

## Jak uniknąć wybuchu?

### Identyfikacja, ocena i minimalizacja ryzyka

*Najlepszą metodą ochrony przed wybuchem jest zapobieganie sytuacjom sprzyjającym możliwości powstawania zjawiska wybuchu. W praktyce realizacja tego z pozoru oczywistego stwierdzenia nie należy do łatwych zadań i jest procesem wieloetapowym. Choć istniejąca literatura i akty prawne szeroko opisują wszystkie procedury postępowania, tematyka jest jednak dość zawiła. Warto więc pokusić się o czytelne usystematyzowanie wiedzy zawartej w różnych źródłach, traktując je jako naświetlenie tematyki, a nie gotową receptę postępowania.*

Ogólne wytyczne w zakresie zapobiegania wybuchom zawarte są w odpowiedniej normie [2], która definiuje poszczególne etapy działania:

- identyfikacja zagrożenia
- ocena ryzyka
- ocena możliwych skutków wybuchu
- eliminacja lub minimalizacja ryzyka
- opracowanie i przestrzeganie określonych procedur użytkowania

Każdy z etapów wymaga odrębnych działań, a na ich przybliżeniu skupia się niniejszy artykuł.

#### Identyfikacja zagrożenia

Identyfikacja zagrożenia wybuchem obejmuje analizę materiałów i substancji przetwarzanych, przechowywanych, stosowanych lub uwalnianych w trakcie prowadzenia przemysłowych procesów technologicznych. Wiele substancji po wymieszaniu z powietrzem tworzy mieszaniny wybuchowe. Niektóre z tych materiałów mogą ulegać procesom spalania w powietrzu. Procesom tym często towarzyszy wytwarzanie znaczących ilości ciepła i mogą one być związane ze wzrostem ciśnienia i uwalnianiem innych substancji niebezpiecznych. W odróżnieniu od pożaru, wybuch zasadniczo jest samopodtrzymującym rozprzestrzenieniem się strefy reakcji w atmosferze palnej. Substancje palne powinny być zatem rozpatrywane jako materiały mogące utworzyć atmosferę wybuchową. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy badanie właściwości tych materiałów wykazało, że w połączeniu z powietrzem nie tworzą mieszanin wybuchowych.

Ponieważ w tym kontekście, potencjalne zagrożenie stwarza nie tyle sam materiał co jego mieszanina z powietrzem, podczas identyfikacji zagrożenia należy oznaczyć właściwości mieszaniny substancji rozpatrywanej i powietrza. Wielkościami charakteryzującymi mieszaninę, informującymi o jej zachowaniu w trakcie spalania są:

- temperatura zapłonu,
- granice wybuchowości dolna DGW i górna GGW,
- graniczne stężenie tlenu.

O możliwości zapoczątkowania pożaru lub wybuchu informują: minimalna ener-

gia zapłonu, minimalna energia samozapłonu atmosfery wybuchowej i minimalna temperatura samozapłonu warstwy pyłu.

Dla wielu substancji znajdujących się w typowych warunkach, powyższe dane są ogólnodostępne. Może się jednak zdarzyć, iż na etapie identyfikacji zagrożenia, powstanie konieczność wykonania stosownych badań.

#### Ocena ryzyka

Ocena ryzyka powinna być przeprowadzana dla każdej rozpatrywanej substancji stanowiącej potencjalne zagrożenie. Jednocześnie należy stosować podejście kompleksowe, uwzględniające wzajemne oddziaływania między urządzeniami, podzespołami czy systemami w ramach rozpatrywanego obiektu. Bardzo istotne jest uwzględnienie wzajemnego oddziaływania między substancjami występującymi jednocześnie na zagrożonym obszarze, a także możliwe wzajemne oddziaływania między prowadzonymi procesami technologicznymi.

Przeprowadzona analiza powinna zawierać:

- określenie **prawdopodobieństwa wystąpienia atmosfery wybuchowej** i jej objętości
- określenie **obecności źródeł zapłonu** i prawdopodobieństwo pojawienia się źródeł zapłonu mogących spowodować zapłon atmosfery wybuchowej
- określenie możliwych **skutków wybuchu**
- rozpatrzenie możliwych **spособów redukcji ryzyka**.

**Określenie prawdopodobieństwa wystąpienia atmosfery wybuchowej** i jej objętości prowadzi wprost do stosowanego w praktyce definiowania stref zagrożenia wybuchem [3].

Prawdopodobieństwo występowania atmosfery wybuchowej zależy od wielu czynników, a główne z nich to:

- obecność substancji tworzącej z powietrzem mieszaniny wybuchowe,
- postać substancji palnej – gaz, para, mgła, aerozol, pył,
- stężenie substancji palnej w granicach zakresu wybuchowości,

- objętość atmosfery wybuchowej wystarczająca do spowodowania obrażeń lub zniszczeń.

