

WYBUCHY PRZESTRZENNE

mgr TOMASZ SAWICKI

Biegły sądowy z zakresu pożarnictwa w Legnicy

Jedną z przyczyn powstawania pożarów są wybuchy, które mogły je zainicjować. Wybuchy te są przede wszystkim związane ze stosowaniem lub przechowywaniem substancji, które w sprzyjających warunkach wytwarzają z powietrzem mieszaniny palne i wybuchowe. Takie niebezpieczne substancje, jak gazy, pary, pyły, ciecze i włókna, występują w wielu zakładach przemysłowych oraz stanowią duże zagrożenie w wielu gałęziach gospodarki. Statystycznie każdego dnia na świecie dochodzi do wybuchów w przemyśle, a wiele z nich powoduje znaczne straty materialne oraz liczne ofiary. Na przykład, według danych Narodowego Stowarzyszenia do Walki z Pożarami w USA, tylko niebezpieczeństwo wybuchu pyłu istnieje aż w 28 tys. zakładów przemysłowych, w których pracuje łącznie ponad 1 mln ludzi.

Charakterystyka wybuchu przestrzennego

Wybuch mieszaniny gazów, par, mgieł lub pyłów z powietrzem jest określany jako wybuch przestrzenny. W mieszaninie takiej następuje spalanie przestrzenne w całej objętości, którą zajmuje mieszanina (rys.). Zagrożenie takim wybuchem powstaje przeważnie w pomieszczeniach i w tych strefach pomieszczeń, gdzie przebiegają procesy technologiczne z zastosowaniem tych form materii, a także w budynkach mieszkalnych i innych, w których gaz ulatnia się z instalacji lub butli. Według rozporządzenia ministra spraw wewnętrznych i administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. [1] zagrożenie wybuchem definiuje się jako możliwość tworzenia przez palne gazy, pary palnych cieczy, pyły lub włókna palnych ciał stałych, w różnych

W artykule przedstawiono podstawowe zagadnienia, jakie powinny być rozważane podczas oceny zagrożenia wybuchem procesów technologicznych oraz prac związanych z użyciem materiałów niebezpiecznych pożarowo. Omówiono podstawowe wiadomości dotyczące możliwości tworzenia i zapłonu mieszanin wybuchowych, tworzonych przez palne gazy, pary cieczy oraz pyły. Przedstawiono zasady prowadzenia oceny zagrożenia wybuchem.

Spatial explosions

The article presents basic information to be taken into consideration while evaluating the danger of explosion in technological processes and work connected with the use of materials dangerous in terms of fire. Basic facts referring to the possibility of creating and igniting explosive mixtures, created by flammable gases, vapours, liquids and dusts are described. Rules for evaluating the danger of explosion are presented.

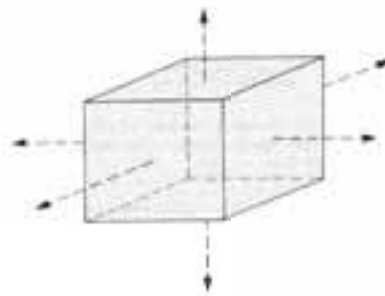
warunkach, mieszanin z powietrzem, które pod wpływem czynnika inicjującego zapłon (iskra, łuk elektryczny lub przekroczenie temperatury samozapłonu) wybuchają, czyli ulegają gwałtownemu spalaniu połączone-mu ze wzrostem ciśnienia.

Aby mogło dojść do wybuchu przestrzennego, potrzebne są elementy:

- materiał palny wymieszany z powietrzem
- stężenie materiału palnego w powietrzu musi mieścić się w określonych granicach
- źródło zapłonu.

Te występujące razem elementy są zbiorem wystarczającym do wyzwolenia wybuchu, który może się przenieść na środowisko.

Gazy palne lub pary cieczy łatwo palnych, a także pyły palne substancji stałych, tworząc mieszaninę z powietrzem w zależności m.in. od wzajemnych proporcji składników, spalają się (reagują) z ogromną prędkością i wybuchają. Na przykład, prędkość wybuchu wodoru wynosi 2820 m/s, acetylenu 2360 m/s, gazu ziemnego 2320 m/s, benzenu 2200 m/s, a niektórych pyłów spożywczych do 1000 m/s.



