

Bogusław Haduch, Beata Altkorn
Institut Nafty i Gazu, Kraków

Bezpieczeństwo funkcjonalne w laboratoriach wykonujących badania jakościowe LPG

Wprowadzenie

Bezpieczeństwo funkcjonalne to dziedzina inżynierii, zajmująca się zapobieganiem zagrożeniom poprzez odpowiednio zaprojektowane zabezpieczenia o ściśle określonych funkcjach. Zaprojektowana funkcja musi być precyzyjnie pełniona w ściśle określonych warunkach realnego zagrożenia i w określonym czasie. Od precyzji tego działania zależy bezpieczeństwo ludzi, aparatury, pomieszczeń, budynków i środowiska.

Celem niniejszej publikacji jest przybliżenie laboratoriom chemicznym zagadnień bezpieczeństwa funkcjonalnego na przykładzie analizy przyczyn i skutków pewnego zdarzenia. Laboratorium przestrzegało przepisów

BHP i p.poż., a mimo to zdarzył się wypadek, którego można było uniknąć, gdyby zastosowano zasady i narzędzia bezpieczeństwa funkcjonalnego. Bezpieczeństwo funkcjonalne jest stosowane w zakładach produkcyjnych, na lotniskach, w terminalach przeładunkowych i w innych miejscach, gdzie potencjalnie mogą wystąpić różnego rodzaju zagrożenia. Laboratoria stosują je rzadko, co jest błędem. Służby BHP laboratoriów powinny w większym stopniu zgłębić zagadnienia bezpieczeństwa funkcjonalnego i wraz z całym personelem laboratorium i służbami pomocniczymi (o ile takie występują) stosować zasady bezpieczeństwa funkcjonalnego.

Zdarzenie

Pomieszczenie laboratoryjne składało się z dwóch części: laboratoryjnej, zawierającej wyłącznie analizator siarki i digestorium oraz części biurowej. Oba pomieszczenia miały oddzielne drzwi wyjściowe na korytarz oraz były połączone przejściem z drzwiami. Analizator siarki wraz z przystawką do badania LPG instalował serwis producenta. Próbka LPG znajdowała się w próbniku dwuzaworowym, stanowiącym własność klienta. Po wykonaniu oznaczenia laborantka zakreśliła starannie do oporu zawór dolny próbnika LPG i – jak zawsze – odłączyła szybkołączące pomiędzy przystawką do poboru LPG a próbnikiem. W tym momencie z próbnika wypłynął strumień LPG pod ciśnieniem i trafił na piec analizatora, rozgrzany do temperatury ok. 2000°C, i w mgnieniu oka zamienił się obłok dymu i ognia, który zgromadził się w pierwszej chwili pod sufitem. Na skutek opróżnienia próbnika, strumień LPG wypalił się i zgasł. Pomieszczenie laboratoryjne zostało

całkowicie zniszczone, gdyż w wyniku działania ognia nastąpiło znaczne uszkodzenie lamp i sufitu, a wszystkie elementy z tworzyw sztucznych uległy stopieniu. Stopiła się również aparatura badawcza. Pożaru, jako takiego, nie było. Na zdjęciach przedstawiono, jak wyglądał analizator siarki po zdarzeniu. Pomijając względy materialne, powstało zagrożenie dla życia człowieka. Wystarczył ok. 1 litr LPG – tak niewiele, aby całkowicie zniszczyć pomieszczenie laboratorium i nieodwracalnie uszkodzić aparaturę badawczą.

Kto zawinił: procedury, próbnik (zawór), badany czynnik (LPG), człowiek czy nieszczęśliwy zbieg okoliczności?

Jak wykazało późniejsze badanie próbnika w Laboratorium Transportowego Dozoru Technicznego, z krawędzi wewnętrznej części dolnego zaworu próbnika, skutkiem niestarannej obróbki i długotrwałego używania, nastąpiło rozpozienie gwintu w zaworze i oderwał się długi wiór me-



