

Bogusław Haduch
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Praca w laboratorium badawczym a strefy zagrożenia wybuchem

Część I. Laboratorium badawcze LPG

Wstęp

Organizując pracę w laboratorium badawczym należy brać pod uwagę wszystkie czynniki mogące wpływać na komfort pracy i bezpieczeństwo pracowników, a także kierować się m.in. przepisami zawartymi w następujących aktach prawnych:

- rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [3],
- rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia

2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – obowiązującym w Polsce od 1 stycznia 2006 r. [1, 20],

- rozporządzeniu Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej (z dnia 29 maja 2003 r.) w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy osób zatrudnionych na stanowiskach, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa – obowiązującym w Polsce od 25 lipca 2003 r. [2, 21].

Analiza problemu

Laboratoria badawcze – np. działające w instytucjach naukowych – w trakcie użytkowania mogą być dostosowywane do różnych potrzeb. Profil ich działalności oraz wyposażenie może ulegać zmianie zależnie od realizowanego w danym momencie projektu badawczego. Często zdarzają się sytuacje, gdy nowe wyposażenie w tych ośrodkach dostawiane jest do starego, już obecnego, które działa i nadal może być przydatne. Przy prowadzeniu eksperymentów naukowych (które nie od razu kończą się powodzeniem) najważniejszym dla użytkowników staje się zakup sprzętu o szerokim zakresie zastosowań badawczych. Kupowane jest „serce systemu”, a nie przywiązuje się uwagi do składników peryferyjnych (zbierających dane, podtrzymujących działanie systemu oraz systemów bezpieczeństwa). Najczęściej są to również urządzenia w wersji najtańszej, które zachowują podstawowe parametry (np. moc obli-

zeniową itp.). Na dalszy plan odsuwane jest natomiast doposażenie pomieszczeń laboratoriów, którego celem i efektem byłaby pełna realizacja zamierzeń ustawodawcy [1, 2, 3, 20, 21]. Naukowcy gotowi są znieść niedogodności pracy – byle tylko móc badać i weryfikować swoje hipotezy badawcze. Dlatego chętniej wydają pieniądze na badania, odczynniki i aparaty, niż na jakieś – nie do końca zrozumiałe i według nich niepotrzebne – „fanaberie” (typu dodatkowa wentylacja, która zimą może wyziębiać pomieszczenie oraz destabilizować warunki pracy aparatu).

Zdarza się jednak, że w pewnym momencie laboratorium musi przestawić się (przynajmniej okresowo) na masową obróbkę próbek i np. zamiast analizować ich kilka na miesiąc – musi przebadać ich kilkadziesiąt lub kilkaset. W takich sytuacjach dotychczas stosowane rozwiązania organizacyjne przestają się sprawdzać, a z pozoru drobne

niedogodności stają się uciążliwe. Pojawiają się także niebezpieczeństwa typowe dla przemysłu; tam, gdzie wcześniej nie było zagrożeń pożarowych pojawia się dość istotne zagrożenie tego typu lub nawet zagrożenie wybuchem. Praca staje się monotonna i wówczas łatwo o błąd ludzki – zwłaszcza, że próbki są bliższe warunków rzeczywistych, nie są specjalnie przygotowane i mogą być niebezpieczne same w sobie (zawartość zanieczyszczeń powodujących np. awarie sprzętu czy przytykanie zaworów).

W niniejszym artykule opisano zagrożenia występujące w laboratorium. Ponieważ w przypadku badań palnych gazów technicznych, w tym LPG, najpoważniejszym efektem awarii jest pożar lub wybuch, skupiono się zatem na zagrożeniach jakie mogą wystąpić przy wycieku tych gazów w laboratorium. Czytelnikom poddano pod rozważenie środki zaradcze jakie można i należy zastosować aby zminimalizować niebezpieczeństwo pracy w laboratorium używającym gazów palnych [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Czynniki niezbędne do zainicjowania wybuchu – pojęcia podstawowe [7]

Wybuch (eksplozja) jest to gwałtowna reakcja chemiczna połączona z intensywnym wydzielaniem ciepła, zdolna do samopodtrzymującego przemieszczania się mieszaniny palnej.

