

# Struktury na rzecz bezpieczeństwa

## W bezpieczeństwie – czas liderów

Poziom bezpieczeństwa technicznego w firmach jest jednym z najważniejszych, choć nader często niedocenianych czynników wpływających na konkurencyjność podmiotów gospodarczych. Od tego, jaką świadomość tego faktu mają liderzy gospodarczy, szefowie firm, decydenci i właściciele, zależy jaki poziom będzie miało bezpieczeństwo techniczne w praktyce.

Bezpieczeństwo w przemyśle obejmujące zarówno aspekty bezpieczeństwa osób, jak i procesów oraz infrastruktury (w tym cyberbezpieczeństwo), jak również bezpieczeństwo otoczenia i środowiska, jest zagadnieniem niesłychanie złożonym. Tylko dobrze przygotowany i zdeterminowany, kompetentny lider potrafi odnaleźć jego wiodącą rolę w zapewnieniu konkurencyjności przedsiębiorstwa.

Dowodzą tego zarówno wyniki badań najlepszych światowych ośrodków, grup inżynierskich i naukowych, jak i praktyka życia gospodarczego, również w Polsce. Dzięki wielu wcześniejszym działaniom można potwierdzić, iż wiodące polskie firmy i grupy przemysłowe wdrożyły bądź wdrażają kompleksowe działania związane z ograniczeniem ryzyk technicznych w swoich obszarach aktywności gospodarczej. Najnowsze projekty mniejszych lub większych inwestycji uwzględniają zadania analizy i oceny bezpieczeństwa procesowego, stosują zasady i rozwiązania bezpieczeństwa funkcjonalnego, dbają o właściwą instalację i eksploatację środków redukcji ryzyka.

Rolę zaawansowanych metod analizy i oceny ryzyka w zapewnieniu bezpieczeństwa potwierdzają zarówno zmiany prawa na poziomie europejskim (dyrektywa SEVESO III, dyrektywa ATEXn), jak i szereg norm branżowych (np. dotyczących klasyfikacji stref gazowych). Rola liderów bezpieczeństwa, którzy potrafią wdrażać z sukcesem te nowości, jest widoczna w trakcie różnego rodzaju konferencji, debat i dyskusji nad efektywnością systemów gospodarczych. Widać ją bardzo wyraźnie w realizowanych inwestycjach i projektach. Niektóre z nich przedstawiamy w tym wydaniu. Oto jedna z najlepszych dróg budowania konkurencyjności naszych firm.

Każdy z nas we własnym zakresie odpowiedzialności powinien być liderem, dążąc do wykonania swoich obowiązków i wspierania innych członków zespołów, do dostrzegania nowych zadań i ich rozwiązywania w sposób, który wynika z najlepszych praktyk inżynierskich.

To naprawdę wielkie, ważne zadania: **bezpieczeństwo, które chroni i tworzy wartości!**

Ireneusz Rogala  
Redaktor naczelny

29 sierpnia 2016

Magazyn Ex nr 1/2016 (35)

ISSN 1895 - 9830

### Wydawca

Automatic Systems Engineering Sp. z o.o.

### Adres redakcji

80-557 Gdańsk, ul. Narwicka 6

tel.: 58 520 77 66/67

redakcja@magazynex.pl

www.magazynex.pl

### Rada programowa

Dariusz Jachowicz – ASE Sp. z o.o.

Prof. Paweł Krzystolik – GIG

Prof. Kazimierz Kosmowski – WEiA PG

Dr inż. Michał Górny – GIG

Jerzy Kolloch – PKN Orlen S.A.

Stanisław Nowak – Grupa LOTOS S.A.

Ireneusz Rogala – ASE Sp. z o.o.

### Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny:

Ireneusz Rogala

Redaktor prowadzący:

Grzegorz Kulczykowski

### Redaktorzy merytoryczni

Grzegorz Czesnowski – dział Strefy Ex

Lukasz Żyliński – dział Strefy Ex

Wojciech Chojnacki – dział Systemy Grzewcze

Wojciech Panfil – dział Nie tylko Ex

Jarosław Wojtak – dział Automatyka

### Współpraca

Marcin Marucha

### Redakcja plastyczna

Maria Jachowicz

### Przygotowanie DTP

21 Grafik Anna Tybel

506 122 802

studio@21grafik.pl

Redakcja nie zwraca materiałów niezamówionych.

Przedruki w całości lub w części wyłącznie na podstawie pisemnej zgody Wydawcy.

Wydawca nie ponosi jakiegokolwiek odpowiedzialności za wszelkie bezpośrednie lub pośrednie skutki jak również nieprzewidziane szkody, które mogą być, poniesione w wyniku użycia informacji lub nieumiejętnego użycia informacji lub danych zawartych w publikacjach.

Projekt okładki:  
Anna Tybel

<b>3</b>	<p><b>Nowości</b></p> <p><b>Nowe ledowe szerokostrumieniowe naświetlacze</b></p> <p><b>R. STAHL – wszechstronne i wytrzymałe ..... 3</b></p> <p><b>Kamery termowizyjne IP w wykonaniu przeciwwybuchowym seria EC-840S-TIC-19I ..... 5</b></p> <p><b>Kamery HD w wykonaniu przeciwwybuchowym– seria EC-940S-AFZ-HD..... 7</b></p> <p><b>Łącznik bezpieczeństwa zgodny z klasą1 według normy IEC 62626-1 do bezpiecznego rozłączania w trakcie napraw i konserwacji ..... 9</b></p>	
<b>11</b>	<p><b>Strefy Ex</b></p> <p>Grzegorz Orlikowski <b>Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem według nowej normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 ..... 11</b></p> <p>Michał Górny <b>Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe – Budowa wzmocniona wg PN-EN 60079-7:2016-02 ..... 17</b></p> <p><b>Panele HMI z ekranem dotykowym w wykonaniu przeciwwybuchowym dla szkockiej destylarni whisky ..... 22</b></p> <p>Abdelkarim Habib, Gero Bonow, Andreas Kroll, Jens Hegenberg, Ludger Schmidt, Thomas Barz i Dirk Schulz <b>Projekt badawczy ROBOGASINSPECTOR: wykrywanie wycieków gazu za pomocą autonomicznych robotów mobilnych ..... 25</b></p> <p>Rudolf Klemens, Marian Gieras <b>Pasywne i aktywne systemy tłumienia wybuchów pyłów przemysłowych Część II. Aktywne metody tłumienia wybuchów przemysłowych ..... 32</b></p> <p>Roman Stadnicki <b>Naprawy lub remonty urządzeń przeciwwybuchowych Część III. Remont elektryczny urządzeń przeciwwybuchowych ..... 41</b></p>	
<b>47</b>	<p><b>Detekcja i pomiary</b></p> <p>Danuta Matejko <b>Modernizacja instalacji do czyszczenia cystern kolejowych w LOTOS Kolej Sp. z o.o. .... 47</b></p> <p>Janusz Bułakowski <b>Kompleksowy projekt urządzeń do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych ..... 51</b></p>	
<b>55</b>	<p><b>Zarządzanie bezpieczeństwem</b></p> <p>Rafał Selega <b>Zmieniające się uwarunkowania normatywne w zakresie bezpieczeństwa procesowego – druga edycja normy IEC 61511 ..... 55</b></p> <p>Grzegorz Kulczykowski <b>Komunikacja ryzyka w w zarządzaniu bezpieczeństwem procesowym Cz. II ..... 61</b></p>	
<b>74</b>	<p><b>Systemy grzewcze</b></p> <p>Edward Pęczak, Jerzy Waler <b>Elektryczny system grzewczy firmy Pentair/ASE w innowacyjnych urządzeniach przeciwoblodzeniowych typu UPO zastosowany w zakładach górniczych (grupa I) ..... 74</b></p>	