Zdjęcie nr 5730 Zdjęcie nr 5716

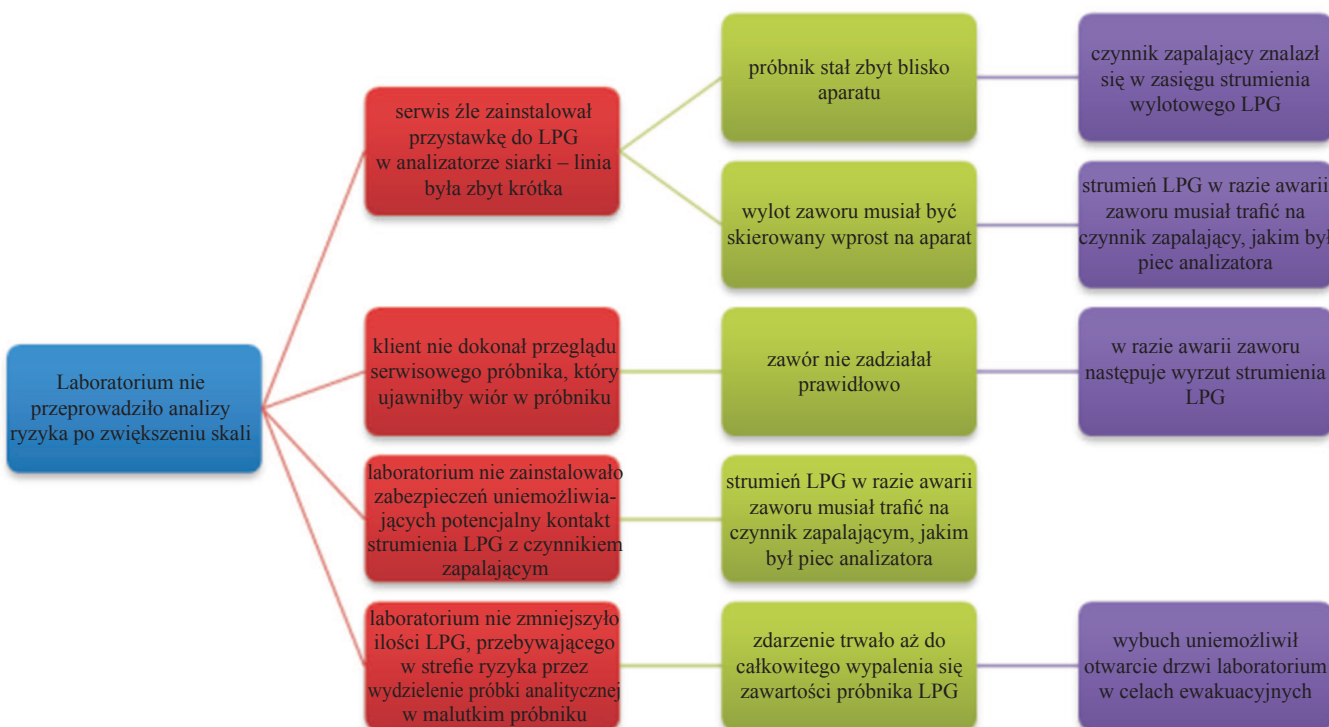
Fot. 1. Spalony analizator siarki

talowy, który wkręcił się w zawór, powodując jego blokadę. Zawór pozornie był zamknięty, ponieważ został zakręcony do oporu, podczas gdy w rzeczywistości pozostawał otwarty. Serwis producenta zainstalował przystawkę do LPG do aparatu na bardzo krótkiej linii doprowadzającej, co powodowało, że próbnik LPG musiał stać blisko aparatu, a wylot dolnego zaworu był skierowany w stronę aparatu. Z perspektywy czasu widać, że w razie nieprawidłowości działania zaworu strumień LPG **musiał** paść na rozgrzany piec analizatora, a to – jak zapalniczka – spowodowało zapłon. Maksyma, że mądry Polak po szkodzie, doskonale sprawdziła się w tym przypadku.

Na rysunku 1 przedstawiono ciąg zdarzeń, który doprowadził do wypadku.

Co zrobić, aby uniknąć takich zdarzeń? Może należy inaczej niż dotychczas spojrzeć na problem bezpieczeństwa pracy w laboratorium? Najważniejsze jest bezpieczeństwo ludzi, które warto jest każdej cenie i chwili refleksji.

Należy okresowo oraz zawsze w zmieniających się warunkach i zasadach pracy laboratorium przeprowadzać analizę ryzyka, stosując system HAZOP *Analiza zagrożeń i zdolności operacyjnych automatyki (Hazard and Operability Analysis – HAZOP)* oraz norm PN-EN 61511, PN-EN 61508.