Sytuacja zagrożenia wybuchem występuje w przestrzeniach, gdzie produkuje się, użytkuje lub przechowuje substancje mogące wytworzyć z utleniaczami mieszaniny wybuchowe.

Dla zajścia wybuchu niezbędne jest wystąpienie trzech składników:

- paliwo (gaz palny),
- utleniacz (powietrze, tlen),
- czynnik inicjujący zapłon.

Tablica 1

Substancja palna	Granice wybuchowości w powietrzu		Minimalna energia zapłonu [mJ]
	DGW [%]	GGW [%]	
Acetylen	2,5÷2,78	71÷100	0,017÷0,051
Butan	1,6÷1,92	7,4÷8,4	0,24
Etan	3÷3,2	10,15÷14,95	0,26
Metan	5÷5,6	15,4÷16	0,29
Propan	2,1÷2,4	6,69÷9,5	0,26
Wodór	4÷8,8	74,5÷75	0,011÷0,02

Pierwsze dwa składniki muszą wystąpić w odpowiedniej, ściśle określonej proporcji. Czynnikiem trzeci musi wykazać odpowiednio wysoką energię inicjującą zapłon danej mieszaniny wybuchowej.

Najczęściej stosowanymi w laboratorium gazami palnymi są: wodór, metan, etan, propan, butan oraz acetylen. W tablicy 1 przedstawiono ogólnie znane granice wybuchowości tych gazów oraz minimalne energie zapłonu wyrażone w mJ.

Na człowieku (odzieży lub ciele) w sprzyjających warunkach może zgromadzić się ładunek elektrostatyczny, zdolny spowodować zapłon każdego z tych wyżej wymienionych gazów w obecności powietrza.

Ocena zagrożenia wybuchem [3]

Zgodnie z odnośnym rozporządzeniem (Dz.U. z 2010 r. nr 109, poz. 719 – Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów – rozdział 8), w obiektach i na terenach do nich przylegających, gdzie prowadzone są prace z użyciem materiałów mogących wytworzyć mieszaniny wybuchowe, a także w pomieszczeniach i na terenach gdzie są lub mogą być magazynowane takie substancje, powinna być dokonana ocena zagrożenia wybuchem. Ocena taka obejmuje:

- wskazanie pomieszczeń zagrożonych wybuchem,
- wyznaczenie w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych stref, gdzie występuje zagrożenie wybuchem,
- identyfikację czynników mogących zainicjować zapłon w strefach zagrożonych wybuchem.

Pomieszczenie zagrożone wybuchem

Pomieszczenie (w tym również laboratorium) zagrożone wybuchem to obszar, gdzie 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 5 kPa.

Jeżeli w laboratorium może występować mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej 0,01 m³ w zwartej przestrzeni, wówczas należy w nim wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem.

Wytyczne [3] w zakresie określania przyrostu ciśnienia w pomieszczeniu, jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch

1. Przy dokonywaniu oceny zagrożenia wybuchem pomieszczeń należy brać pod uwagę najbardziej nieko-

rzystną (z punktu widzenia ewentualnych skutków wybuchu) sytuację mogącą nastąpić w procesie ich eksploatacji – uwzględniając najbardziej niebezpieczny, występujący tam rodzaj substancji oraz największą jej ilość, jaka mogłaby brać udział w reakcji wybuchu.

