

Minimalne wymagania dotyczące bezpieczeństwa przy pracach zagrożonych atmosferą wybuchową

dr inż. WOJCIECH DOMAŃSKI
doc. dr hab. ZBIGNIEW MAKLES
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Palne substancje chemiczne tworzą z powietrzem mieszaniny wybuchowe. Do zainicjowania wybuchu są niezbędne trzy elementy (składowe): paliwo, źródło zapłonu i utleniacz. Utleniaczem w powietrzu jest tlen. W artykule przedstawiono zasady identyfikacji zagrożenia wybuchem, klasyfikację stref wybuchowych, klasyfikację źródeł zapłonu, kryteria klasyfikacji urządzeń pracujących w środowisku atmosfery wybuchowej oraz zasady postępowania przy ocenie ryzyka na stanowiskach, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa.

Minimal requirements concerning safety for workers potentially at risk from explosive atmosphere

Flammable chemical substances mixed with air produce explosive mixtures. Three elements are essential to initiate an explosion: fuel, ignition sources and an oxidant. This paper discusses the principles of identifying an explosion hazard, classification of explosion zones, classification of ignition sources, criteria for classifying equipment in explosive atmosphere environments, and procedures when estimating risk at workstations with potentially explosive atmospheres.



Rys. 1. Czynniki prowadzące do eksplozji
Fig. 1. Factors leading to an explosion

Wstęp

Palne substancje i preparaty chemiczne mogą występować w środowisku pracy w postaci gazów, par, mgieł, pyłów, włókien, które w sprzyjających warunkach wytwarzają z powietrzem mieszaniny palne i wybuchowe. Według danych statystycznych, w zakładach przemysłowych na całym świecie każdego dnia dochodzi do wybuchów. Eksplozja atmosfery wybuchowej prowadzi do poważnych strat materialnych, a nawet do ofiar wśród ludzi.

Wybuch rozprószonej substancji chemicznej w powietrzu jest gwałtowną reakcją jej spalania w całej objętości atmosfery wybuchowej. Warunkiem takiej reakcji jest obecność w powietrzu substancji palnej o stężeniu co najmniej równym dolnej granicy wybuchowości* oraz źródła zapłonu

* Dolna granica wybuchowości – wartość stężenia składnika palnego w mieszaninie z powietrzem lub tlenem, powyżej której pod wpływem bodźca energetycznego może nastąpić wybuch.

dostarczającego energię inicjującą wybuch. Tak więc, zagrożenie wybuchem występuje wszędzie tam, gdzie następuje jednoczesny kontakt trzech elementów, tj. utleniacza, substancji palnej oraz źródła energii (rys. 1.).

Dokument zabezpieczenia przed wybuchem

Minimalne wymagania dotyczące ograniczenia ryzyka zawodowego spowodowanego możliwością występowania atmosfery wybuchowej określone są w rozporządzeniu ministra pracy i polityki społecznej w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa [1].

Bardzo ważnym działaniem mającym na celu podniesienie bezpieczeństwa pracowników na stanowiskach pracy, gdzie może wystąpić atmosfera wybuchowa

jest przygotowanie „dokumentu zabezpieczenia przed wybuchem”. Dokument ten powinien zawierać:

- informacje o identyfikacji atmosfer wybuchowych i ocenę ryzyka wystąpienia wybuchu
- informacje o podjętych odpowiednich środkach zapobiegających wystąpieniu zagrożeń wybuchem, sporządzone w formie zestawienia

- wykaz miejsc pracy zagrożonych wybuchem wraz z ich klasyfikacją
- deklarację, że stanowiska pracy i narzędzia pracy, a także urządzenia zabezpieczające i alarmujące, są zaprojektowane, używane i konserwowane z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa.

Dokument zabezpieczenia przed wybuchem powinien być sporządzony przed dopuszczeniem stanowiska pracy do eksploatacji. Zawarte w tym dokumencie informacje powinny być w sposób przejrzysty i zrozumiały przekazane pracownikom zatrudnionym na stanowiskach pracy zagrożonych wybuchem.

Dokument zabezpieczenia przed wybuchem powinien być weryfikowany, jeżeli na stanowisku pracy wprowadzono istotne zmiany w wyposażeniu w sprzęt lub narzędzia, w organizacji pracy oraz w technologii. Przy sporządzaniu dokumentu mogą być wykorzystane inne dokumenty dotyczące oceny ryzyka, zarządzania środowiskowego, zarządzania jakością i zarządzania bhp.