Rys. 1. Siatka ciągu zdarzeń, które doprowadziły do wypadku w laboratorium INiG

Specyfika pracy laboratorium

Laboratoria badawcze – zagrożenia typowe dla zmiany skali i przebrązowienia

Laboratoria w toku swojej pracy mogą być dostosowywane do spełnienia różnych potrzeb, wynikających z aktualnie realizowanych prac i usług laboratoryjnych. Zwłaszcza duże ryzyko występuje w tych laboratoriach, w których przedmiotem badań lub materiałem pomocniczym są substancje łatwopalne i/lub stwarzające potencjalne ryzyko wystąpienia wybuchu. Profil ich działalności oraz wyposażenie mogą ulegać zmianie, zależnie od aktualnych potrzeb na rynku usług laboratoryjnych. Wobec powyższego, laboratoria rzadko są projektowane i urządzane całościowo i jednorazowo z przeznaczeniem dla badania substancji łatwopalnych i stwarzających zagrożenie wybuchem. Najczęściej zmiany w laboratorium mają charakter ewolucyjny, a rozmieszczenie aparatury w pomieszczeniach i system zapewnienia bezpieczeństwa wynika z dotychczasowej działalności laboratorium. Ta część działalności, która dotąd była marginalna, może nieoczekiwanie stać się jednym z głównych jej nurtów. Na przykład – laboratorium X badało gaz ziemny (metan) jedynie sporadycznie, choć było do tego przygotowane aparaturowo, nieoczekiwanie zawarto duży kontrakt na tego typu badania i ich skala z dnia na dzień gwałtownie wzrosła. Jednak rozmieszczenie aparatury, nawyki pracowników i nacisk na BHP pozostał adekwatny do poprzedniej rzeczywistości w laboratorium, podczas gdy ryzyko gwałtownie wzrosło. Inwestycje aparaturowe wiążą się również z brakiem dodatkowych nakładów na BHP na etapie zakupu, a zmiany w tym zakresie są „przekładane na później”, kiedy „aparat na siebie zarobi”.

Przy organizowaniu pracy 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:

- *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów,*
- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – obowiązujące w Polsce od 1 stycznia 2006 r.,*
- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki*

Spółecznej 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 – obowiązujące w Polsce od 25 lipca 2003 r.

W sytuacji gwałtownej zmiany skali badań potencjalnie niebezpiecznych dotychczas stosowane rozwiązania organizacyjne w laboratorium przestają wystarczać, a – z pozoru drobne niedogodności – stają się uciążliwe. Pojawiają się niebezpieczeństwa typowe dla przemysłu, to jest:

- zagrożenia pożarowe lub nawet zagrożenie wybuchem,
- monotonia, monotypia.

Właściwości próbek są bliższe warunkom rzeczywistym, np. próbki LPG zawierają zanieczyszczenia mogące spowodować awarie sprzętu, niedrożność linii doprowadzających i zaworów.

Postrzeganie niebezpieczeństwa przez ludzi

Każdy człowiek inaczej ocenia stan zagrożenia, tak jak różnie ocenia rzeczywistość i ma różnorakie potrzeby. Dlatego, przy ocenie stanu zagrożeń należy powoływać szeroki zespół specjalistów, co umożliwi dyskusyjne i obiektywne spojrzenie, a następnie – wypracowanie odpowiedniego raportu na temat zagrożeń występujących na szeroko pojętym stanowisku pracy, jakim jest niewątpliwie laboratorium.

Przy ocenie zagrożeń i wyborze drogi osiągnięcia sukcesu w laboratorium wydaje się, że lepszym rozwiązaniem jest stosowanie analogii pochodzących z pokrewnego przemysłu cywilnego niż procedur wypracowanych przez wojsko, ze względu na inne priorytety (rysunek 2). Podstawowym obowiązkiem laboratorium nie jest wykonanie zlecenia za wszelką cenę i w każdych warunkach, ale zapewnienie swoim pracownikom zabezpieczeń przed potencjalnym zagrożeniem i zmniejszenie ryzyka jego wystąpienia tak, aby – w chwili jego nieoczekiwanego pojawienia się – zabezpieczenia te skutecznie zadziałały.



Priorytet wojskowy:

wykonać zadanie przy możliwie małych stratach



Priorytet cywilny:

"dożyć w zdrowiu i szczęściu do emerytury i dalej"

Identyfikacja zagrożeń występujących przy pracach z LPG

Najczęstszym niebezpieczeństwem powstającym przy operowaniu gazami palnymi jest ryzyko pożaru i/lub wybuchu. Czynniki niezbędne do zainicjowania wybuchu/pożaru to:

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

Pierwsze dwa czynniki muszą wystąpić w odpowiedniej, ściśle określonej proporcji. Czynniki trzeci powinien wykazać odpowiednio wysoką energię inicjującą zapłon danej mieszaniny wybuchowej/palnej. Te zagrożenia istnieją w świadomości osób oceniających niebezpieczeństwo, jednakże znalezienie powiązań pomiędzy poszczególnymi czynnikami następcza często olbrzymie trudności. Od podobnych obciążeń nie są też wolni producenci sprzętu i urządzeń stosowanych w laboratoriach.