## Nowe ledowe szerokostrumieniowe naświetlacze R. STAHL – wszechstronne i wytrzymałe



Najnowszą generację wszechstronnych szerokostrumieniowych naświetlaczy firmy R. STAHL przeznaczonych na obszary niebezpieczne wyróżnia energooszczędna technologia ledowa. Wysokiej jakości soczewki TIR minimalizują rozpraszanie światła oraz oślepianie i skupiają wiązkę światła o kącie  $10^\circ$ ,  $40^\circ$  lub  $120^\circ$ . Dlatego urządzenia te nadają się nie tylko do oświetlenia punktowego i szerokokątnego, ale mogą być instalowane również jako oprawy wiszące.

Nowe serie ledowych szerokostrumieniowych naświetlaczy 6125 (przeznaczone dla strefy 1) oraz 6525 (przeznaczona dla strefy 2) osiągają niezrównany strumień światła o wartości 21 000 lm w wersjach ze zużyciem prądu na poziomie 210 W. Moduły panelu soczewki wyposażone są w zawiasy umożliwiające łatwą instalację, konserwację i naprawę elementów.



AKADEMIA BEZPIECZEŃSTWA ASE  
**WIEDZA PŁYNĄCA  
Z PRAKTYKI**

Poznaj ofertę szkoleń:  
[www.akademiabezpieczenstwa.com](http://www.akademiabezpieczenstwa.com)

Nawet w najtrudniejszych warunkach żywotność tych produktów wynosi 50 000 godzin pracy w maksymalnej temperaturze otoczenia. Wyjątkowa trwałość umożliwia naświetlaczom pracę przez długi czas w trudnych warunkach, jakie panują w przemyśle chemicznym oraz w branży wydobywcia ropy i gazu.

Tę klasę produktów wyróżnia przede wszystkim bardzo szeroki zakres temperatury otoczenia: od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$ . Odporny na korozję korpus oraz stosunkowo niewielka waga sprawiają, że naświetlacze nadają się zarówno do zastosowań lądowych, jak i morskich. W przypadku stosowania jako oświetlenie ogólne w zakładach produkcyjnych i magazynowych w przemyśle spożywczym możliwe jest zamówienie reflektorów z zabezpieczeniem frontowego panelu szklanego przed odłamkami.

kontakt: [stahl@ase.com.pl](mailto:stahl@ase.com.pl)





## Kamery termowizyjne IP w wykonaniu przeciwwybuchowym seria EC-840S-TIC-19I



Kamery termowizyjne w wykonaniu przeciwwybuchowym z serii EC-840S-TIC idealnie nadają się do skutecznego nadzoru wideo i kontroli procesu w trudnych warunkach oraz w strefach zagrożonych wybuchem, co często zdarza się w branży paliwowej, morskiej oraz w przemyśle.

Kamery są w stanie wykryć obecność osoby lub przedmiotu nawet w najtrudniejszych warunkach: w całkowitej ciemności, w gęstym dymie, deszczu lub pyłe oraz na dużych odległościach.

Istotną zaletą kamer z serii EC-840S-TIC jest ich niezwykle wygodna i bezpieczna instalacja typu „plug and play” oraz wielożyłowe okablowanie. Kamery dostarczane są w stanie gotowym do użycia, dzięki czemu użytkownik nie musi zajmować się skomplikowanymi podłączeniami, typowymi dla tego rodzaju urządzeń.

Wykonana w całości ze stali nierdzewnej AISI316L obudowa jest kompaktowa, a mimo to funkcjonalna. Gwarantowaną odporność na korozję dodatkowo zabezpieczono przez polero-

wanie. Kolejną istotną cechą kamery jest zwiększony zakres temperatur (od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $65^{\circ}\text{C}$ ) oraz zaawansowany układ zimnego startu, który umożliwi pracę urządzenia w wersji standardowej w trudnych warunkach.

Warto również zauważyć, że stopień ochrony IP66/IP68 zapewnia kompletną ochronę przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi oraz możliwość zanurzenia w wodzie na głębokość do 5 metrów przez 2 godziny.