Identyfikacja atmosfer wybuchowych

Pierwszym krokiem przy sporządzaniu dokumentu zabezpieczenia przed wybuchem jest rozpoznanie zagrożeń, tj. źródeł emisji substancji palnych oraz miejsc zagrożonych obecnością atmosfery wybuchowej. W tym celu należy przeprowadzić przegląd surowców, półproduktów i wyrobów stosowanych oraz produkowanych w przedsiębiorstwie. Należy również zebrać informacje o stosowanych procesach technologicznych i urządzeniach.

Zbrane informacje należy poddać ocenie i przeprowadzić ich analizę, zwracając uwagę na:

- właściwości pożarowo-wybuchowe surowców, półproduktów i finalnych wyrobów
- obszary technologii szczególnie niebezpieczne, groźące – jeżeli istnieją pewne odstępstwa od zaprojektowanych parametrów – pożarem lub wybuchem; należy ocenić margines bezpieczeństwa, np. jak duży może być przyrost temperatury nie powodujący awarii
- krytyczne parametry procesu technologicznego
- słabe punkty aparatury, tj. miejsca, gdzie mogą wystąpić nieszczelności, elementy szczególnie podatne na uszkodzenie zarówno w wyniku procesu technologicznego, jak i czynników zewnętrznych
- sposób transportu i przeładunku surowców.

Zidentyfikowane miejsca występowania atmosfery wybuchowej należy zakwalifikować do odpowiedniej strefy zagrożenia wybuchem. Klasyfikację należy przeprowadzić z uwzględnieniem podziału na strefy zagrożone wybuchem, zgodnie z normą PN-EN 1127-1:2001 [2]. Według tej normy przewidziane są trzy strefy dla gazów i par oraz trzy strefy dla pyłów. Definicje stref zagrożonych wybuchem przedstawiono w tabeli 1.

Warunki odpowiadające strefom 0 lub 20. zasadniczo mogą wystąpić wewnątrz zbiorników, reaktorów, pojemników, rurociągów itp. Strefy 0 lub 20. występują zazwyczaj w czasie ciągłej emisji substancji palnej lub wówczas, kiedy wydajność wentylacji jest bardzo mała, a emisja w normalnych warunkach pracy występuje okresowo lub okazjonalnie, ale w odpowiednio dużej ilości substancji wybuchowej. Strefa 1. (21.) może występować w bezpośrednim otoczeniu strefy 0 (20.). Są to zazwyczaj przestrzenie w pobliżu miejsc zasilania surowcem urządzeń, napełniania lub opróżniania opakowań. Strefa 1. może występować również w bezpośrednim otoczeniu uszczelnień, połączeń (pompy, kołnierze, zawory, dławice). Strefa 21. może pojawić się w przestrzeniach otaczających warstwy zalegającego pyłu, które w czasie normalnych typowych procesów technologicznych mogą tworzyć palną mieszaninę pyłowo-powietrzną.

Strefa 2. (22.) może obejmować przestrzenie otaczające strefę 0 (20.) lub strefę 1.

(21.). Są to zazwyczaj miejsca w aparaturze, urządzeniach, podzespołach itp. zagrożonych uszkodzeniem (wykonanych ze szkła, porcelany, tworzyw sztucznych itp.). Strefa 22. może być w miejscach gromadzenia się pyłu, który w sprzyjających warunkach, np. podmuchu powietrza, może tworzyć z powietrzem mieszaninę wybuchową.

Zgodnie z wymaganiami ustawodawcy dokument – poza wyznaczeniem stref – powinien zawierać informacje o rodzaju substancji palnej tworzącej z powietrzem mieszaninę wybuchową. Obok wyznaczenia stref wymagane jest wyznaczenia prawdopodobieństwa ich występowania. Jest to zadanie dość trudne, wymaga wiedzy eksperckiej, a pewnymi wskazówkami mogą być definicje stref. Niektórzy eksperci przyjmują, że strefa 0 (20.) utrzymuje się dłużej niż 1000 godzin w roku (powyżej 11% nieprzerwanego czasu pracy). Strefa 1. (21.) utrzymuje się dłużej niż 10 godzin, ale krócej niż 1000 godzin w roku, a strefa 2. (22.) pojawia się i utrzymuje do 10 godzin w roku.