Przykładowe sposoby rozumowania

Konstruktorzy (np. zaworów) – uważają, że ich urządzenie będzie zawsze sprawne – nic nie może się zepsuć w zaworze, ponieważ pracuje on z gazem pozbawionym zanieczyszczeń (takie podejście całkowicie pomija błędy wykonania, niekompatybilność materiałów i wynikające stąd zacięcia oraz nieszczelności);

Sprzedawcy – mówią tylko o zaletach i wszechstronności zastosowań urządzenia, elementu wyposażenia lub aparatu. Ich zdaniem – zawór nadaje się do wszystkiego, byle kierunek przepływu gazu (obojętnie, czy czystego, czy brudnego) był zgodny z rysunkiem w katalogu, bezpieczny montaż aparatu nie jest ich problemem;

Użytkownicy (np. chemicy) – ufają, że sprzedawcy wiedzą, co oferują, więc nic im (użytkownikom) nie grozi.

Każdy interesuje się „swoją działką” i nie przejmuje się niefrasobliwością innych.

Każdy z nich potrafiłby zidentyfikować zagrożenia, gdyby się spotkali, wówczas wymiana spostrzeżeń pomiędzy nimi miałaby inny charakter niż tylko procedura reklamacji.

Razem mogliby stworzyć instrukcję bezpiecznego użytkowania i konserwacji w różnych warunkach działania urządzenia, lecz najczęściej problem jest ignorowany lub traktowany następująco: „...20 lat oferowane jest takie rozwiązanie, nic się dotąd nikomu nie stało (czas to zweryfikował), zapewne dalej tak będzie...”

Skutek takiego rozumowania widać na rysunku 1 – serwis producenta aparatu zainstalował przystawkę do LPG na zbyt krótkiej linii i w sposób, który umożliwiał pracę wyłącznie z zaworem wylotowym skierowanym w stronę aparatu, co spowodowało powstanie ogromnego zagrożenia, nad którym nikt w laboratorium ani w dziale BHP się nie zastanawiał, bo (...) *skoro serwis tak zainstalował, to widocznie musi tak być, bo zrobił to fachowo i zna się na tym najlepiej...* Prawda okazała się zupełnie inna.

Jaką analizę ryzyka powinno przeprowadzić laboratorium?

W ramach zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonalnego użytkownika każdego aparatu lub urządzenia, w którym jest zgromadzony LPG (np. analizatora siarki w LPG, do którego podłączony jest na czas badania próbnik LPG, będący przenośnym urządzeniem ciśnieniowym, zawierającym upłynniony gaz), należy uzyskać odpowiedź na następujące pytania:

- Jaka energia wystarcza do zapłonu mieszaniny paliwowo-powietrznej?
- Co może wydzielić taką energię, czy znam wszystkie takie źródła?
- Ile potrzeba paliwa, aby wyrządzić mierzalną, istotną dla zdrowia, szkodę w przypadku zapłonu mieszanki paliwowo-powietrznej; w którą stronę skierować strumień ciepła, aby to nie nastąpiło?
- Czy urządzenie może ulec awarii w danych warunkach eksploatacji; czy istnieje jakiś szczególny czynnik to powodujący?
- Jaka jest trwałość urządzenia i odporność jego mechanicznych części na wpływ warunków zewnętrznych (zanieczyszczeń, pyłu itp.) i czystość przechowywanego LPG?
- Czy nasza wiedza jest wystarczająca, by zadać pytanie na temat każdego elementu wchodzącego w skład urządzenia?
- Czy to są wszystkie pytania, które należałoby zadać?
- Czy jesteśmy w stanie dać wyczerpującą odpowiedź na pytania postawione przez osoby współoceniające ryzyko i czy są one od nas w jakiś sposób zależne, a zatem potencjalnie nieobiektywne?

Jeśli którakolwiek z odpowiedzi na ww. pytania budzi wątpliwości, to jest to sygnał, że nasza ocena zagrożeń powinna zostać zweryfikowana przez jakiś niezależny zespół według bardziej ostrej niż nasza procedury. Takie procedury/rozwiązania opisane są np. w normach serii PN-EN 61511 i PN-EN 61508.