2. Przyrost ciśnienia w pomieszczeniu (ΔP [Pa]), spowodowany przez wybuch z udziałem jednorodnych, palnych gazów lub par o cząsteczkach zbudowanych z atomów węgla, wodoru, tlenu, azotu i chlorowców, określany jest za pomocą równania:

$$\Delta P = \frac{m_{max} \cdot \Delta P_{max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho} \quad (1)$$

gdzie:

m_{max} – maksymalna masa substancji palnych (tworzących mieszaninę wybuchową), jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu [kg],

ΔP_{max} – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny gazowo- lub parowo-powietrznej w zamkniętej komorze [Pa],

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu, uwzględniający brak hermetyczności pomieszczenia, brak adiabatyczności reakcji wybuchu, a także fakt udziału w reakcji niecałej ilości palnych gazów i par, jaka wydzieliby się w pomieszczeniu – równy 0,17 dla palnych gazów i 0,1 dla palnych par,

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia; stanowiąca różnicę pomiędzy objętością pomieszczenia, a objętością znajdujących się w nim instalacji, sprzętu, zamkniętych opakowań itp. [m³],

C_{st} – objętościowe stężenie stechiometryczne palnych gazów lub par,

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} \quad (2)$$

Tablica 3

Skutki oddziaływania fali uderzeniowej wybuchu na budynki	Nadciśnienie [kPa]
Budynki całkowicie zniszczone	70
Poważne uszkodzenia budynków	35
Uszkodzenia możliwe do usunięcia	10
Znaczne zniszczenie powierzchni szklanych	5
10% zniszczenia powierzchni szklanych	2
Skutki oddziaływania fali uderzeniowej wybuchu na ludzi	Nadciśnienie [kPa]
100% ofiar śmiertelnych	500÷800
50% ofiar śmiertelnych	350÷500
Graniczna wartość występowania ofiar śmiertelnych	200÷300
Znaczne uszkodzenia płuc	133÷200
50% uszkodzenia błony bębenkowej ucha	100÷233

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu,

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} \quad (3)$$

n_C, n_H, n_{Cl}, n_O – odpowiednio, ilości atomów: węgla, wodoru, chlorowców i tlenu w cząsteczce gazu lub pary,

r – gęstość palnych gazów lub par w temperaturze pomieszczenia (normalnych warunkach pracy) [kg/m³].

Analiza wzoru (1) wskazuje, że przyrost ciśnienia jest wprost proporcjonalny do masy substancji palnych, tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu – stąd zastosowanie miejscowego odciążenia tam, gdzie mogą wydzielać się palne substancje znakomicie zmniejsza niebezpieczeństwo dla obsługi urządzeń. Innymi środkami zapobiegawczymi może być: zmniejszenie ilości substancji podlegającej badaniom (mniejsze objętości próbki), hermetyzacja procesów, stosowanie wielokrotnych zabezpieczeń przed niekontrolowanym wyciekami itp.

W tablicy 2 przedstawiono ciśnienie (absolutne) – P i jego przyrost (ΔP) przy wybuchu dla mieszaniny stechiometrycznej gaz-powietrze, w temperaturze 25°C, przy ciśnieniu początkowym 1 atm (101,3 kPa).

Tablica 2

Gaz	P [bar]	P [kPa]	ΔP [kPa]
Wodór	8,15	815	713,7
Etylen	9,51	951	849,7
Propan	9,44	944	842,7
Metan	8,94	894	792,7

W przypadku wystąpienia zjawiska detonacji mieszaniny paliwowo-powietrznej, przy zastosowaniu LPG jako paliwa, nadciśnienie chwilowe może osiągnąć wartość 1500÷2000 [kPa] (15÷20 barów), a prędkość fali uderzeniowej – 1500÷2000 m/s. W tablicy 3 przedstawiono skutki dla ludzi i budynków, wywołane nadciśnieniem wybuchu.

Źródła (czynniki inicjujące) zapłonu mieszanek paliwowo-powietrznych

Dane literaturowe [1, 2, 20, 21] wskazują 13 efektywnych źródeł zapłonu – są to:

- 1) gorące powietrze,
- 2) płomienie i gorące gazy (w tym gorące cząstki),
- 3) iskry wytwarzane mechanicznie,
- 4) urządzenia elektryczne,
- 5) prądy błędzące oraz katodowa ochrona przed korozją,
- 6) elektryczność statyczna (wyładowania szopiaszte, stożkowe i z obłoku pyłu),
- 7) uderzenie pioruna,
- 8) fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (od 10^4 Hz do 3×10^{12} Hz),
- 9) fale elektromagnetyczne o częstotliwości od 3×10^{11} Hz do 3×10^{15} Hz,
- 10) promieniowanie jonizujące,
- 11) ultradźwięki,
- 12) sprężania adiabatyczne i fale uderzeniowe,
- 13) reakcje egzotermiczne (włącznie z samozapaleniem się pyłów).