Strefa 0 lub 20. w warunkach produkcji ciągłej i magazynowania może utrzymywać się zdecydowanie dłużej, na co wskazuje definicja strefy. Przy szacowaniu prawdopodobieństwa obecności strefy 1. lub 21. należy wziąć pod uwagę stan techniczny urządzeń, sposób prowadzenia procesu, częstotliwość załączeń urządzeń, połączeń kołnierzowych itp. Im większa jest ilość potencjalnych źródeł emisji, tym większa możliwość obecności strefy 1. lub 21. Strefa 2. (22.) pojawia się w warunkach odbiegających od normalnych warunków pracy urządzenia. W ocenie prawdopodobieństwa zaistnienia takiej strefy mogą być odnotowane awarie urządzenia związane z uwolnieniem substancji palnej lub wybuchowej. Przy określaniu prawdopodobieństwa należy wziąć pod uwagę stan techniczny urządzenia, obecność takich elementów, jak manometry rurkowe, punkty poboru próbek czy połączenia elastyczne.

Źródła zapłonu

Kolejnym krokiem jest identyfikacja źródeł zapłonu. Mieszanina substancji palnej z powietrzem może wybuchnąć w wyniku działania czynników zewnętrznych, które są w stanie dostarczyć odpowiednią ilość energii do zapoczątkowania reakcji prowadzącej do wybuchu. Ze względu na sposób doprowadzania i wyzwalaania energii, źródła

KLASYFIKACJA STREF ZAGROŻONYCH WYBUCHEM WEDŁUG PN-EN-1127-1:2001 [2]

Classification of hazardous explosion zones according to PN-EN-1127-1:2001 [2]

Substancja w mieszaninie z powietrzem	Strefa zagrożenia	Atmosfera wybuchowa
Gazy, ciecze i ich pary	strefa 0	miejsce, w którym atmosfera wybuchowa występuje ciągle, utrzymuje się przez długi czas lub często
	strefa 1.	miejsce, w którym atmosfera wybuchowa występuje okresowo podczas normalnego działania
	strefa 2.	miejsce, w którym atmosfera wybuchowa nie występuje podczas normalnej pracy, jeżeli jednak wystąpi, to utrzymuje się przez krótki czas
Palne pyły	strefa 20.	miejsce, w którym atmosfera wybuchowa występuje ciągle, utrzymuje się przez długi czas lub często
	strefa 21.	miejsce, w którym atmosfera wybuchowa może wystąpić okresowo podczas normalnej pracy
	strefa 22.	miejsce, w którym atmosfera wybuchowa nie występuje podczas normalnej pracy, jeżeli jednak wystąpi, to utrzymuje się przez krótki czas

Tabela 1

zapłonu można zakwalifikować do jednego z następujących rodzajów źródeł:

- gorące powierzchnie
- płomienie (palące się cząstki i gazy)
- iskry pochodzenia mechanicznego
- urządzenia elektryczne
- prądy błędzące i katodowa ochrona przed korozją
- elektryczność statyczna (wyładowania snopiaste, stożkowe, z obłoku pyłu)
- uderzenia pioruna
- fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (10^4 – 3×10^{12} Hz)
- fale elektromagnetyczne o częstotliwości (3×10^{11} – 3×10^{15} Hz)
- promieniowanie jonizujące
- ultradźwięki
- sprężenia adiabatyczne i fale uderzeniowe
- reakcje egzotermiczne, włącznie z samozapaleniem się pyłów [2].

W celu identyfikacji źródeł zapłonu należy dokonać przeglądu stanowisk pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa. Przeglądem należy również objąć sąsiednie stanowiska pracy w celu identyfikacji źródeł energii, które w razie niekontrolowanej emisji czynników palnych i wybuchowych mogłyby być źródłem energii zdolnej do doprowadzenia do zapalenia i eksplozji atmosfery wybuchowej. Należy dokonać przeglądu instalacji chroniącej przed wyładowaniami atmosferycznymi, analizy możliwości występowania prądów błędzących na obszarze wyznaczonych stref, jak również zbadać, czy w pobliżu zakładu nie występują źródła fal o częstotliwości radiowej.

