo niebezpiecznych, zależy od:

Geometrii źródła wydzielania,

Wielkości źródła wydzielania,

Stężenia substancji palnej w wydzielanej mieszaninie,

Lotności cieczy palnej (zależy ona od prężności pary nasyconej i ciepła parowania),

Temperatury roboczej,

Dolnej granicy wybuchowości,

Wentylacji (wraz ze wzrostem wydajności wentylacji wielkość stref zagrożenia wybuchem jest redukowana),

Gęstości względnej gazu lub pary cieczy palnej w stosunku do powietrza,

Warunków klimatycznych i topografii terenu.

Źródła wydzielania (emisji) substancji mogących stwarzać zagrożenie wybuchowe (punkt lub miejsce, z którego może wydobywać się do atmosfery gaz lub para cieczy palnych tak, że może wytworzyć się gazowa atmosfera wybuchowa) podzielono na trzy rodzaje (źródło wydzielania może stanowić również kombinację przedstawionych niżej rodzajów źródeł emisji):

Źródło emisji ciągłej – to miejsce, z którego wydzielanie substancji mogących stwarzać zagrożenie wybuchowe do otaczającej atmosfery występuje ciągle lub jest oczekiwane przez długi czas,

Źródło emisji pierwotnej – miejsce, z którego wydzielanie substancji mogących stwarzać zagrożenie wybuchowe do otaczającej atmosfery jest oczekiwane w normalnych warunkach pracy okresowo lub okazjonalnie,

Źródło emisji wtórnej – to miejsce, z którego wydzielanie substancji mogących stwarzać zagrożenie wybuchowe do otaczającej atmosfery nie jest oczekiwane w normalnych warunkach pracy, natomiast jeśli wydzielanie to nastąpi, to tylko krótkotrwale.

Najważniejszym środkiem zabezpieczającym, mającym na celu ograniczenie możliwości tworzenia się mieszanin wybuchowych jest wentylacja. Obecnie definiuje się trzy stopnie wentylacji:

Wentylacja duża - momentalnie obniża wartość stężenia substancji niebezpiecznej wokół źródła wydzielania poniżej dolnej granicy wybuchowości, w wyniku czego wymiary strefy zagrożenia wybuchem są bardzo małe lub nawet pomijalne,

Wentylacja średnia – wentylacja, która w stałych warunkach wydzielania substancji niebezpiecznej może obniżyć wartość jej stężenia poniżej dolnej granicy wybuchowości poza strefą zagrożenia wybuchem i kiedy występowanie atmosfery wybuchowej nie trwa zbyt długo po skończeniu emisji przez źródło wydzielania,

Wentylacja mała – wentylacja, która nie jest w stanie kontrolować wartości stężenia w czasie działania źródła wydzielania i/lub nie jest w stanie zbytnio przeciwdziałać istnieniu atmosfery wybuchowej po skończeniu emisji przez źródło wydzielania.

Podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne substancji.

Identyfikator produktu: olej fuzlowy.

Wygląd: ciecz, barwa jasno-żółta do brązowej,

Temperatura zapłonu: śr. 296 K,

GDW/GGW: 1,5 – 9,8 % obj.

Prężność par: śr. 17 (293 K),

Gęstość par względem powietrza: śr. 2,65,

Temperatura samozapłonu: śr. 663 K,

Charakter chemiczny: uboczny produkt fermentacji alkoholowej, głównie alkoholi n-propylowego i izobutyloвого, estrów, kwasów tłuszczowych, furfolu i terpenów, których temperatura wrzenia jest wyższa niż etanolu. Powstaje w trakcie destylacji alkoholu etylowego otrzymywanego metodą fermentacji alkoholowej.

Dane techniczne układu dozującego.

1. Zbiornik bezciśnieniowy cylindryczny pionowy.
2. Zbiornik stalowy kwasoodporny.
3. Temperatura pracy – do 313 K.
4. Zbiornik zabudowany w kontenerze.
5. Otwór rewizyjny w zbiorniku o wymiarach 400 x 400.
6. Kołnierz przyłączeniowy mieszadła zgodny z DTR mieszadła.

Tabela króćców do jednego mieszadła:

Lp.	DN (mm)	Ilość	Przeznaczenie	Uwagi
1	15	1	Króciec tłoczny pompy dozującej	Długość 80 mm
2	32	1	Doprowadzenie wody wodociągowej.	Długość 80 mm
3	50	1	Króciec spustowy	Długość 80 mm
4	50	1	Króciec przelewowy	Długość 80 mm
5	1"	2	Króciec AKPA	Dobór wg. Producenta
6	50	1	Króciec połączeniowy do drugiego układu	Długość 80 mm
7	20	1	Króciec poziomowskazu	Dobór wg. Producenta
8	100	1	Króciec odpowietrzania	Długość 100 mm

Główne czynniki wpływające na rodzaj i wymiar strefy.

Instalacja i proces

Wentylacja

Rodzaj: naturalna,

Stopień: średni,

Dyspozycyjność: dobra,

Źródło emisji:

Króciec tłoczny – pierwotny,

Króciec odpowietrzania – pierwotny,

Otwór rewizyjny – wtórny,

Króciec spustowy - wtórny,

Króciec przelewowy - wtórny,

Króciec połączeniowy - wtórny,

Króciec AKPA - wtórny,

Należy wyznaczyć:

Strefę zagrożenia wybuchem „1” wewnątrz kontenera,

Strefę zagrożenia wybuchem „2” w odległości 5 m od ścian kontenera.

Literatura:

1. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719 z dnia 22.06.2010r.)
2. Polska Norma PN-EN 60079-10 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10: klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem.
3. Ratajczak D. (red.) Zasady wyznaczania stref zagrożenia wybuchem. SITP. Poznań.1997.
4. M. Woliński. G. Ogrodnik. J. Tomczuk. Ocena zagrożenia wybuchem. SGSP Warszawa 2007.