



**Karolina Grabowska¹, Jarosław Krzywański¹, Mariusz Basiak²,
Dawid Kręciwilk²**

¹*Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie,*

al. Armii Krajowej 13/15, 42–200 Częstochowa

e-mail: k.grabowska@ajd.czyst.pl, j.krzywanski@ajd.czyst.pl

²*Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej,*

ul. Sabinowska 62/64, 42–200 Częstochowa,

e-mail: basiakm@cspsp.pl, kreciwilkd@cspsp.pl

WYMAGANIA PRAWNE OCHRONY PRZECIWWYBUCHOWEJ PRZY PRACY Z SUBSTANCJAMI CHEMICZNYMI

Streszczenie. Magazynowanie, przetwarzanie oraz wykorzystanie w przemysłowym procesie produkcyjnym niebezpiecznych substancji chemicznych wymusza na pracodawcach oraz zarządcach obiektów budowlanych przestrzeganie szeregu szczególnych wymagań techniczno-budowlanych oraz regulacji w zakresie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia zatrudnionych pracowników. Niedostosowanie budynków do wymagań oraz niezachowanie szczególnej ostrożności przy pracy z substancjami chemicznymi mogą prowadzić do realnego zagrożenia wybuchowego, a w konsekwencji do zagrożenia życia ludzi oraz strat dla środowiska. Pierwszym etapem identyfikacji zagrożeń jest przeprowadzenie oceny zagrożenia wybuchem, której efektem jest wdrożenie przeciwwybuchowych środków technicznych oraz organizacyjnych, dostosowanych do poziomu zagrożenia. W pracy przedstawiono praktyczne aspekty zabezpieczenia obiektów budowlanych oraz procesów pracy na podstawie przepisów prawnych dotyczących ochrony przeciwwybuchowej.

Słowa kluczowe: ochrona przeciwwybuchowa, ocena zagrożenia wybuchem, rozporządzenie REACH, bezpieczeństwo chemiczne.

LAW REQUIREMENTS OF EXPLOSION PROOF PROTECTION AT WORKING WITH CHEMICAL SUBSTANCES

Abstract. Storage, processing and using of dangerous chemicals substances in the industrial production process requires from employers and buildings managers to compliance with a number of specific technical and building requirements as well as regulations regarding the safety and health protection of employees. Maladjustment of buildings to law requirements and lack of particular caution during work with chemicals substances may lead to a real explosive threat and as a consequence to exposure of human life and the environment. The first stage of the threats identifying is to carry out an explosion risk assessment, which of effect is the implementation of technical and organizational explosion-proofs, adjusted to the level of dangers. In the paper practical aspects of securing buildings and working processes based on the law requirements concerning of explosion protection are presented.

Keywords: explosion proof protection, explosion risk assessment, REACH directive, chemical safety.

Wstęp

Skuteczna organizacja ochrony przeciwybuchowej w zakładzie pracy wymaga znajomości i wdrożenia obowiązujących regulacji prawnych w tym zakresie. Przepisy prawne dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy w atmosferze wybuchowej ściśle definiują rozwiązania techniczne i organizacyjne, które pracodawca zobowiązany jest wdrożyć w przypadku stwierdzenia zagrożenia. Jednak ten właśnie kluczowy etap identyfikacji zagrożeń wybuchowych jest źródłem wielu trudności, ponieważ wymaga posiadania specjalistycznej wiedzy o zjawiskach determinujących wybuch oraz o właściwościach poszczególnych materiałów.

W literaturze wybuch definiowany jest jako gwałtowna reakcja egzotermiczna, w wyniku której obserwujemy nagły przyrost ciśnienia i temperatury oraz emisję fal akustycznych i promieniowania [1, 2]. Źródłem zagrożeń wybuchowych w środowisku pracy mogą być palne pyły, opary palnych cieczy oraz gazy. Szczególnie niebezpieczne, a często ignorowane w zakładach pracy, są zalegające warstwy pyłów, które są produktem ubocznym wielu procesów technologicznych. Nagłe wzburzenie pyłów osiadłych, wywołane np. silnym wstrząsem, uderzeniem lub podmuchem, powoduje powstanie obłoków pyłu o znacznej koncentracji drobnych frakcji, które, napotykając bodziec energetyczny, stanowią przyczynę zapoczątkowania reakcji spalania kinetycznego. W takich przypadkach wybuch często przechodzi w eksplozję łańcuchową, wyzwalaając wtórne wybuchy pyłów osiadłych w bezpośrednim otoczeniu. Opary palnych cieczy