Rys. Kierunek działania sił w czasie wybuchu przestrzennego

Fig. The direction of forces during a spatial explosion

Wybuch tych substancji palnych jest typowym wybuchem chemicznym, charakteryzującym się szybko przebiegającą reakcją egzotermiczną, któremu z reguły towarzyszy powstanie pożaru. Do zainicjowania takiego pożaru wystarczają proste bodźce energetyczne, jak: iskry mechaniczne, elektryczne i elektrostatyczne, płomień, stopione (rozżarzone) cząstki metalu lub gorąca powierzchnia (samozapłon), o minimalnej energii zapłonu, od dziesiątek mikrodżuli w odniesieniu do gazu i par cieczy palnych do setek milidżuli w przypadku pyłów. Na przykład wybuch pyłów zawieszonych w powietrzu w ilości 50-60 g/m³ może spowodować już niewielki bodziec energetyczny o wartości energii zapłonu około 100 mJ.

Spalanie wybuchowe może przebiegać tylko w określonych warunkach, to znaczy wówczas, gdy materiał palny (gaz, pary cieczy palnych lub pyły) będzie występował w określonym stężeniu w powietrzu. Istotne znaczenie ma tutaj pojęcie granicy wybuchowości, którą można zdefiniować jako minimalną (dolna granica) lub maksymalną (górną granica) zawartość składnika palnego w mieszaninie z powietrzem, przy której zapłon już jest (dolna granica), bądź jeszcze jest możliwy (górną granica).

Wybuch przestrzenny osiąga największą siłę, gdy wchodzące w reakcję składniki (substancja palna oraz tlen) występują w stężeniach stechiometrycznych, tzn. że w mieszaninach gazów palnych z powietrzem zawartym pomiędzy dolną i górną granicą wybuchowości istnieje stężenie czynnika palnego, odpowiadającego całkowitemu wyczerpaniu tlenu zawartego w mieszaninie. Na przykład w odniesieniu do metanu wynosi – 9,6%, powyżej i poniżej tego stężenia siła wybuchu maleje [2].

Cechą charakterystyczną wybuchu przestrzennego jest duże działanie niszczycielskie na otoczenie w bardzo krótkim czasie, gdyż podczas wybuchu zachodzi wyzwolenie energii i jej zamiana w pracę mechaniczną. Spaleniu wybuchowemu towarzyszy wzrost ciśnienia, nieraz przewyższający ciśnienie początkowe kilkadziesiąt razy. Gwałtowny wzrost ciśnienia, spowodowany ogrzaniem produktów spalania do wysokiej temperatury, wywołuje powietrzną falę uderzeniową, która przesuwa się ze znaczną prędkością. Fala działa burząco na wszystkie napotkane przeszkody [3]. Taki burzący skutek wybuchu przestrzennego często jest znacznie większy niż wywołany typowymi materiałami wybuchowymi.

Charakterystyka gazów i par cieczy palnych

Gazy palne są zaliczane do grupy substancji, które z powietrzem tworzą mieszaniny wybuchowe przy dowolnych temperaturach. Spalanie gazów może przebiegać dyfuzyjnie (jest to spalanie kontrolowane poprzez dyfuzję gazu do utleniacza) lub kinetycznie (jest to spalanie niekontrolowane, którego czas spalania zależy tylko od szybkości reakcji chemicznej między utleniaczem a ciałem palnym). Spalanie kinetyczne stwarza znacznie większe zagrożenie.

Wybuch przestrzenny mogą powodować m.in. gazy i pary emitowane z następujących materiałów:

- gaz grzewczy
- węglowodory
- klej i rozpuszczalniki lepkie
- rozpuszczalniki i rozcieńczalniki farb
- lakiery i żywice
- dodatki produkcyjne do wyrobów farmaceutycznych, barwników syntetycznych, aromatów i perfum
- składniki produkcyjne dla następujących materiałów: tworzywa sztuczne, gumy, tekstylia z włókien sztucznych i chemiczne środki czystości
- produkty stosowane w procesach przygotowania i wytwarzania alkoholi i związków pochodnych itd.

Pod pojęciem cieczy palnej należy rozumieć ciecz o temperaturze zapłonu od 55 °C do 100 °C i według wspomnianego już rozporządzenia ministra spraw wewnętrznych i administracji [1] ciecz te kwalifikują się do substancji niebezpiecznych pożarowo.