Seria kamer EC-840S-TIC spełnia wszystkie wymagania instalacyjne, gwarantując maksymalną wydajność oraz znakomity stosunek ceny do jakości.

### Główne cechy

- stal nierdzewna AISI 316L polerowana elektrolitycznie i śrutowana mikrogranulkami krzemu;
- zatwierdzenie do stosowania w strefach 1 i 2, grupa IIC T5 (gaz) i strefach 21 i 22, grupa IIIC T100°C (pył);
- czujnik: mikrobolometr niechłodzony (VOx);
- obiektyw: 19 mm;
- rozdzielczość:  $336 \times 256$  lub  $640 \times 512$ ;
- częstotliwość obrazu: 8,3 Hz;
- jedno wejście alarmowe i jedno wyjście przekaźnikowe;
- wstępnie zamontowany ekranowany kabel wielobiegowy o długości 4 m z dławicą kablową (ATEX, IECEx) lub zestaw kablowy o długości 4 m (NEC, CEC);
- zasilanie: 12-24V DC/24V AC;
- certyfikaty: ATEX, IECEx, NEC, CEC;
- zakres temperatury otoczenia:  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+65^{\circ}\text{C}$ ;
- stopień ochrony IP: IP 66, 68–69 (tylko obudowa).

kontakt: [stahl@ase.com.pl](mailto:stahl@ase.com.pl)

## Kamery HD w wykonaniu przeciwwybuchowym – seria EC-940S-AFZ-HD



**Kamery IP Full HD w wykonaniu przeciwwybuchowym z serii EC-940S-AFZ-H** doskonale nadają się do skutecznego nadzoru wideo i kontroli procesu w trudnych warunkach, gdzie obecność gazów lub łatwopalnego pyłu może spowodować powstanie obszaru zagrożonego wybuchem.

Kamery Full HD, 1080p, 60fps z serii EC-940S-AFZ-HD z obiektywem o napędzie silnikowym z zoomem 10× dla łatwiejszej obserwacji oferują opcję jednoczesnej transmisji wielu strumieni wideo (H.264/AVC lub MJPEG) i zapewniają wyjątkową jakość obrazu z najdrobniejszymi szczegółami, również w trudnych warunkach.

Istotną zaletą kamer z serii EC-940S-AFZ-HD jest ich niezwykle wygodna i bezpieczna instalacja typu „plug and play” oraz wielożyłowe okablowanie. Kamery dostarczane są w stanie gotowym do użycia, dzięki czemu użytkownik nie musi zajmować się skomplikowanymi podłączeniami, typowymi dla

tego rodzaju urządzeń. Wykonana w całości ze stali nierdzewnej AISI316L obudowa jest kompaktowa, a mimo to funkcjonalna. Gwarantowaną odporność na korozję dodatkowo zabezpieczono przez polerowanie.

Kolejną istotną cechą kamery jest zwiększony zakres temperatur (od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $65^{\circ}\text{C}$ ) oraz zaawansowany układ zimnego startu, który umożliwia pracę urządzenia w trudnych warunkach. Warto również zauważyć, że stopień ochrony IP66/IP68 zapewnia kompletną ochronę przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi oraz możliwość zanurzenia w wodzie na głębokość do 5 metrów przez 2 godziny. Kamera wyposażona jest w wycieraczkę. Dostępny jest również zestaw myjący w wykonaniu przeciwwybuchowym, umożliwiający bezproblemowe czyszczenie szkła. Seria kamer EC-940S-AFZ-HD spełnia wszystkie wymagania instalacyjne, gwarantując maksymalną wydajność oraz znakomity stosunek ceny do jakości.