Profil pracy laboratorium (badającego np. LPG) nie wyklucza sporadycznego wystąpienia jednego z wymienionych, efektywnych źródeł zapłonu, nie występującego na co dzień.

Ze względu na specyfikę pracy laboratoriów, sposób ich doposażenia oraz ograniczone środki finansowe, nagminnie obserwuje się występowanie następujących zjawisk:

- stosowanie aparatów badawczych posiadających zwykłą instalację elektryczną (źródło zapłonu: 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11),
- stosowanie rozdzielaczy prądowych, do których podłącza się kilka urządzeń, przy czym moc urządzeń przekracza maksymalną moc, jaka może być pobierana przy użyciu wykorzystywanego rozdzielacza-przedłużacza (źródło zapłonu: 4, 5),
- stosowanie rozdzielaczy jw., przy czym okresowo, zależnie od potrzeb, podłącza się do nich różne urządzenia (przy podłączaniu i rozłączaniu urządzeń występuje za każdym razem iskra elektryczna – źródło zapłonu: 4),
- nieuwzględnianie właściwości fizycznych gazów palnych i stosowanie nieodpowiedniej instalacji elektrycznej – co w przypadku jednoczesnego wystąpienia niewentylowanych „kieszeni” w stropie lub w innej konstrukcji może mieć tragiczne skutki – źródło zapłonu: 4,
- stosowanie komputerów biurowych (zamiast przemysłowych) w laboratoriach, w których przynajmniej okresowo może wystąpić atmosfera wybuchowa (źródło zapłonu: 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10),

- stosowanie różnego typu konwerterów, których niedostosowanie powoduje występowanie tzw. „wiszących końcówek” przewodów (źródło zapłonu: 4, 5),
- stosowanie nieodpowiedniej wentylacji lub jej niewydolność (brak możliwości usunięcia wycieków gazów palnych i ich mieszanin z powietrzem (źródło zapłonu: 1÷13),
- brak podłoża i wyposażenia o właściwościach antyelektrostatycznych, zapobiegającego powstawaniu isker pochodzenia mechanicznego (źródło zapłonu: 3, 5, 6),
- brak monitorowania wilgotności powietrza w laboratoriach badawczych, ze szczególnym uwzględnieniem zaleceń norm [11÷19] (źródło zapłonu: 4÷6),
- łączenie pokoi biurowych z laboratoriami „wygodnymi” dla użytkowników drzwiami przechodnimi (które zazwyczaj są otwarte), przy czym instalacja elektryczna w biurze jest typowo biurowa, a w laboratorium – odpowiadająca standardom laboratorium. Przez otwarcie drzwi możliwe jest rozprzestrzenianie się palnych par do pomieszczenia biurowego, w którym mogą występować źródła zapłonu (źródło zapłonu: 2÷6),
- nieodpowiednie rozmieszczenie czujek wycieku (zbyt daleko od źródła emisji) oraz brak połączenia z urządzeniem wykonawczym, które skutecznie usunie mieszaninę palną poza laboratorium (źródło zapłonu: 1÷13),
- brak szkoleń personelu, niska świadomość zagrożeń, niechęć do użytkowania antyelektrostatycznej odzieży ochronnej i stosowania się do procedur bezpiecznej pracy (źródło zapłonu: 1÷13).