Ciecze palne tworzą często nad mieszcem rozlania tzw. płaszcz parowy, który w pomieszczeniu zamkniętym może utworzyć mieszaninę wybuchową. Rozlana cienką warstwą ciecz palna na danej powierzchni odparowuje znacznie szybciej niż taka sama ilość cieczy przechowywana w otwartym pojemniku. Wynika to z faktu, że ciepło przemiany fazowej jest pobierane z podłoża. Na przykład, w temperaturze pokojowej szybkość parowania acetonu wynosi 77 g/(cm²/min). Ilość ta odpowiada wytworzeniu około 2 m³ mieszaniny wybuchowej z powietrzem o stężeniu równym dolnej granicy wybuchowości [4].

Granice wybuchowości oraz temperatury zapłonu i samozapłonu niektórych gazów palnych i par cieczy z powietrzem przedstawiono w tabeli 1.

Charakterystyka pyłów ciał stałych

Przez pojęcie pyłów palnych rozumie się wszystkie pyły palne pochodzenia organicznego, jak również pyły powszechnie uważane za niepalne, np. pyły metali. Pyły mogą ulegać zapaleniu w warstwie lub w obłoku. Bardziej niebezpieczne jest zapalenie się chmury pyłowej unoszącej się w powietrzu. Ograniczenie powierzchni przestrzeni wybuchu sprzyja gwałtowności wybuchu pyłowego.

Pyły kwalifikuje się jako: niewybuchowe, słabo wybuchowe (pyły węgla, tworzyw sztucznych, art. spożywczych), silnie wybuchowe (pyły pigmentów organicznych) i bardzo silnie wybuchowe (pyły aluminium).

Tabela 1
GRANICE WYBUCHOWOŚCI ORAZ TEMPERATURY ZAPŁONU I SAMOZAPŁONU NIEKTÓRYCH GAZÓW PALNYCH I PAR CIECZY Z POWIETRZEM

TEMPERATURE LIMITS OF FLASH POINT AND AUTO-IGNITION EXPLOSIVITY OF SOME FLAMMABLE GASES AND LIQUID VAPOURS WITH AIR

Nazwa substancji	Granice wybuchowości [% obj.]		Temperatura zapłonu [°C]	Temperatura samozapłonu [°C]
	dolna	górna		
Aceton	2,1	13,0	- 20	465
Acetylen	1,5	82,0	-	300
Alkohol etylowy	3,1	20,0	11	425
Alkohol metylowy	5,5	36,5	11	470
Amoniak	15,0	28,0	-	650*
Benzyna samochodowa	0,8	7,6	< 0	230-260
Benzen	1,4	9,5	- 11	498
Butan	1,5	8,5	-	285
Butylen	1,6	9,3	- 80	440
Chlorobenzen	1,3	11,0	28	593
Dwusiarczek węgla	1,0	50,0	- 30	90
Etan	3,0	15,5	-	472
Etanol	3,5	15	12	363
Eter etylowy	1,6	48,0	-40	160
Etylen	2,7	34,0	-	450
Gaz ziemny	4,3	15,0	-	200
Metan	4,9	15,4	-	535
Propan	2,1	9,5	-	450
Siarkowodór	4,3	45,5	-	290
Terpentyna	0,8	6,0	35	253
Tlenek etylenowy	3,0	100,0	- 17,8	425
Tlenek węgla	12,5	75,0	-	605
Toluen	1,2	7,0	4	480
Wodór	4,0	75,0	-	500

* Zapala się z trudnością i tylko przy wysokiej temperaturze.

Zakres wybuchowości – zakres wartości stężenia substancji palnej w powietrzu, w granicach którego może dojść do wybuchu.

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.

Temperatura samozapłonu – najniższa temperatura ogrzanych ścianek naczynia, oznaczona w określonych warunkach badania, w której następuje zapalenie palnej substancji w postaci mieszaniny gazu lub pary z powietrzem.

Wybuch przestrzenny mogą powodować pyły (a także pudry) takich materiałów, jak: magnez, aluminium, siarka, celuloza, skrobia kukurydziana, żywice epoksydowe, polistyreny, węgiel, drewno, zboże (mąka), mleko, cukier (cukier lodowaty).

W tabeli 2 i 3. przedstawiono charakterystyki zapalności niektórych pyłów, które mogą tworzyć atmosfery wybuchowe – dotyczy temperatury samozapłonu dla warstw lub obłoku pyłu.