### Główne cechy

- stal nierdzewna AISI 316L polerowana elektrolitycznie i śrutowana mikrogranulkami krzemu;
- zatwierdzenie do stosowania w strefach 1 i 2, grupa IIC T5 (gaz) i strefach 21 i 22, grupa IIIC T100°C (pył);
- kamera Full HD 1080p, 10-krotny zoom, 60 klatek na sekundę (fps);
- kompresja wideo: H.264/AVC i MJPEG;
- tryb dzień/noc (Auto ICR: automatyczne odsuwanie filtra podczerwieni);
- autofokus;
- do czterech jednoczesnych strumieni wideo;
- jedno wejście alarmowe i jedno wyjście przekaźnikowe;
- wstępnie zamontowany ekranowany kabel wielobiegowy o długości 4 m z dławicą kablową (ATEX, IECEx) lub zestaw kablowy o długości 4 m (NEC, CEC);
- zintegrowana wycieraczka;
- zasilanie: 12-24V DC/24V AC;
- certyfikaty: ATEX, IECEx, NEC, CEC;
- zakres temperatury otoczenia:  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+65^{\circ}\text{C}$ ;
- stopień ochrony IP: IP 66, 68–69 (tylko obudowa).

kontakt: [stahl@ase.com.pl](mailto:stahl@ase.com.pl)



## Łącznik bezpieczeństwa zgodny z klasą 1 według normy IEC 62626-1 do bezpiecznego rozłączania w trakcie napraw i konserwacji



Firma R. STAHL oferuje szeroką gamę łączników remontowych z serii 8146/5-V37 i 8150/5-V37. Seria ta stworzona została zgodnie z normą IEC/EN 62626-1 dla klasy 1 obowiązującą od grudnia 2014 roku, którą opracowano szczególnie z myślą o rozłącznikach bezpieczeństwa wyposażonych w funkcję wymuszonego rozłączania zasilania.

Łączniki remontowe w obudowie są przeznaczone do różnych zastosowań i mają na celu spełnienie wymogów stawianych izolacji urządzeń elektrycznych, w szczególności tych dotyczących obwodów silników w trakcie napraw, czyszczenia i konserwacji.

Norma IEC 62626-1 dotyczy rozłączników bezpieczeństwa w obudowach o napięciu znamionowym do 1000 V AC do celów napraw, konserwacji i czyszczenia obwodów obciążenia. Urządzenia wymienione w obszarze zastosowań tej normy pochodzą od rozłączników bezpieczeństwa opisanych w normie IEC 60947-3, jednak nowa norma IEC 62626-1 w dużym stopniu wykracza poza wymagania określone w normie IEC 60947-3.

Urządzenia zgodne z tą normą podzielono na dwie klasy: klasę 0 i 1. Klasa 0 to wymagane minimum, a klasa 1 konieczna jest w przypadku trudnych warunków operacyjnych, np. w przemyśle chemicznym. Wszystkie łączniki bezpieczeństwa instalowane na obszarach niebezpiecznych powinny spełniać wymagania klasy 1.

Serie 8146/5-V37 i 8150/5-V37 oferują szeroki wybór łączników bezpieczeństwa zgodnych z klasą 1 według normy IEC 62626-1. Zakłady wykorzystujące rozłączniki izolacyjne R. STAHL spełniają najnowsze wymagania IEC.

Łączniki umieszczono w wytrzymałych i odpornych na korozję obudowach wykonanych z GRP lub stali nierdzewnej. Całość aparatury łączeniowej została wyposażona w ognioszczelne styki przełączające, 3- lub 6-biegunowe. Oferta produktowa obejmuje aparaturę łączeniową dla wartości znamionowych prądu roboczego od 10 A do 180 A oraz napięcia roboczego od 230 V do 690 V AC. Zdolność przełączania silnika to AC 3 i AC 23 zgodnie z normą IEC/EN 60947-3.