oraz gazy charakteryzują granice wybuchowości. Wybuch tych substancji może nastąpić w zakresie stężeń pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości, które określają odpowiednio najmniejsze i największe stężenie substancji palnej w mieszaninie z powietrzem, przy której, pod wpływem zewnętrznego bodźca energetycznego, nastąpi wybuch. Zakres wybuchowych stężeń charakteryzuje daną substancję [3]. Zgodnie z tabelą 1. wybuch par benzyny nastąpi tylko w granicach stężenia od 1,3% do 10,6% [4]. Natomiast acetylen jest jedną z substancji o bardzo szerokich granicach wybuchowości – od 2,4% do 83% [5]. Poniżej minimalnych wartości reakcja spalania nie zostanie zapoczątkowana. Istotnym czynnikiem warunkującym wystąpienie wybuchu jest również temperatura, przy której dana substancja uwalnia ilość par wystarczającą do zapalenia w wyniku kontaktu z zewnętrznym bodźcem energetycznym.

Tab. 1. Granice wybuchowości wybranych substancji [6]

Granice wybuchowości GW [% obj.]		
Substancja	Dolna - DGW	Górna - GGW
Butan	1,5	8,5
Cyjanowodór	5,6	41
Benzyna	1,3	10,6
Acetylen	2,4	83
Wodór	4	75
Metan	4,9	15,4
Benzyna ekstrakcyjna	1,1	1,5

Analizę zagrożenia wybuchowego należy również przeprowadzić pod kątem możliwych reakcji substancji, które przy odpowiednim przechowywaniu nie stanowią zagrożenia, ale jeżeli wejdą w reakcję z inną substancją mogą stworzyć warunki, w których nastąpi wybuch w wyniku samozapalenia wywołanego reakcją chemiczną [7]. Klasycznym przykładem takiego połączenia jest gwałtowna reakcja wody z metalami aktywnymi (sód, potas), w wyniku której powstaje mieszanina palnego wodoru wydzielającego się w reakcji z tlenem.

Złożony charakter zagrożeń wybuchowych wymaga przestrzegania szczegółowych obostrzeń prawnych, które obowiązują w całym cyklu „życia” substancji – od produkcji, przez magazynowanie i eksploatację, aż do bezpiecznych procedur utylizacji.

Wymagania prawne

Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach i ich mieszaninach (Dz.U. 2011 nr 63 poz. 322) kwalifikuje substancje o właściwościach wybuchowych do kategorii niebezpiecznych substancji i preparatów chemicznych [8]. Biorąc pod uwagę tę klasyfikację, pracodawca, który zidentyfikuje zagrożenie wybuchowe w zakładzie pracy, zobowiązany jest do sporządzenia rejestru substancji niebezpiecznych, realizując w ten sposób postanowienia art. 221 ustawy Kodeks Pracy z dnia 26 czerwca 1974 r. (tekst jedn.: Dz.U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94 z późn. zm.), który zabrania stosowania niebezpiecznych substancji bez posiadania aktualnego ich spisu [9].

Źródłem informacji dla pracodawców o właściwościach wykorzystywanych substancji chemicznych oraz charakterystyce zagrożeń są karty charakterystyki, które bezwzględnie muszą być dostarczone przez producenta lub dystrybutora danej substancji chemicznej, w języku urzędowym kraju, w którym preparat jest wprowadzany do obrotu [10]. Karta charakterystyki to również dokument, zawierający kluczowe dane potrzebne do przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego, wynikającego z ekspozycji pracowników na działanie substancji. Na tej podstawie pracodawca wdraża potrzebne środki ochrony zbiorowej oraz, jeżeli to konieczne, środków ochrony indywidualnej.

Rozpoznanie w zakładzie pracy zagrożenia wybuchowego zobowiązuje pracodawców do przeprowadzenia kompleksowej oceny zagrożenia wybuchem, zgodnie z zapisami Rozporządzenia Ministra spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109.poz. 719). Spełnienie powyższego obowiązku zgodnie z § 37 wymaga [11]:

- wskazania substancji niebezpiecznych,
- wskazania pomieszczeń zagrożonych wybuchem,
- wyznaczenia w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych odpowiednich stref zagrożenia wybuchem,
- graficznego oznakowania niebezpiecznych pomieszczeń oraz stref.

Pomieszczenie klasyfikujemy jako zagrożone wybuchem jeżeli przyrost ciśnienia w wyniku wybuchu zgromadzonych par lub gazów przekroczy 5 kPa. Zatem o określeniu pomieszczenia zadecyduje rodzaj i ilość zgromadzonej substancji, a wytyczne do obliczeń przyrostu ciśnienia stanowi załącznik do rozporządzenia [11].