Prawdopodobieństwo wyzwolenia dostatecznej energii zapłonu zależy od stanu technicznego urządzeń mogących być źródłem takiego zapłonu, czasu pracy i częstotliwości ich włączania i wyłączania. Urządzenia pracujące w strefach zagrożonych wybuchem muszą spełniać kryteria wyznaczone w normie PN-EN 1127-1: 2001 [2]. Urządzenia przeznaczone do pracy w atmosferach wybuchowych są zakwalifikowane do jednej z trzech kategorii:

– **kategoria 1.** obejmuje urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta i zapewniać bardzo wysoki poziom zabezpieczenia; urządzenia tej kategorii są przeznaczone do użycia w miejscach, gdzie atmosfery wybuchowe są obecne stale, przez długie okresy lub występują często; urządzenia

tej kategorii muszą zapewniać wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku sporadycznie występującej awarii urządzenia i charakteryzują się takimi środkami zabezpieczenia, że w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny środek zapewni wymagany poziom zabezpieczenia lub wymagany poziom bezpieczeństwa będzie zapewniony w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń

– **kategoria 2.** obejmuje urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta i zapewniać wysoki poziom zabezpieczenia; urządzenia tej kategorii są przeznaczone do użycia w miejscach, gdzie jest prawdopodobne pojawienie się atmosfer wybuchowych; środki zabezpieczenia dotyczące urządzeń tej kategorii zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku częstych zakłóceń lub uszkodzeń urządzeń, które zawsze należy brać pod uwagę

– **kategoria 3.** obejmuje urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi ustalonymi przez producenta i zapewniać normalny poziom zabezpieczenia; urządzenia tej kategorii są przeznaczone do użycia w miejscach, gdzie nie przewiduje się pojawienia atmosfer wybuchowych, a o ile one rzeczywiście wystąpią, to sytuacje zachodzą z bardzo małym prawdopodobieństwem lub w ciągu krótkiego czasu. Urządzenia tej kategorii zapewniają wymagany poziom zabezpieczenia podczas normalnego działania.

Zależność między kategoriami i strefami niebezpiecznymi przedstawiono w tabeli 2.

Trzecim składnikiem atmosfery wybuchowej jest utleniacz. Stałym utleniaczem obecnym w powietrzu jest tlen. W warunkach naturalnych czynnik ten jest rozważany podczas analizy tworzenia się atmosfer wybuchowych. W procesach technologicznych, w których stosowane są utleniacze, należy rozważyć czy ich obecność wpływa na stan atmosfery wybuchowej. Na przykład czysty tlen z niebezpiecznej instalacji może spowodować lokalny wzrost tego pierwiastka w powietrzu, co prowadzi do obniżenia wartości dolnej granicy wybuchowości.