### Cechy

- bezpieczna technologia i łatwa instalacja;
- rozwiązanie przyjazne dla użytkownika – tylko jeden siłownik obrotowy dla napędów z regulacją częstotliwościową;
- styk pomocniczy 20 ms do niezawodnego rozłączania silnika (obsługa z użyciem przemiennika częstotliwości);
- wymuszone otwieranie głównych styków w celu zapewnienia maksymalnej niezawodności;
- pokrywa osłony zablokowana w pozycji wyłączonej;
- możliwość zablokowania uchwytu przełączającego w trzech położeniach;
- duża odporność elementów zewnętrznych na korozję;
- stopień ochrony IP66;
- zakres temperatur od -40°C do +70°C;
- do instalacji w strefach 1, 21 i 2, 22.

kontakt: [stahl@ase.com.pl](mailto:stahl@ase.com.pl)

Grzegorz Orlikowski – Automatic Systems Engineering Sp. z o.o.

## Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem według nowej normy PN-EN 60079-10-1:2016-02



W ciągu ostatnich kilkunastu miesięcy Polski Komitet Normalizacyjny opublikował dwie normy dotyczące klasyfikacji przestrzeni, w których może wystąpić zagrożenie wybuchem. Pierwszą z nich jest norma PN-EN 60079-10-2:2015-06 dotycząca przestrzeni, w której zagrożenie wynika z obecności palnego pyłu, druga, PN-EN 60079-10-1:2016-02, odnosi się do gazowych atmosfer wybuchowych. O ile w pierwszej z wymienionych norm, w odniesieniu do poprzedniej edycji, wprowadzono jedynie drobne zmiany techniczne, zmiany o charakterze edycyjnym, a także rozszerzenia zawartych informacji, o tyle w normie dotyczącej gazów wprowadzono istotne zmiany o charakterze technicznym.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie najważniejszych zmian zawartych w normie PN-EN 60079-10-1 oraz omówienie metodyki klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem.

Najnowsza edycja normy o numerze 60079-10-1 została opracowana przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną (IEC). W grudniu 2015 r. norma została zatwierdzona jako norma europejska przez Europejski Komitet Normalizacyjny

Elektrotechniki (CENELEC), a następnie w lutym 2016 r. została uznana przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) jako norma krajowa. Norma ta, podobnie jak wersja z 2009 roku, została opublikowana w wersji angielskiej.

### Dodatkowe wyłączenie stosowania normy

W nowej edycji normy PN-EN 60079-10-1 wprowadzono dodatkowe wyłączenie w zakresie jej stosowania – dotyczy ono instalacji komercyjnych i przemysłowych, w których używany jest gaz palny pod niskim ciśnieniem, np. do gotowania, podgrzewania wody itp., tam gdzie instalacja jest zgodna z odpowiednimi przepisami dotyczącymi używania gazu (do grupy tych instalacji można zaliczyć wywołujące wiele dyskusji instalacje zasilające kotłownie gazowe). Zapis ten może rodzić problemy interpretacyjne z dwóch względów. Po pierwsze, nie precyzuje on, jaką wartość ciśnienia należy uznawać jako niskie (warto w tym miejscu przytoczyć, iż zgodnie z krajowymi przepisami jako rurociągi niskiego ciśnienia uznaje się te, w których maksymalne ciśnienie robocze wynosi do 10 kPa). Po drugie, wątpliwości budzi to, w jaki sposób należy traktować ten zapis – czy na jego podstawie można uznawać bez przeprowadzania procedury klasyfikacji, że atmosfera wybuchowa nie może wystąpić i w związku z tym nie klasyfikuje się stref zagrożenia wybuchem, czy interpretować w ten sposób, że co prawda, powyższa norma nie ma zastosowania, jednakże to, czy atmosfera wybuchowa może się pojawić, należy określić poprzez przeprowadzenie pełnej procedury klasyfikacji na podstawie innych norm lub wytycznych mających w tym zakresie zastosowanie. W celu rozstrzygnięcia tej kwestii można sięgnąć po wytyczne np. standardu IGEM/SR/25, mającego zastosowanie do sieci gazowych, który określa, iż wpływ gazu nawet pod niskim ciśnieniem, przy nieodpowiedniej wentylacji, może skutkować powstaniem atmosfery wybuchowej. Prowadzi to do wniosku, iż procedura klasyfikacji w omawianych sytuacjach powinna być przeprowadzana.