Źródła wycieku gazów palnych

Źródłem wycieku gazów palnych może być nieszczelność zaworów, złączy czy też uszkodzenie butli lub instalacji gazowych (w rurociągach, zaworach butli, reduktorach, skorodowanych obudowach, spoinach itp.). Źródłem takim może być również proces parowania lotnych cieczy (np. ulatnianie się butanów z benzyny „butanizowanej”). Wycieki LPG mogą być związane z wyrzutem fazy ciekłej i gazowej lub tylko gazowej, przy czym obydwie formy wycieku są niebezpieczne. Ponieważ pary cieczy oraz LPG są cięższe od powietrza, zatem mogą one tworzyć mieszaniny palne nawet w znacznych odległościach od źródła emisji par – wypełniając zagłębienia terenu, podłoża, kanały techniczne, kanalizację oraz piwnice i stwarzać tam zagrożenie wybuchem.

Możliwe rodzaje pożarów i wybuchów towarzyszące wyciekom gazów [10]

Spalanie gazów i par związane jest z istnieniem w obrębie źródła zapłonu mieszaniny palnej o stężeniu pomiędzy dolną (DGW) a górną (GGW) granicą wybuchowości.

W wyniku wycieku palnych par i gazów możliwe jest występowanie następujących rodzajów pożarów:

- **powierzchniowego** – występującego gdy wypływająca ciecz palna tworzy rozlewisko na podłożu (którym może być ciecz lub ciało stałe); płomień jest podtrzymywany stałym dopływem par cieczy palnej i tlenu z powietrza,
- **strumieniowego** – występującego wówczas, gdy uwalniająca się ze zbiornika lub rurociągu (będących pod ciśnieniem) ciecz palna lub gaz ulegnie zapłonowi; charakteryzuje się długim, stabilnym płomieniem, podobnym do płomienia z palników,
- **błyskawicznego** – występującego wtedy, gdy chmura mieszaniny palnego gazu i powietrza ulegnie zapłonowi; kształt płomienia przyjmuje postać chmury mieszaniny paliwowo-powietrznej przed zapłonem. Często się zdarza, że pożar błyskawiczny przechodzi w wybuch – ma to miejsce wówczas, gdy front płomienia osiągnie wystarczająco dużą prędkość dla powstania wybuchu,
- **kuli ognistej** – mogącej się pojawić w sprzyjających warunkach podczas gwałtownych emisji gazu, którym towarzyszy również gwałtowne mieszanie i zapłon; zazwyczaj powstanie ognistej kuli poprzedzone jest zespołem zjawisk BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion* – eksplozja rozprężającej się pary wrzącej cieczy).

Przy awariach, podczas pracy z gazami palnymi w laboratorium należy przewidywać wystąpienie następujących rodzajów wybuchów:

- wybuch chmury pary – który występuje przy zapłonie mieszaniny uwolnionego gazu i powietrza; powstałe zniszczenia są zależne od stopnia zamknięcia objętości zawierającej parę. Na otwartej przestrzeni wystąpi wówczas nadciśnienie rzędu 1 bar,
- wybuch gazu w zamkniętej objętości – który występuje przy zapłonie mieszaniny wybuchowej wewnątrz urządzeń lub w przestrzeni pomiędzy urządzeniami, budynkami itp., czy też wewnątrz budynków, laboratoriów; zapłon i wybuch gazów palnych zmieszanych z powietrzem atmosferycznym w zamkniętych pomieszczeniach powoduje powstanie nadciśnienia rzędu 8 barów. Redukcję tego ciśnienia można uzyskać przez zastosowanie celowo osłabionych przegród (ścian, okien, membran) i zaworów bezpieczeństwa lub zaworów zrzutowych.