Ocena ryzyka

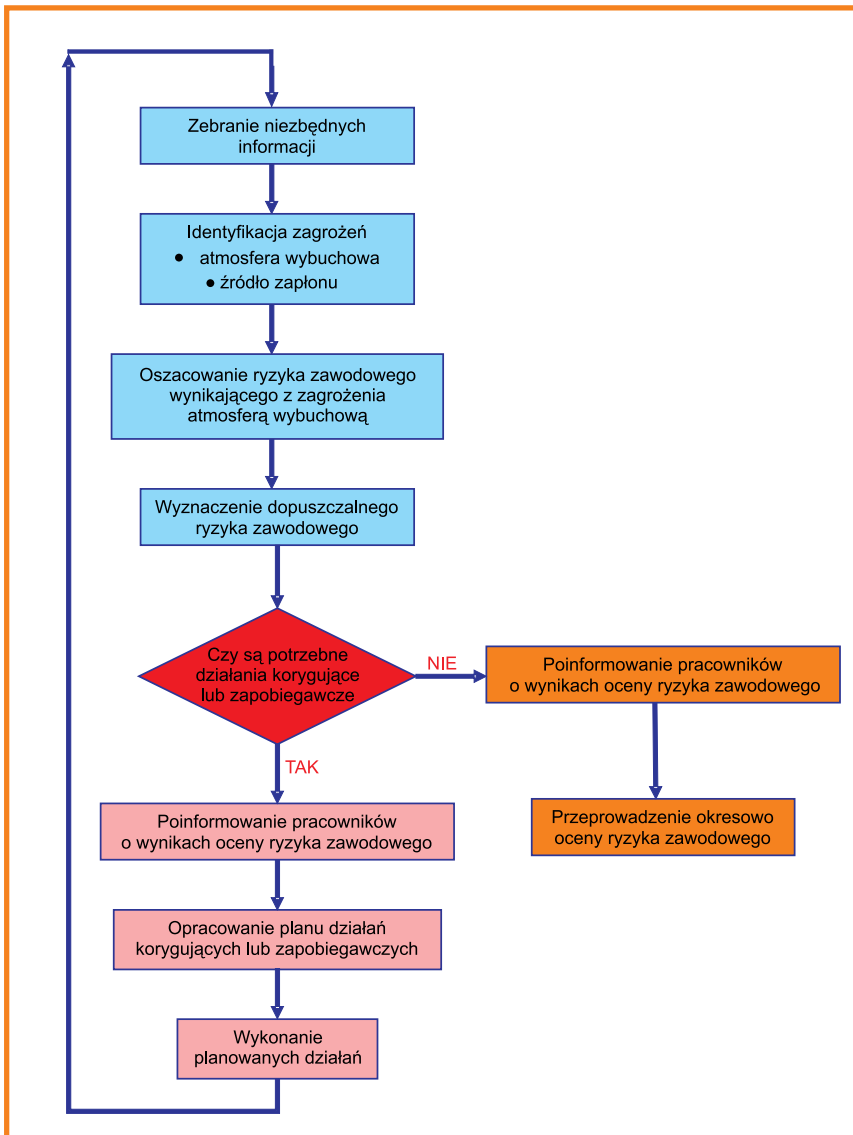
W polskich przepisach dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pojęcie ryzyka zostało wprowadzone do Kodeksu pracy w 1991 r. (art. 226 Kp.) [3]. Przez ryzyko zawodowe rozumie się prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą, powodujących straty, w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych występujących w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy [4].

W środowisku pracy, gdzie mogą być obecne palne i wybuchowe substancje chemiczne istnieje zagrożenie występowania atmosfer wybuchowych. Ich potencjalna obecność jest zagrożeniem dla zdrowia i życia pracowników. Stąd rodzi się konieczność oceny ryzyka zawodowego spowodowanego

Tabela 2

ZALEŻNOŚĆ POMIĘDZY KATEGORIAMI ZABEZPIECZEŃ I STREFAMI ZAGROŻENIA WYBUchem
Relationship between categories of protection and hazardous explosion zones

Kategoria zabezpieczenia	Stosowane w atmosferze wybuchowej	Zastosowanie w strefie zagrożenia	Zastosowania również w strefie zagrożenia
1.	mieszanina gaz/powietrze lub mieszanina para/powietrze lub mieszanina mgła/powietrze	0	1. i 2.
1.	mieszanina pył/powietrze	20.	21. i 22.
2.	mieszanina gaz/powietrze lub mieszanina para/powietrze lub mieszanina mgła/powietrze	1.	2.
2.	mieszanina pył/powietrze	21.	22.
3.	mieszanina gaz/powietrze lub mieszanina para/powietrze lub mieszanina mgła/powietrze	2.	–
3.	mieszanina pył/powietrze	22.	–



Rys. 2. Etapy oceny ryzyka zawodowego
Fig. 2. Stages of estimating occupational risk

możliwością występowania atmosfery wybuchowej. Proces oceny ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy, gdzie może wystąpić atmosfera wybuchowa jest procesem wieloetapowym. Działania mające na celu doprowadzić do oceny ryzyka zawodowego muszą być przeprowadzone z należytą starannością, z zachowaniem ogólnych zasad postępowania (rys. 2.) i obejmują one określone działania [5].

Postępowanie związane z oceną ryzyka rozpoczyna zebranie niezbędnych informacji o stanowisku pracy. W tym celu należy dokonać przeglądu stanowisk pracy, zebrać informacje o technologii, wentylacji, jej wydajności i dostępności oraz zbadać drogi ewakuacyjne, ich oznakowanie i funkcjonalność. Należy zapoznać się z organizacją pracy, liczbą pra-

cowników narażonych, z uwzględnieniem liczby pracowników na poszczególnych zmianach i czasu ich przebywania w strefach zagrożenia. Przeglądem należy objąć stanowiska pracy sąsiadujące ze stanowiskiem zagrożonym atmosferą wybuchową, a w razie potrzeby przeglądem należy objąć również sąsiednie pomieszczenia. W czasie przeglądu należy zwrócić uwagę na ewentualne źródła zapłonu oraz zebrać informacje o środkach ochrony indywidualnej stosowanych przez personel narażony na niebezpieczeństwo wybuchu atmosfery wybuchowej.