Przykładowe rozwiązania problemu

Przyrządowe systemy bezpieczeństwa są stosowane od wielu lat w celu wykonywania przyrządowych funkcji bezpieczeństwa w przemysłach procesowych. Jeśli oprzyrządowanie ma być stosowane skutecznie, jest konieczne, aby osiągnęło ono pewne minimalne standardy.

- Norma PN-EN 61511 dotyczy zastosowania przyrządowych systemów bezpieczeństwa w przemysłach procesowych. Dotyczy ona również interfejsów pomiędzy przyrządowymi a innymi systemami bezpieczeństwa w celu przeprowadzenia oceny zagrożeń i ryzyka procesu. Przyrządowy system bezpieczeństwa zawiera czujniki, jednostki logiczne i elementy końcowe.
- Norma PN-EN 61511 dotyczy także czujników i elementów końcowych przyrządowych systemów bezpieczeństwa, bez względu na stosowane techniki. Niniejsza Norma Międzynarodowa jest szczególną normą dotyczącą przemysłu procesowego w ramach serii norm IEC 61508.

W większości sytuacji bezpieczeństwo najlepiej osiąga się za pomocą projektowania procesu wewnętrznie bezpiecznego, który – jeżeli jest to niezbędne – musi być powiązany z pewną liczbą systemów zabezpieczeń wykorzystujących różne techniki (np. chemiczną, mechaniczną, hydrauliczną, pneumatyczną, elektryczną, elektroniczną, termodynamiczną, elektroniczną programowalną), które umożliwiają uporanie się z każdym zidentyfikowanym ryzykiem resztkowym. Każda strategia zapewnienia bezpieczeństwa uwzględnia wszelkie indywidualne przyrządowe systemy bezpieczeństwa w powiązaniu z innymi systemami zabezpieczeń.

W celu ułatwienia tego podejścia norma PN-EN 61511:

- wymaga, aby przeprowadzono ocenę zagrożeń i ryzyka w celu zidentyfikowania całkowitych wymagań bezpieczeństwa;
- wymaga, aby przypisano wymagania bezpieczeństwa do funkcji bezpieczeństwa i przyporządkowanych systemów bezpieczeństwa – takich jak przyrządowe systemy bezpieczeństwa;
- funkcjonuje w ramach schematu, który jest stosowany do wszystkich przyrządowych metod uzyskiwania bezpieczeństwa funkcjonalnego;
- wyszczególnia zastosowanie określonych czynności – takich jak zarządzanie bezpieczeństwem, które można zastosować do wszystkich metod osiągnięcia bezpieczeństwa funkcjonalnego.

Norma PN-EN 61511 dotycząca przyrządowych systemów bezpieczeństwa do przemysłu procesowego:

- odnosi się do wszystkich faz cyklu życia bezpieczeństwa, od początkowej koncepcji przez projekt, implementację, pracę i obsługę do wyłączenia z eksploatacji,
- umożliwia zharmonizowanie z niniejszą normą istniejących i nowych szczególnych norm krajowych dotyczących przemysłu procesowego.

Przedstawione w normach rozwiązania mogą być z powodzeniem implementowane w systemach o mniejszej skali, jakimi są laboratoria badawcze. Na rysunku 3 pokazano warstwy zabezpieczeń procesu badań jakościowych LPG w ujęciu zapisów normy PN EN 61511.



Rys. 3. Warstwy zabezpieczeń procesu badań LPG w ujęciu zapisów normy PN EN 61511

Odpowiedź awaryjna zakładu to procedury ewakuacyjne, ratownicze, poawaryjne, działania zapobiegawcze itp.

Ograniczanie zagrożenia to:

- mechaniczne systemy ograniczające (mechaniczna wentylacja stanowiskowa, zdublowane zawory odcinające),
- przyrządowe systemy bezpiecznego sterowania (stosowanie odmiennych złączek uniemożliwiających pobranie do badań próbki gazu zanieczyszczonego),
- przyrządowe systemy ograniczające nadzór operatorski (tworzenie automatycznych systemów alarmowania, wentylacji, wyłączenia zasilania aparatu i systemu gaśniczego bez konieczności zadziałania operatora-badacza).

Zapobieganie to mechaniczne systemy zapobiegające (dodatkowe zawory śluzy), elektroniczne czujniki wycieku, alarmy.