### Kompetencje osób przeprowadzających klasyfikację

W nowej edycji normy dodano rozdział dotyczący kompetencji osób przeprowadzających klasyfikację przestrzeni zagrożonych wybuchem. Wskazano w nim, że osoby te powinny wykazywać się wiedzą związaną z właściwościami substancji i dyspersją gazów i par oraz powinny wykazywać znajomość procesów technologicznych analizowanej instalacji. W normie określono, że kompetencje mogą być potwierdzone poprzez szkolenia i ocenę odpowiednią do wymagań przepisów krajowych, standardów i wymagań użytkownika instalacji.

### Metody klasyfikacji

Najważniejsze zmiany w nowej edycji normy dotyczą jednak jej istoty, czyli zasad klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem. W normie uporządkowano informacje dotyczące metod klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem. Określono,

że klasyfikacja może zostać przeprowadzona jedną z czterech metod:

- 1) metodą bazującą na źródłach emisji (ang. *Classification by sources of release method*);
- 2) przez zastosowanie kodów branżowych i krajowych standardów;
- 3) metodą uproszczoną;
- 4) kombinacją ww. metod.

### Klasyfikacja bazująca na źródłach emisji

Klasyfikacja bazująca na źródłach emisji polega na obliczeniu i ocenie czynników mających wpływ na rodzaj i zasięg tworzenia atmosfer wybuchowych dla każdego źródła emisji. Metoda ta sprowadza się w szczególności do przeprowadzenia:

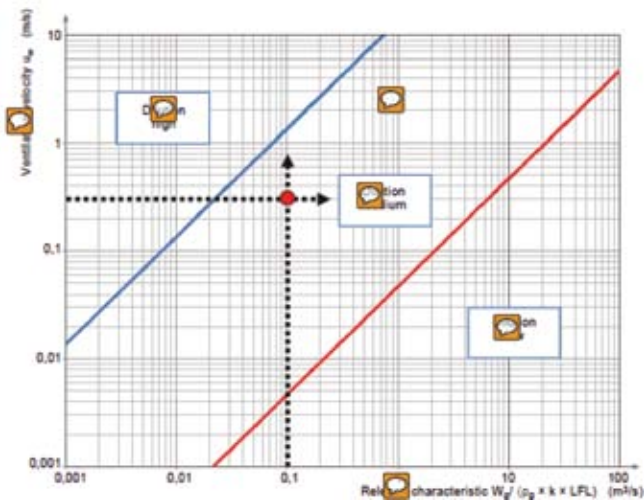
- identyfikacji źródeł emisji;
- określenia strumienia masy substancji emitowanej z każdego źródła oraz określenia stopnia emisji;
- oceny wentylacji lub stopnia rozrzedzenia,
- określenia rodzaju strefy na podstawie oceny efektywności wentylacji lub stopnia rozrzedzenia;
- określenia zasięgu strefy.

W zakresie obliczania strumienia masy emitowanej substancji do normy w formie tabelarycznej wprowadzono wytyczne dotyczące określania powierzchni otworów, z których może występować wpływ substancji. Wytyczne te obejmują sugerowane średnice otworów, które mogą być przyjmowane np. dla połączeń kołnierзовych, dławic zaworów, zaworów bezpieczeństwa, uszczelnień pomp i kompresorów. Dodatkowo zmieniono wzory służące do obliczenia strumieni emitowanych gazów lub cieczy. Nowym elementem są również wytyczne dotyczące obliczania strumienia masy emitowanych par z rozlewisk.

Istotne zmiany zostały również wprowadzone przy ocenie wentylacji jako elementu mającego wpływ na rodzaj i zasięg strefy zagrożenia wybuchem. Jedną z nich dotyczy terminu określającego efektywność wentylacji: w miejsce stosowanego dotychczas terminu stopnia wentylacji zastosowano bardziej adekwatną nazwę **stopnia rozrzedzenia** (niekiedy jako tłumaczenie ang. *degree of dilution* stosowany jest również termin **stopień rozcieńczenia**).