Osiągnięcie stężenia wybuchowego pyłów palnych z powietrzem jest znacznie trudniejsze niż w przypadku par cieczy palnych czy gazów. Jest to związane z właściwościami pyłów [5]. Do wybuchu pyłu potrzebne jest mieszanie mechaniczne (np. podmuch, grawitacyjne opadanie pyłu). Do podstawowych parametrów wybuchowych pyłów zaliczamy: rozmiar cząstek, wilgotność, równomierność, stężenie.

Im cząsteczki pyłu są mniejsze, tym większe jest zagrożenie wybuchem i mieszanina powietrzno-pyłowa łatwiej się spala. Najniebezpieczniejsze są pyły, których cząsteczki osiągają maksymalną wielkość (średnicę 75 µm). Od wielkości cząsteczki zależy szybkość reakcji rozchodzenia się płomienia oraz siła wybuchu. Bardzo drobne cząsteczki tworzące chmurę pyłową mają olbrzymią powierzchnię absorbującą cząstki

tlenu z powietrza. Do pobudzenia takiej chmury wystarczy iskra elektrostatyczna. W przypadkach drobnych pyłów w suchym powietrzu może wystąpić między chmurami wyładowanie elektrostatyczne wystarczające do zapalenia mieszaniny. Mieszaniny pyłów metali z powietrzem mogą ulegać samorzutnemu zapłonowi na skutek powinowactwa do tlenu [5].

W odróżnieniu od mieszanin gazów palnych, mgieł i par cieczy palnych wybuchy pyłów palnych z powietrzem mogą przebiegać w kilku etapach z uwagi na podnoszenie się zalegającego pyłu i tworzenie się układu wybuchowego. Taki proces wybuchu jest znacznie wolniejszy od mieszanin gazowych, ale skutki burzącego działania są bardzo duże.

Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem

Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem jest jednym z głównych punktów oceny ryzyka wybuchu w obiektach przemysłowych. Od prawidłowo przeprowadzonej klasyfikacji zależy bezpieczeństwo ludzi i zakładu.

Dwie podstawowe dyrektywy europejskie określają minimum bezpieczeństwa dla przestrzeni, w których występują atmosfery wybuchowe – dyrektywa 1992/92/EU (ATEX 137) oraz 94/9/EU (ATEX 95), które zostały wdrożone do prawa polskiego:

1) rozporządzeniem ministra gospodarki, pracy i polityki społecznej z dnia 29 maja 2003 roku w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (DzU nr 107, poz. 1004)

2) rozporządzeniem ministra gospodarki, pracy i polityki społecznej z dnia 28 lipca 2003 roku w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (DzU nr 143, poz. 1393).

W obiektach i na terenach przyległych, gdzie prowadzone są procesy technologiczne z użyciem materiałów mogących wytworzyć mieszaniny wybuchowe lub w których materiały takie są magazynowane, należy dokonać oceny zagrożenia wybuchem. Ocena zagrożenia wybuchem powinna być dokonana przez inwestora lub biuro projektowe, ewentualnie przez użytkownika, lub wspólnie, tj. przez te osoby, które decydują o procesie technologicznym. W ocenie zagrożenia wybuchem należy uwzględnić wszystko to, co może mieć wpływ na powstanie mieszaniny wybuchowej (rodzaj źródła emisji, rodzaj i czas wydzielania substancji palnych, rodzaj wentylacji, ciśnienie, temperatura itp.).

Warunki, kiedy pomieszczenie traktuje się jako zagrożone wybuchem lub kiedy należy w pomieszczeniu albo na przestrzeni otwartej wyznaczyć strefy zagrożenia wybuchem oraz ustalenia stref i ich wymiarów, są podane w rozporządzeniu ministra spraw wewnętrznych i administracyjnych z dnia 16 czerwca 2003 r. [1] oraz w normach PN-EN 6079-10:2002 (która nie obejmuje pyłów i włókien) [6] i PN-EN 1127-1:2001 (która obejmuje ciecze, pary cieczy i gazy) [7].