Kolejnym krokiem jest rozpoznanie i poprawna klasyfikacja właściwości palnych i wybuchowych substancji chemicznych występujących w środowisku pracy. W tym celu należy poznać ich właściwości chemiczne,

fizyczne i palne. Podczas tych działań należy określić temperatury – wrzenia, topienia, sublimacji, samozapłonu i zapłonu. Są w tym pomocne wszelkiego rodzaju klasyfikacje, lotność grup palności itp.

Określenie prawdopodobieństwa występowania atmosfery wybuchowej to następny krok. W tym celu należy określić rodzaj czynnika palnego i sposób rozproszenia w powietrzu, a więc czy są to gazy, pary, mgły, pyły. Następnie ustalić ich stężenia i porównać z dolną granicą wybuchowości (DGW) oraz z górną granicą wybuchowości (GGW)**. Należy również określić objętość atmosfery wybuchowej oraz sprawdzić i ocenić możliwość generowania atmosfery wybuchowej w wyniku reakcji chemicznych i procesów biologicznych. Przy szacowaniu prawdopodobieństwa należy również określić jego wartość podczas uruchamiania, zatrzymywania, konserwacji i awarii instalacji i urządzeń.

Trzeba także przeprowadzić identyfikację źródeł zapłonu oraz ich efektywność, tj. czy emitowana energia jest w stanie zainicjować eksplozję atmosfery wybuchowej. Również w stosunku do źródeł zapłonu należy rozpatrzyć warunki normalnej pracy, jak również to, czy zachodzi możliwość pojawienia się źródeł zapłonu w warunkach uruchamiania, zatrzymywania, konserwacji i awarii instalacji i urządzeń. Zaleca się, aby źródła zapłonu klasyfikować stosownie do prawdopodobieństwa ich pojawienia się (I – źródło zapłonu, które może występować stale lub często, II – źródło zapłonu, które może występować rzadko, III – źródło zapłonu, które może występować wyjątkowo). W sytuacji, kiedy nie jest możliwe oszacowanie prawdopodobieństwa, należy przyjąć, że źródło jest obecne stale.

Na podstawie zebranych informacji należy przeprowadzić analizę możliwego zagrożenia życia i zdrowia pracowników oraz skutków materialnych i ekologicznych. Wskazać możliwe skutki działania płomieni, promieniowania cieplnego, ciśnienia, rozrzu tu odłamków, niebezpiecznego uwolnienia substancji chemicznych itp.

Przy ocenie ryzyka należy określić:

- skalę częstości zaistnienia wybuchu
- skalę skutków wybuchu
- poziomy ryzyka.

Mając takie skale i poziomy, można opracować matrycę zdarzeń i prawdopodobieństwa ich zaistnienia. Przykład takiej matrycy przedstawia tabela 3. [6].

** Górna granica wybuchowości – wartość stężenia składnika palnego w mieszaninie z powietrzem lub tlenem, poniżej której pod wpływem bodźca energetycznego może nastąpić wybuch.

Tabela 3

MATRYCA RYZYKA
Matrix of risk

Częstotliwość \ Skutki	Małe straty materialne	Średnie urazy i straty materialne	Duże poważne urazy i straty materialne	Katastrofalne ofiary śmiertelne, poważne straty materialne
Raz na 1000 lat	akceptowalne	akceptowalne	akceptowalne	dopuszczalne
Raz na 100 lat	akceptowalne	akceptowalne	dopuszczalne	tolerowane
Raz na 30 lat	akceptowalne	dopuszczalne	tolerowane	nieakceptowalne
Raz na 5 lat	dopuszczalne	tolerowane	nieakceptowalne	nieakceptowalne
Raz na rok	tolerowane	nieakceptowalne	nieakceptowalne	nieakceptowalne
Częściej niż raz na rok	nieakceptowalne	nieakceptowalne	nieakceptowalne	nieakceptowalne