Zlokalizowanie pomieszczenia zagrożonego wybuchem w budynku wymaga zastosowania dodatkowych rozwiązań technicznych oraz bezpieczeństwa konstrukcji, które zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422). Przed

wszystkim obecność pomieszczeń zagrożonych wybuchem w budynkach produkcyjno-magazynowych wymaga znacznego ograniczenia maksymalnej powierzchni stref pożarowych, zgodnie z rysunkiem 1. Ponadto takie pomieszczenia powinny być lokalizowane na najwyższej kondygnacji, z lekką konstrukcją pokrycia dachu, o masie nieprzekraczającej 75 kg/m^2 rzutu [12]. Przepisy rozporządzenia zobowiązują również do specjalnego wykonania systemu wentylacji, który musi być wyposażony w urządzenia automatycznie wstrzymujące pracę wentylatorów w przypadku wykrycia zagrożenia. W celu zapobiegania przypadkowemu mieszananiu usuwanych substancji, należy zapewnić oddzielne wyciągi dla każdego pomieszczenia zagrożonego wybuchem, a usytuowanie otworów powinno wynikać z analizy właściwości fizycznych wykorzystywanych substancji, np. gęstość [12].



Rodzaj stref pożarowych	Gęstość obciążenia ogniowego Q [MJ/m^2]	Dopuszczalna powierzchnia strefy pożarowej w m^2		
		w budynku o jednej kondygnacji nadziemnej (bez ograniczenia wysokości)	w budynku wielokondygnacyjnym	
			niskim i średniowysokim (N) i (SW)	wysokim i wysokościowym (W) i (WW)
1	2	3	4	5
Strefy pożarowe z pomieszczeniem zagrożonym wybuchem	$Q > 4\,000$	1 000	*	*
	$2\,000 < Q \leq 4\,000$	2 000	*	*
	$1\,000 < Q \leq 2\,000$	4 000	1 000	*
	$500 < Q \leq 1\,000$	6 000	2 000	500
	$Q \leq 500$	8 000	3 000	1 000
Strefy pożarowe pozostałe	$Q > 4\,000$	2 000	1 000	*
	$2\,000 < Q \leq 4\,000$	4 000	2 000	*
	$1\,000 < Q \leq 2\,000$	8 000	4 000	1 000
	$500 < Q \leq 1\,000$	15 000	8 000	2 500
	$Q \leq 500$	20 000	10 000	5 000

* Nie dopuszcza się takich przypadków.

Rys.1. Dopuszczalne powierzchnie stref pożarowych w budynkach produkcyjno-magazynowych PM (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422) [12]

Zaostrzone przepisy odnośnie do pomieszczeń zagrożonych wybuchem powodują, że właściciele lub zarządcy budynków, chcąc uniknąć ponoszenia kosztów związanych z dostosowaniem budynków do wymagań przepisów techniczno-budowlanych, rezygnują z wydzielania pomieszczeń w halach produkcyjnych. Wówczas zobowiązani są wyznaczyć strefy zagrożenia wybuchem, zgodnie z tabelą 2.

Tab. 2. Oznakowanie stref zagrożonych wybuchem zgodnie z normą PN-EN 1127-1:2011 [13]

Źródło atmosfery wybuchowej	Częstotliwość występowania atmosfery wybuchowej		
	występuje stale (utrzymuje się przez długi czas)	występuje sporadycznie (podczas normalnej pracy)	nie występuje podczas normalnej pracy, a jeżeli wystąpi, to utrzymuje się przez krótki czas
Pyły			
Gazy i pary palnych cieczy			

Techniczne metody zabezpieczenia przez wybuchem

Zainicjowanie wybuchu, wymaga jednoczesnego wystąpienia trzech czynników:

- stężenie substancji niebezpiecznej pomiędzy DGW a GGW,
- wystarczająco wysokie stężenie tlenu do utrzymania procesu spalania,
- zewnętrzny bodziec energetyczny o odpowiednim potencjale.

Jeżeli nie zostaną spełnione jednocześnie powyższe warunki, reakcja spalania, a w konsekwencji wybuch, nie nastąpi. Z tej zależności bezpośrednio wynikają również techniczne środki ochrony przed wybuchem:

- ograniczanie wystąpienia niebezpiecznych stężeń,
- inertyzacja,
- użycie sprzętu w wykonaniu przeciwwybuchowym Ex.

Wylimitowanie możliwości wystąpienia niebezpiecznych stężeń realizowane jest przez zastosowanie systemów detekcji gazowej. Takie urządzenia wykrywają wzrost stężenia substancji w powietrzu jeszcze znacznie poniżej DGW i automatycznie uruchamiają wentylowanie strefy zagrożenia. Rozwiązanie to zostało przedstawione na rysunku 2 dla zbiorników z gazem LPG w zakładzie przemysłowym.