Sterowanie i monitorowanie to:

- nadzór operatorski badacza (świadomość zagrożeń),
- systemy sterowania analizatorów.

Przykładowe rozwiązania problemu, jakim jest zapobieganie zagrożeniom w laboratoriach badawczych badających LPG

W celu zapobiegania niekontrolowanemu wyciekowi gazów palnych (w tym LPG) i ich skutkom należy zastosować w laboratoriach badawczych następujące środki:

- stosować podwójne zabezpieczenia (dodatkowe zawory, ograniczniki niekontrolowanego wypływu) na potencjalnych źródłach emisji, ograniczające wypływ gazu z pojemnika w przypadku jego awarii,
- stosować wyciągi miejscowe połączone z czujką par/gazów, która powoduje włączenie II-go biegu wentylatora (tzn. zwiększenie jego wydajności),
- potencjalne źródło emisji powinno znajdować się jak najbliżej wentylatora („wyrzutni” niebezpiecznych par),
- stosować układy odcinające 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 sposób taki, aby jeden nie zakłócał pracy drugiego,
- w szczególnie niebezpiecznych strefach lub miejscach, w których zgromadzono większą liczbę 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.poż. 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.poż.),
- 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 gniazda elektryczne należy umieszczać jak najdalej od potencjalnego źródła emisji gazów, LPG, par paliw ciekłych i gazów lżejszych od powietrza. Wszędzie, gdzie jest to możliwe, trzeba dążyć do stosowania instalacji Ex oraz ograniczać użytkowanie urządzeń w wykonaniu zadań nieodpowiadających 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.poż. 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. Pomiedzy 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, niezacinający się zamek) lub tzw. zamknięcia przeciwpanikowe (jeśli to możliwe),
- tam, gdzie jest to możliwe, należy stosować alternatywne drogi ucieczki (drugie drzwi lub okno na niskim parterze).

Podsumowanie

- Jeden człowiek nie jest w stanie w pełni ocenić zagrożeń powstających na styku wielu dziedzin (np. mechaniki, elektrotechniki/elektroniki, chemii).
- Przeglądy techniczne powinny dotyczyć wszystkich elementów będących składnikami systemu (wyposażenia, „instalacji”).
- Instrukcje stanowiskowe powinny przewidywać procedurę oceny sprawności urządzenia przez obsługującego i dalsze jego postępowanie.
- Należy wybierać rozwiązania sprawdzone w dziedzinach bliskich ocenianym – choć nie ma rozwiązań idealnych.
- Rozwiązania z przemysłu sprawdzają się również w niskim laboratorium.
- Lepiej zapobiegać niż dochodzić po fakcie, co jest przyczyną wypadku.
- Bezpieczeństwo funkcjonalne powinno być przedmiotem dyskusji pomiędzy laboratoriami (POLLAB).

Literatura

- [1] PN-EN 61508-7:2010 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 3: Wymagania dotyczące oprogramowania.*
- [2] PN-EN 61508-7:2010 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 6: Wytyczne do stosowania IEC 61508-2 i IEC 61508-3.*
- [3] PN-EN 61508-7:2010 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 7: Przegląd technik i miar.*
- [4] PN-EN 61508-7:2010 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 1: Wymagania ogólne.*
- [5] PN-EN 61508-7:2010 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 2: Wymagania dotyczące elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem.*
- [6] PN-EN 61508-7:2010 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 4: definicje i skróty.*
- [7] PN-EN 61508-7:2010 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem. Część 5: Przykłady metod określania poziomów nienaruszalności bezpieczeństwa.*
- [8] PN-EN 61511-1:2007 *Bezpieczeństwo funkcjonalne. Przemysłowe systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego. Część 1: Schemat, definicje, wymagania dotyczące systemu, sprzętu i oprogramowania.*
- [9] PN-EN 61511-1:2008 *Bezpieczeństwo funkcjonalne. Przemysłowe systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego. Część 2: Wytyczne do stosowania IEC 61511-1.*

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 zabezpieczenia wiarygodnych i reprezentatywnych próbek produktów naftowych oraz wykrywaniem metod i technologii fałszowania ciekłych paliw silnikowych.



Dr inż. Beata ALTKORN – adiunkt, kierownik Zakładu Analiz Naftowych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie, autor wielu norm z zakresu badania produktów naftowych i biopaliw. Autor projektów badawczych, specjalista w zakresie uregulowań prawnych związanych z produktami naftowymi oraz autor ekspertyz z zakresu metod badań paliw silnikowych.