O wynikach oceny ryzyka zawodowego należy poinformować pracowników, którzy pracują na stanowiskach pracy, gdzie może wystąpić atmosfera wybuchowa. Ważnym elementem oceny ryzyka na takich stanowiskach jest odpowiedź na pytanie, czy na ocenianych stanowiskach pracy należy podjąć działania korygujące lub zapobiegawcze. Działania takie bezwzględnie należy podjąć wówczas, kiedy oceniane ryzyko jest nieakceptowalne. Na stanowiskach pracy, gdzie ryzyko jest nieakceptowalne należy wstrzymać wszelką działalność do czasu osiągnięcia niższego poziomu ryzyka. W takiej sytuacji podejmuje się działania zmierzające do natychmiastowej doraźnej poprawy warunków pracy. Kolejnym działaniem jest podjęcie planowych działań zmierzających do poprawy stanu bezpieczeństwa na zagrożonym stanowisku pracy. Działaniami korygującymi i zapobiegawczymi powinno się objąć również stanowiska pracy o ryzyku ocenionym jako dopuszczalne i tolerowane. W tym celu należy zrealizować plan działań poprawy warunków pracy. Przy sporządzaniu planu należy kierować się zasadami:

- unikać atmosfer wybuchowych, to jest dążyć do takiej zmiany stężenia substancji palnej tak, aby wyjść poza granice wybuchowości lub obniżyć stężenie tlenu poniżej granicznego stężenia
- unikać źródeł zapłonu, a jeśli jest to niemożliwe,
- ograniczyć skutki wybuchu do dopuszczalnego, akceptowalnego poziomu.

Atmosferę wybuchową można wyeliminować przez:

- zastępowanie i unikanie substancji mogących tworzyć z powietrzem mieszaniny wybuchowe
- zastąpienie jednokrotnego dozowania substancji palnych i wybuchowych wielokrotnym dozowaniem
- utrzymywanie możliwie niskich temperatur procesu
- inertyzację, tj. wprowadzenie do mieszaniny powietrza z substancją palną gazów obojętnych, pary wodnej, obojętnych substancji w postaci proszków
- hermetyzację procesów
- zmniejszenie lub eliminację emisji
- stosowanie skutecznej i wydajnej wentylacji.

Na stanowiskach zagrożonych występowaniem mieszanin powietrzno-pyłowych należy unikać powierzchni, na których może gromadzić się pył. Powierzchnie powinny być gładkie, nachylone i malowane na kontrastowe kolory. „Martwe przestrzenie” i struktury przestrzenne powinny być ograniczone do minimum. Wszystkie powierzchnie, na których może się gromadzić pył, powinny być dostępne i łatwe do oczyszczenia.

W razie niemożności uniknięcia atmosfery wybuchowej i źródeł zapłonu należy podjąć działania zmierzające do minimalizacji skutków eksplozji. Takimi działaniami są:

- projektowanie urządzeń odpornych na wybuch i obciążenie wybuchem
- projektowanie i stosowanie urządzeń tłumiących wybuch
- zapobieganie rozprzestrzenianiu się płomienia i wybuchowi [7].

Podsumowanie

Ze społecznego punktu widzenia działania podjęte w celu eliminacji lub zmniejszenia zagrożenia atmosferą wybuchową powinny prowadzić do całkowitej eliminacji ryzyka eksplozji. Jest to stan doskonałości, który w warunkach rzeczywistych wymaga poważnych nakładów finansowych i ze względów ekonomicznych jest nieosiągalny. Dlatego też wskazane jest stosowanie się do zasady ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), tj. zagrożenie atmosferą wybuchową powinno być tak małe, jak to jest technologicznie i ekonomicznie uzasadnione (osiągalne) i akceptowalne społecznie.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29 maja 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa. DzU z 2006 r. nr 107, poz. 1004; zm. DzU z 2006 r. nr 121, poz. 836
- [2] PN-EN 1127-1:2001 *Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem*
- [3] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy. T. jedn. DzU z 1998 r. nr 21 poz. 94 ze zm.
- [4] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. DzU nr 129, poz. 844
- [5] *Ocena ryzyka zawodowego. 1. Podstawy metodyczne*. Red. W. M. Zawieska, CIOP, Warszawa 2001
- [6] A. Rydzyński, R. Zuczek *Praktyczne aspekty tworzenia dokumentu zabezpieczenia przed wybuchem*. „Przegląd Pożarniczy” 11/2005, 21-22
- [7] R. Małolepszy *Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem* (część II). „Pożarnik” 3/2004, 9-13