Zapobieganie zagrożeniom w laboratoriach badawczych badających gazy palne

W celu zapobieżenia niekontrolowanemu wyciekowi gazów palnych (w tym LPG) i ich skutkom, w laboratoriach badawczych należy przedsięwziąć następujące działania:

- stosować podwójne zabezpieczenia (dodatkowe zawory, ograniczniki niekontrolowanego wypływu) na potencjalnych źródłach emisji, ograniczające wpływ gazu z pojemnika w przypadku jego awarii,
- stosować wyciągi miejscowe połączone z czujką par/gazów, która powoduje włączenie II biegu wentylatora (tzn. zwiększenie jego wydajności),
- potencjalne źródło emisji powinno znajdować się jak najbliżej wentylatora („wyrzutni” par),
- stosowanie układów odcinających zasilanie wszystkich urządzeń w pracowni (z wyjątkiem wentylatorów i oświetlenia awaryjnego) w przypadku wystąpienia emisji gazu powyżej 0,1% DGW,
- czujki par/gazu należy umieszczać jak najbliżej ewentualnego źródła emisji palnych par/gazów – stosując zasadę: źródło ewentualnej emisji jest bliżej czujki par niż potencjalne źródła zapłonu (najlepszym rozwiązaniem byłoby, aby czujka par znajdowała się pomiędzy źródłem emisji a potencjalnym źródłem zapłonu),
- w przypadku jednoczesnego lub naprzemiennego używania gazów palnych lżejszych od powietrza i cięższych od powietrza stosować dolne i górne (czujki par lub gazów) systemy bezpieczeństwa. Należy także dążyć do rozdzielania obydwu rodzajów laboratoriów, w celu usystematyzowania ciągów wentylacyjnych w taki sposób, aby jeden nie zakłócał pracy drugiego,
- w szczególnie niebezpiecznych strefach lub miejscach, w których zgromadzono większą ilość butli z gazami (magazyny, szafy z gazami itp.) należy rozważyć celowość zastosowania instalacji zraszającej lub zamgławiającej, której zadaniem byłoby schładzanie butli z gazem podczas pożaru,
- unikać kierowania wyrzutu par LPG na ciągi komunikacyjne i drogi (w chwili wyrzutu par LPG, na drodze może stać samochód lub mogą nią przechodzić ludzie),
- ograniczać możliwość rozprzestrzeniania się po budynku palnych par i gazów,
- w przypadku, gdy nie ma możliwości umieszczenia laboratoriów LPG w osobnym budynku, umieszczać te laboratoria na najniższej kondygnacji powyżej poziomu terenu (po uprzedniej pozytywnej opinii p. poź. uprawnionych instytucji/organów),
- stosować takie rozwiązania organizacyjne pracy, aby w przypadku niedyspozycji pracownika (np. jego obniżonej percepcji, zasłabnięcia itp.) zapobiec możliwości zainicjowania wybuchu lub emisji gazu,
- prowadzić szkolenia BHP z zakresu użytkowania gazów palnych, stref zagrożenia wybuchem i wymagań technicznych odnośnie stosowanego sprzętu. Zdobytą wiedzę

- należy utrwalić dodatkowymi szkoleniami dla pracowników laboratoriów (szkolenia doskonalące p. poz.),
- bezwzględnie stosować zalecane środki bezpieczeństwa w wyznaczonych strefach,
- maksymalnie eliminować potencjalne źródła zapłonu w laboratoriach. Wszelkiego rodzaju gniazdka, zasilacze, przedłużacze, komputery, transformatory oraz gniazda telefoniczne należy przenieść w miejsca, gdzie nie istnieje niebezpieczeństwo gromadzenia się par lub gazów palnych. Montowane gniazdka elektryczne należy umieszczać jak najdalej od potencjalnego źródła emisji gazów, LPG, par paliw ciekłych i gazów lżejszych od powietrza. Wszędzie gdzie to możliwe należy dążyć do stosowania instalacji Ex oraz ograniczać użytkowanie urządzeń w wykonaniu nieodpowiadającym tym wymaganiom,
- likwidować niesprawne lub nieużywane elementy instalacji i aparatów, usuwać butle z gazami technicznymi (w szczególności z gazami palnymi i tlenem) z dróg komunikacyjnych laboratorium, stosować drogi komunikacyjne zgodnie z nowymi przepisami p. poz. i BHP,
- w laboratoriach badających LPG stosować instalację nawiewno-wywiewną, wyciąg oddolny par oraz nawiew górny. W przypadku awarii lub zapłonu par/wybuchu, zastosowanie takiego rozwiązania zapobiega zassaniu drzwi i okien,
- w laboratoriach badających gazy palne lżejsze od powietrza należy dbać o sprawność wentylacji grawitacyjnej i dodatkowej wentylacji mechanicznej (wyciąg odgórny par, nawiew dolny),
- stosować drzwi otwierane na zewnątrz. Podmuch otwiera drzwi, a osoba, która pod nimi zasłabnie nie zablokuje ich. Pomędzy laboratorium a pozostałymi pomieszczeniami stosować drzwi pełne (bez szyb), zapewniające chociaż minimalną ochronę innych pomieszczeń przed podmuchem i/lub pożarem,
- stosować klamki o zwartej budowie, a nie klamki wieloelementowe (pewny uchwyt, nie zacinający się zamek) lub zamknięcia przeciwpanikowe (o ile jest to możliwe),
- w miarę możliwości należy stosować alternatywne drogi ucieczki (drugie drzwi lub okno na niskim parterze).