Inertyzacja to kolejna metoda zapobiegania występowaniu atmosfer wybuchowych. Polega na utrzymywaniu bardzo niskiego stężenia tlenu. Tlen zastępuje się innym obojętnym gazem, np. azotem, co uniemożliwia zapoczątkowanie procesu spalania. Metoda przede wszystkim jest stosowana do ochrony procesów technologicznych z użyciem niebezpiecznych substancji w zamkniętych przestrzeniach, do których pracownik nie ma bezpośredniego dostępu [14].



Rys. 2. Zabezpieczenie systemem detekcji gazowej zbiorników z gazem LPG

Eksplatacja sprzętu w wykonaniu Ex stała się obowiązkiem prawnym w efekcie przeniesienia postanowień europejskich dyrektyw UE 94/9/WE i 99/92/WE (ATEX 95 i ATEX 137) do przepisów krajowych. Przepisy nakładają na producentów obowiązek zamieszczania jednolitego oznakowania urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym. Oznakowanie zawiera znaki Ex oraz kategorię, która wskazuje dozwolony zakres zastosowania urządzeń w strefach niebezpiecznych. Ta metoda ochrony przed wybuchem nie eliminuje możliwości wystąpienia niebezpiecznych stężeń, ale zabezpiecza przed możliwością wystąpienia iskier, które mogą zainicjować wybuch. Na rysunku 3 przedstawiono szafę przeznaczoną do przechowywania substancji niebezpiecznych, która jest wyposażona w system wentylacji mechanicznej w wykonaniu Ex. Szczelna obudowa wentylatora zapobiega występowaniu bodźców energetycznych.



Rys. 3. Szafa na odczynniki chemiczne z wentylatorem w wykonaniu Ex

Podsumowanie

Podstawą prawidłowego postępowania z materiałami niebezpiecznymi w zakładzie pracy jest znajomość właściwości fizycznych i chemicznych substancji, z którymi kontakt ma pracownik. Wykorzystywane substancje chemiczne w procesach technologicznych powinny być traktowane jako materiały, które mogą wytworzyć atmosferę wybuchową, podczas normalnej pracy, ale także podczas awarii lub w wyniku możliwej reakcji z inną substancją. Identyfikacja niebezpiecznych substancji odbywa się przede wszystkim na podstawie analizy kart charakterystyki posiadanych preparatów chemicznych i kolejno wymaga wdrożenia procedury oceny zagrożenia wybuchem w zakładzie pracy. Wyniki prawidłowo przeprowadzonej oceny stanowią wytyczne do wprowadzenia technicznych i organizacyjnych środków ochrony.

Literatura

- [1] Urbański T., Vasudeva S.K., *Explosions and Explosives: Fundamental Aspects*, „Journal of Scientific and Industrial Research”, 1981, vol. 40, s. 510–519.
- [2] PN-ISO 8421-1:1997 Ochrona przeciwpożarowa – Terminologia – Terminy ogólne i dotyczące zjawiska pożaru.
- [3] Atkins P., *Physical Chemistry*, Oxford University Press, Oxford 2014, s. 769–771.
- [4] Karta charakterystyki benzyny bezołowiowej, <http://www.orlen.pl> (data dostępu: 03.01.2018).
- [5] Karta charakterystyki acetyleny, <http://www.drweca.com.pl/AC.pdf> (data dostępu: 03.01.2018).
- [6] Sawicki T., *Wybuchy przestrzenne: „Bezpieczeństwo Pracy”*, 2005, vol. 11, s. 22–25.
- [7] Wilk S., Galas M., Cwenaar R., Bezpieczeństwo pracy na stanowiskach zagrożonych wybuchem gazu, „Wiertnictwo, Nafta, Gaz”, 2008, vol. 25 (2), s. 765–773.
- [8] Ustawa z dnia 25 lutego 2011 r. o substancjach i ich mieszaninach (Dz.U. 2011 nr 63 poz. 322).
- [9] Ustawa Kodeks Pracy z dnia 26 czerwca 1974 r. (tekst jedn.: Dz.U. z 1998 r. Nr 21, poz. 94 z późn. zm.).
- [10] Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z 18.12.2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów.

-
- [11] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109.poz. 719).
 - [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015 r. poz. 1422).
 - [13] PN-EN 1127-1:2011 Atmosfery wybuchowe – Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka.
 - [14] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz.U. 2010 nr 138 poz. 931).