Proces oceny prawdopodobieństwa powinien uwzględniać również możliwość tworzenia się atmosfery wybuchowej w wyniku wtórnych reakcji chemicznych.

**Jeżeli oszacowanie prawdopodobieństwa występowania niebezpiecznej atmosfery wybuchowej nie jest możliwe, należy przyjąć z założenia, że atmosfera taka występuje zawsze. Wyjątkiem od tej reguły jest sytuacja, gdy w rozpatrywanym obszarze stosowane jest wiarygodne urządzenie do kontroli stężenia w powietrzu, występującej tam substancji palnej.**

**Postać substancji palnej** w istotny sposób wpływa na jej zdolność do wytwarzania atmosfery wybuchowej. Gazy i pary występują w stopniu rozproszenia wystarczającym do wytworzenia atmosfery wybuchowej. Dla mgieł i pyłów przyjmuje się, iż do wytworzenia atmosfery wybuchowej wystarczy aby rozmiar kropelek lub cząstek był mniejszy niż 1mm. Praktycznie spotykane mgły, aerozole i pyły tworzone są przez cząsteczki o średnicy od 0,001 mm do 0,1 mm.

**Stężenie substancji palnej** jednoznacznie określa możliwość zaistnienia wybuchu. Jeżeli stężenie substancji palnej w powietrzu zawiera się między dolną granicą wybuchowości (DGW), a górną granicą wybuchowości (GGW), wybuch jest możliwy. Do wybuchu nie dojdzie, jeśli stężenie jest mniejsze od DGW lub większe od GGW. Należy zwrócić uwagę na własności chemiczne rozpatrywanych substancji. Niektóre z niestabilnych związków chemicznych ulegają bowiem reakcjom egzotermicznym przy braku tlenu i mają górną granicę wybuchowości na poziomie 100%obj. Dobrym przykładem takiej substancji jest acetylen i tlenek etylenu. Warto pamiętać, że granice wybuchowości ulegają zmianom wraz ze zmianami ciśnienia i temperatury. Z reguły zakres wybuchowości wzrasta ze wzrostem ciśnienia i temperatury. Dla mieszanin z tlenem górne granice wybuchowości są dużo wyższe niż dla analogicznych mieszanin z powietrzem.

**Występowanie źródła zapłonu** jest jednym z trzech warunków koniecznych do zainicjowania zjawiska wybuchu.

Ważnym stwierdzeniem zawartym w normie<sup>[2]</sup> jest konieczność prowadzenia analizy zdolności zapalającej źródła zapłonu, łącznie z analizą właściwości zapłonu rozpatrywanej substancji palnej. Prawdopodobieństwo występowania efektywnych źródeł zapłonu powinno obejmować możliwość ich pojawienia się również w trakcie czynności obsługowych, takich jak konserwacja i czyszczenie. Również w odniesieniu do źródeł zapłonu, obowiązuje zasada wyboru najgorszego możliwego przypadku.

**Jeżeli prawdopodobieństwo występowania efektywnego źródła zapłonu nie może być oszacowane, należy przyjąć założenie, że źródło zapłonu występuje zawsze.**

Zalecana klasyfikacja źródeł zapłonu w odniesieniu do prawdopodobieństwa ich występowania:

- źródła zapłonu występujące ciągle lub często
- źródła zapłonu występujące rzadko
- źródła zapłonu występujące jedynie wyjątkowo

W odniesieniu do stosowanych urządzeń, części i podzespołów klasyfikacja ta powinna być rozważana odpowiednio do:

- źródeł zapłonu, które mogą występować podczas normalnego działania;
- źródeł zapłonu, które mogą wystąpić jedynie w wyniku wadliwego działania;
- źródeł zapłonu, które mogą wystąpić jedynie w wyniku rzadko występującego wadliwego działania.

Lista efektywnych źródeł zapłonu jest bardzo długa. Warto tylko przypomnieć, że mogą to być zarówno gorące powierzchnie czy płomienie i gorące gazy, jak i mechaniczne źródła iskier, prądy błędzące i wyrównawcze czy też reakcje egzotermiczne i samozapłon gazów. Poznanie właściwości źródeł jawnych i identyfikacja istniejących źródeł niejawnych stanowi o jakości przeprowadzonej analizy zagrożeń.

## Ocena skutków

Ocena możliwych skutków wybuchu jest istotną częścią działań mających na celu zapobieganie zagrożeniu wybuchem.

Świadomość możliwych skutków istnienia wybuchu w danych realiach pozwala na ocenę możliwości wystąpienia zagrożeń wtórnych i wielkości strat, oraz na opracowanie sposobu prowadzenia akcji ratowniczej.