Podsumowanie

Mając na uwadze ryzyko związane z pracą w laboratoriach należy pamiętać, że brak występowania stref zagrożenia wybuchem nie eliminuje niebezpieczeństwa powstania pożaru. Oprócz tego istnieje także niebezpieczeństwo wystąpienia nieprzewidzianych awarii (np. rozszczelnienia się 11-kilogramowych butli – w przypadku używania w laboratorium mieszaniny propan-butan – tzw. „gazu butlowego”). Tego rodzaju awaria jest szczególnie niebezpieczna gdy w laboratorium następuje zmiana rodzaju używanego do celów analityczno-grzewczych gazu palnego. Przejście z użytkowania gazu ziemnego na propan-butan powinno wiązać się przynajmniej ze zmianą rodzaju wentylacji: wywiewu (wyciągu) górnego – przy gazie ziemnym, na wywiew (wyciąg) dolny – przy mieszaninie propan-butan. O zasadzie tej zapomina się lub odsuwa się ją na dalszy plan – zwłaszcza, że wiąże się to z dodatkowymi kosztami.

Ponadto należy mieć świadomość, że każde urządzenie może ulec awarii – jest to tylko kwestią czasu i warunków pracy urządzeń. W przypadku urządzeń elektrycznych przy-

czyną awarii może być ich przegrzanie lub nawet pożar – zwłaszcza wówczas, gdy urządzenie było eksploatowane w trudnych warunkach, sprzyjających powstawaniu wilgotnego nalotu soli, pyłów lub innych substancji przewodzących prąd. Z tego powodu należy izolować sprzęt komputerowy od urządzeń wykonawczych oraz eksploatować urządzenia elektryczne stosując się do odpowiednich przepisów. Istnieje także potrzeba prowadzenia ciągłych szkoleń personelu, aby był on świadomy istniejących zagrożeń.

Ze względu na wysoką łatwopalność i wybuchowość mieszanin gazowo-powietrznych, podczas projektowania laboratoriów oraz w trakcie prowadzenia w nich późniejszych badań należy zwrócić szczególną uwagę na warunki BHP. Przy zakupie nowych urządzeń należy rozważyć, czy samo wstawienie urządzenia do laboratorium – oprócz względów estetycznych i ergonomicznych – będzie także wystarczające dla zapewnienia bezpieczeństwa na stanowisku pracy. Wszystkie te aspekty funkcjonowania laboratoriów są szczególnie istotne przy wykonywaniu badań dużej ilości próbek substancji łatwopalnych.

Artykuł nadesłano do Redakcji 18.01.2011 r. Przyjęto do druku 28.04.2011 r.