Klasyfikacja stref dla palnych gazów i par cieczy

Przestrzenie zagrożone wybuchem mieszanin gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem klasyfikuje się na strefy według częstości i czasu występowania gazowej atmosfery wybuchowej w następujący sposób:

– do strefy 0 zalicza się przestrzenie, w których mieszanina wybuchowa występuje ciągle lub w dłuższym okresie

– do strefy 1. zalicza się przestrzenie, w których powstanie lub pojawienie się mieszaniny wybuchowej jest prawdopodobne w normalnych warunkach pracy w ilościach, które mogą w sprzyjających warunkach doprowadzić do powstania mieszaniny wybuchowej

Tabela 2
CHARAKTERYSTYKI ZAPALNOŚCI PYŁÓW POCHODZENIA ORGANICZNEGO, KTÓRE MOGĄ TWORZYĆ ATMOSFERE WYBUCHOWE

FLAMMABILIT CHARACTERISTICS OF LIQUIDS OF ORGANIC ORIGIN, WHICH CAN FORM EXPLOSIVE ATMOSPHERES

Pył pochodzenia organicznego	Temperatura samozapłonu		Minimalna energia zapłonu w obłoku [mJ]	Minimalne stężenie wybuchowe w obłoku [g/m³]
	warstwy [°C]	obłoku [°C]		
Skrobia (pszenica)	380	400	25	25
Orzechy ziemne (łuski)	210	460	50	45
Pszenica (w dużej ilości)	220	500	60	65
Drewno/sosna (trociny)	260	470	40	35
Kakao	240	510	100	75
Nieprzetworzona bawełna	520	-	100	190
Celuloza	270	480	80	55
Dekstryna	390	410	40	40
Mąka/pszenica	440	440	60	50
Skrobia kukurydziana	-	380	30	40
Mleko w proszku	200	490	50	50
Kora dębu korkowego	210	460	35	35
Sód	250	400	35	55
Ryż	450	510	100	85
Soja (mąka)	340	550	100	60
Cukier	400	370	30	45

Minimalna temperatura samozapłonu obłoku pyłu – najniższa temperatura gorącej powierzchni, w której najbardziej zapalna mieszanina pyłu z powietrzem ulega zapłonowi w określonych warunkach badania.

Minimalna temperatura samozapłonu warstwy pyłu – najniższa temperatura gorącej powierzchni, przy której warstwa pyłu ulega zapłonowi w określonych warunkach badania.

– do strefy 2. zalicza się przestrzenie, w których podczas normalnych warunków pracy powstanie lub pojawienie się mieszaniny wybuchowej jest mało prawdopodobne, a jeżeli do tego dojdzie, to w niedużej objętości w krótkim okresie.

Klasyfikacja stref dla palnych pyłów i włókien [8]

Miejsca, w których jest możliwe występowanie atmosfer wybuchowych, powstających w wyniku mieszaniny obłoku palnego pyłu z powietrzem, klasyfikuje się do następujących stref:

– do strefy 20. zalicza się przestrzenie (obszary), gdzie mieszanina wybuchowa w postaci obłoku pyłu palnego w powietrzu występuje stale, długo lub często, np. zasobniki, kosze samowyladowcze, silosy, cyklony, filtry, systemy transportowe pyłu, mieszarki, młyny, suszarki, urządzenia workujące, na zewnątrz urządzeń i instalacji, w obszarze pyłów osiadłych o niekontrolowanej grubości;

– do strefy 21. zalicza się przestrzenie (obszary), gdzie mieszanina wybuchowa w postaci obłoku pyłu palnego w powietrzu może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania, np. przestrzenie na zewnątrz wyposażenia technologicznego i w okolicach otworów, włazów, pokryw, które są często otwierane, przestrzenie na zewnątrz wyposażenia technologicznego w pobliżu miejsca napełniania i opróżniania podajników taśmowych, stanowisk wyladowczych samochodów, gdzie nie zastosowano środków zapobiegających tworzeniu się mieszaniny wybuchowej. Przestrzenie na zewnątrz wyposażenia technologicznego, gdzie gromadzi się pył palny, i gdzie z uwagi na parametry procesu technologicznego jest prawdopodobne, że warstwa pyłu osiadłego może zostać wzburzona, przestrzenie wokół wylotów z cyklonów lub filtrów (workowych). Z uwagi na bardzo małą średnicę ziaren pyłu, mogą wystąpić jego złoże w pobliżu wylotów z wentylacji wyciągowych;

– do strefy 22. zalicza się przestrzenie (obszary), gdzie mieszanina wybuchowa w postaci obłoku pyłu palnego w powietrzu nie występuje podczas normalnego stanu pracy, a w przypadku wystąpienia trwa krótko, np. wyloty odpowietrzania filtrów workowych, urządzenia bezpieczeństwa, przestrzenie sklasyfikowane jako strefa 21., gdy zastosowano środki zapobiegające powstawaniu mieszanin wybuchowych (np. wentylacji odciągowej), połączenia elastyczne, które mogą być uszkodzone, miejsca w pobliżu instalacji, które muszą być czasami otwarte, miejsca, w których mogą powstać nieszczelności.