W przypadku wybuchu należy rozważyć możliwe skutki powodowane przez na przykład płomienie, promieniowanie ciepłe, falę uderzeniową (ciśnienie), rozrzut odłamków, wtórnych uwolnień niebezpiecznych materiałów.

Konsekwencje powyższych zjawisk są zależne od chemicznych i fizycznych właściwości substancji palnych, ilości i sposobu zamknięcia atmosfery wybuchowej, geometrii otoczenia, wytrzymałości obudowy i podpór, sprzętu ochrony indywidualnej stosowanego przez personel narażony na niebezpieczeństwo oraz fizycznych właściwości zagrożonych obiektów.

Tego rodzaju ocena może być przeprowadzana jedynie indywidualnie, odrębnie dla każdego rozpatrywanego przypadku. W szczególności dotyczy to spodziewanych obrażeń ludzi lub uszkodzeń obiektów i skali zdarzenia.

## Minimalizacja ryzyka

**Eliminacja lub minimalizacja ryzyka** wybuchu opiera się na eliminacji warunku koniecznego zaistnienia wybuchu jakim jest jednoczesne wystąpienie substancji palnej, utleniacza i efektywnego źródła zapłonu. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem powinna być dokonywana przez stosowanie jednej lub kombinacji poniższych metod:

- zapobieganie
- unikanie atmosfer wybuchowych lub zmniejszenie ich objętości
- unikanie możliwych efektywnych źródeł zapłonu
- ochrona
- ograniczenie skutków wybuchu do dopuszczalnych granic poprzez ochronne środki konstrukcyjne. W przeciwieństwie do dwóch poprzednich metod, tutaj dopuszcza się wystąpienie wybuchu.

Podstawowym środkiem zapobiegania wybuchowi jest zastępowanie substancji palnych materiałami obojętymi lub ograniczenie stężenia substancji palnych poniżej dolnej granicy wybuchowości. Skutecznym środkiem zapobiegawczym jest inertyzacja polegająca

na dodawaniu gazów obojętnych takich jak azot, dwutlenek węgla, gazy szlachetne, pary wodnej lub obojętnych substancji proszkowych np. węglan wapnia, odpowiednich dla danego procesu technologicznego. Inertyzacja w wyniku użycia gazów obojętnych opiera się na zmniejszeniu stężenia tlenu w atmosferze w zagrożonym obszarze tak, aby atmosfera przestała być wybuchowa. Dla mieszanin różnych substancji palnych, do określenia najwyższego dopuszczalnego stężenia tlenu powinno się użyć składnika z najniższym granicznym stężeniem tlenu, jeżeli pomiary nie wykażą inaczej.

## Lepiej zapobiegać niż leczyć

To powiedzenie – choć jego źródłem jest medycyna – dotyczy także sfery procesów przemysłowych i warunków w jakich one zachodzą. Skutki wystąpienia wybuchu są bowiem nieraz bardzo kosztowne, a co gorsze tragiczne. Z uwagi na zagrożenie zdrowia i życia ludzi, niezbędne jest zatem metodyczne podejście do tematu wybuchowości i bezpieczeństwa w zakładach przemysłowych. To właśnie łańcuch działań rozpoczynający się identyfikacją zagrożenia, a kończący się na procedurach eliminacji ryzyka, jest sprawdzonym, systemowym rozwiązaniem o znaczeniu profilaktycznym. Należy przy tym dodatkowo zaznaczyć, że w praktyce, profilaktyka zaczyna się już na etapie projektowania układów i doboru urządzeń do określonych stref zagrożenia, a następnie montażu i prawidłowej eksploatacji posiadanego parku maszynowego. Ale to już temat na odrębny artykuł.



**Autor artykułu:**  
Maciej Wawrzyszko

W 1986 roku ukończył Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektryczny, na kierunku Metrologia. W Introlu pracuje od 2004 roku. Jako kierownik Działu gazometrii, zajmuje się między innymi systemami detekcji gazów i przemysłowymi systemami analityki gazowej.

tel. 032/789 00 62  
e-mail: gazometria@introl.pl

## Wykaz przepisów i norm wykorzystanych w artykule:

<sup>[1]</sup>Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów – Dz.U. Nr 121, poz1138

<sup>[2]</sup>PN-EN 1127-1; 2001 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia.

<sup>[3]</sup>PN-EN 60079-10; 2003 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10; Klasyfikacja obszarów niebezpiecznych.

<sup>[4]</sup>Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny być stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie – Dz.U. Nr 243, poz 2063.

<sup>[5]</sup>PN-84/E-08119 Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe. Mieszaniny wybuchowe.

<sup>[6]</sup>PN-EN 50014; 2004 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wymagania ogólne.