Recenzent: dr Michał Krasodomski, prof. INiG

Literatura

- [1] Dyrektywa 94/9/EU ATEX95 Parlamentu Europejskiego i Rady (z dnia 23.03.1994 r.) w sprawie zbliżenia ustawodawstw państw członkowskich dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – obowiązująca w krajach UE od 1.07.2003 roku.
- [2] Dyrektywa 99/92/EC ATEX137 (z dnia 16.12.1999 r.) w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa.
- [3] Dz.U. z 2010 nr 109, poz., 719 – Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r., w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.
- [4] Karta charakterystyki niebezpiecznej substancji chemicznej – *Etyl (acetylen) rozpuszczony*, Linde Gas, 18.12.2001 r.
- [5] Karta charakterystyki niebezpiecznej substancji chemicznej – *Wodór sprężony*, Linde Gas, 18.12.2001 r.
- [6] Karta charakterystyki preparatu niebezpiecznego – *Mieszanka B*, PKN ORLEN S.A., 2004, 2005.
- [7] Karta charakterystyki preparatu niebezpiecznego – *Mieszanka propan-butan*, BAŁTYKGAZ, 28.08.2009 r.
- [8] Karta charakterystyki substancji niebezpiecznej – *Gaz ziemny w sieciach przesyłowych i dystrybucyjnych*, PGNiG S.A., 31.05.2008 r.
- [9] Karta charakterystyki substancji niebezpiecznej i preparatu niebezpiecznego – *Gaz ziemny*, INiG, przegląd, 31.07.2006.
- [10] Mohd Saifol Bin Ishak: *Determination of explosion parameters of LPG – air mixtures in the closed vessel*, a thesis submitted in fulfillment of the requirements for the award of the degree of Bachelor of Chemical Engineering (Gas Technology) Faculty of Chemical & Natural Resources Engineering University Malaysia Pahang; November 2008.
- [11] PN-92/E-05200 *Ochrona przed elektrycznością statyczną – Terminologia*.
- [12] PN-92/E-05201 *Ochrona przed elektrycznością statyczną – Metody oceny zagrożeń wywołanych elektryzacją materiałów dielektrycznych stałych – Metody oceny zagrożenia pożarowego i/lub wybuchowego*.
- [13] PN-92/E-05202 *Ochrona przed elektrycznością statyczną – Bezpieczeństwo pożarowe i/lub wybuchowe – Wymagania ogólne*.
- [14] PN-92/E-05203 *Ochrona przed elektrycznością statyczną – Materiały i wyroby stosowane w obiektach oraz strefach zagrożonych wybuchem – Metody badania oporu elektrycznego właściwego i oporu upływu*.
- [15] PN-E-05204:1994 *Ochrona przed elektrycznością statyczną – Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń – Wymagania*.
- [16] PN-EN 1149-1:1999 *Odzież ochronna – Właściwości elektrostatyczne – Rezystywność powierzchniowa (Metody badania i wymagania)*.
- [17] PN-EN 61340-4-3:2002 *Elektryczność statyczna – Część 4–3: Znormalizowane metody do określonych zastosowań – Obuwie*.
- [18] PN-EN 61340-5-1:2002 *Elektryczność statyczna – Część 5–1: Ochrona przed elektrycznością statyczną przyrządów elektronicznych – Wymagania ogólne*.
- [19] PN-IEC 61340-4-1:2000 *Elektryczność statyczna – Znormalizowane metody badań do określonych zastosowań – Właściwości elektrostatyczne wykładzin podłogowych i gotowych podłóg*.
- [20] Rozporządzenie Ministra Gospodarki (z dnia 22.12.2005 r.) w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – obowiązujące w Polsce od 1.01.2006 r.
- [21] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej (z dnia 29.05.2003 r.) w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa – obowiązujące w Polsce od 25.07.2003 r.

Mgr inż. Bogusław HADUCH – starszy specjalista badawczo-techniczny, kierownik Biura Kontroli w Pionie Technologii Nafty INiG. Zajmuje się tematyką związaną z technologią produkcji i jakością paliw oraz bezpieczeństwem ich użytkowania. Od ponad 10 lat zajmuje się opracowywaniem bezpiecznych metod zabezpieczania wiarygodnych i reprezentatywnych próbek produktów naftowych oraz wykrywaniem metod i technologii fałszowania ciekłych paliw silnikowych.