Tabela 3
CHARAKTERYSTYKI ZAPALNOŚCI PYŁÓW METALICZNYCH, KTÓRE MOGĄ TWORZYĆ ATMOSFERY WYBUCHOWE

FLAMMABILITÄT CHARACTERISTICS OF METALIC LIQUIDS, WHICH CAN FORM EXPLOSIVE ATMOSPHERES

Pył metaliczny	Temperatura samozapłonu dla		Minimalna energia zapłonu w obłoku [mJ]	Minimalne stężenie wybuchowe w obłoku [g/m ³]
	warstwy [°C]	obłoku [°C]		
Aluminium do gruntowania*	460 ÷ 900	550 ÷ 700	50 ÷ 120	45 ÷ 120
Opilki aluminiowe*	400 ÷ 900	600 ÷ 700	10 ÷ 100	40 ÷ 60
Proszek aluminiowy*	490 ÷ 700	550 ÷ 800	15 ÷ 160	40 ÷ 140
Antymon	330	415	1900	420
Kadm	250	570	4 000	-
Chrom elektrolityczny	400	580	40	230
Miedź	-	900	-	-
Cyna	430	630	80	190
Żelazo odtleniane wodorem	290	320	80	120
Pentakarbonyk żelaza	310	320	20	105
Żelazokrzem (88% krzemu)	-	860	400	425
Żelazotytan	400	370	80	140
Magnez do gruntowania	430	560	40	30
Aluminium magnezowe (stop)	480	430	80	20
Mangan	240	460	305	125
Ołów sproszkowany	270	710	-	-
Krzem	950	780	96	160
Tor	280	270	5	75
Tytan	510	330	25	45
Uran	100	20	45	60
Wanad	490	500	60	220
Cynk	540	690	960	460
Cyrkon	300	350	120	45

* W zależności od rozdzielania według wielkości i procesu produkcyjnego

Strefy wyznacza się we wszystkich kierunkach od źródeł emisji substancji niebezpiecznych. Ich wymiary są zróżnicowane w zależności od rodzaju źródła emisji, parametrów wybuchowych substancji, rodzaju wykonywanych czynności, rodzaju wentylacji i jej skuteczności, ciśnienia, temperatury oraz warunków lokalnych.

Podsumowanie

W artykule zostały przedstawione – istotne z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej i bezpieczeństwa pracy problemy – dotyczące oceny zagrożenia wybuchem procesów technologicznych oraz prac związanych z użyciem materiałów niebezpiecznych pożarowo, realizowanych w zakładach produkcyjnych i obiektach o innym przeznaczeniu. Artykuł zawiera także podstawowe informacje dotyczące możliwości tworzenia i zapłonu mieszanin wybuchowych, tworzonych przez palne gazy, pary cieczy oraz pyły i włókna. Zamieszczone w artykule zasady prowadzenia oceny zagrożenia wybuchem oraz tabele zawierające dane liczbowe, charakteryzujące materiały, które mogą tworzyć mieszaniny

wybuchowe z powietrzem, dają ogólną orientację w poruszanej problematyce.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU nr 121, poz. 1138)
- [2] Baranowski W. *Wybuchy przestrzenne mieszanin powietrzno-gazowych*. „Problemy Kryminalistyki” nr 38, 1979
- [3] *Technika kryminalistyczna cz.3*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Policji. Szczytno 1995
- [4] Ryng M. *Bezpieczeństwo techniczne w przemyśle chemicznym. Poradnik*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1985
- [5] Baran T., Policha A. *Wybuch i jego skutki – kryminalistyczne badania materiałów i urządzeń wybuchowych*. Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego KG, Warszawa 2004
- [6] PN-EN 6079-10:2002 *Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem*
- [7] PN-EN 1127-1:2001 *Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia*
- [8] Podgórski M. *Wyznaczanie stref zagrożonych wybuchem*. Referat wygłoszony na seminarium – *Zagrożenia i systemy zabezpieczeń procesów technologicznych w zakładach o zwiększonym i dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej*. Mielec, kwiecień 2004