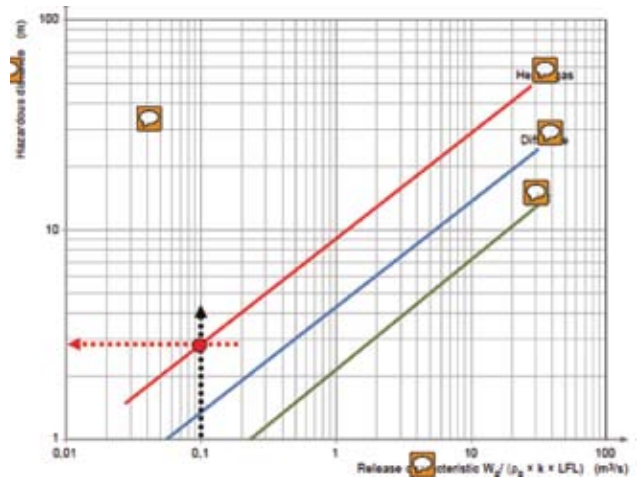
Bardzo istotną zmianą jest nowy sposób oceny efektywności wentylacji. Według aktualnej normy ocena ta powinna być realizowana na podstawie obliczonego strumienia objętości emitowanego gazu oraz prędkości przepływającego w miejscu emisji powietrza i przedstawionej w normie w formie wykresu zależności (wykres 1.). Dodatkowo dla oceny skuteczności wentylacji w pomieszczeniach określony został wymóg obliczenia średniego stężenia substancji palnej w pomieszczeniu po czasie, w którym zostaje ustalona równowaga pomiędzy wpływającym gazem a wywołanym przez wentylację przepływem powietrza.





Wykres 1. Ocena stopnia rozrzedzenia atmosfery wybuchowej przez przepływające powietrze

Równie istotne zmiany dotyczą określania zasięgów stref zagrożenia wybuchem. Podobnie jak w przypadku określania skuteczności wentylacji określanie zasięgów stref zagrożonych wybuchem opiera się na obliczeniu strumienia objętości emitowanego gazu oraz wykorzystaniu przedstawionej w formie wykresu zależności pomiędzy zasięgiem strefy zagrożenia wybuchem a wielkością tego strumienia (wykres 2.). Określenie zasięgów stref zagrożenia wybuchem powinno być wykonane dla jednego z trzech rodzajów wypływu gazów:



Wykres 2. Określenie zasięgów stref zagrożonych wybuchem

wypływu strumieniowego, rozpraszania dyfuzyjnego oraz wypływu ciężkich gazów lub par wzdłuż poziomej powierzchni na przykład gruntu.

Zgodnie z normą PN-EN 60079-10-1 mogą zostać wykorzystane inne metody służące do oceny efektywności wentylacji i określania zasięgów stref. Do takich można zaliczyć m.in. symulacje komputerowe. Przykład takiej symulacji wykonany w programie Effects zaprezentowano poniżej.



Rysunek 1. Określenie zasięgu tworzenia atmosfer wybuchowych w programie Effects. Pierwsze zdjęcie przedstawia zasięg atmosfery wybuchowej przy emisji wodoru, drugie – przy emisji mieszaniny gazów o składzie 40% H<sub>2</sub>, 30% N<sub>2</sub>, 20% CO, 10% CO<sub>2</sub> przy takim samym wypływie gazu



Zastosowanie tego rodzaju narzędzi może być szczególnie wskazane w przypadku klasyfikacji stref zagrożenia wybuchem w bardzo specyficznych sytuacjach, np. gdy strumień emitowanego gazu zawiera mieszaninę gazów o różnych właściwościach, w tym gazów niepalnych (przykładem takiej mieszaniny jest gaz wielkopieczowy).

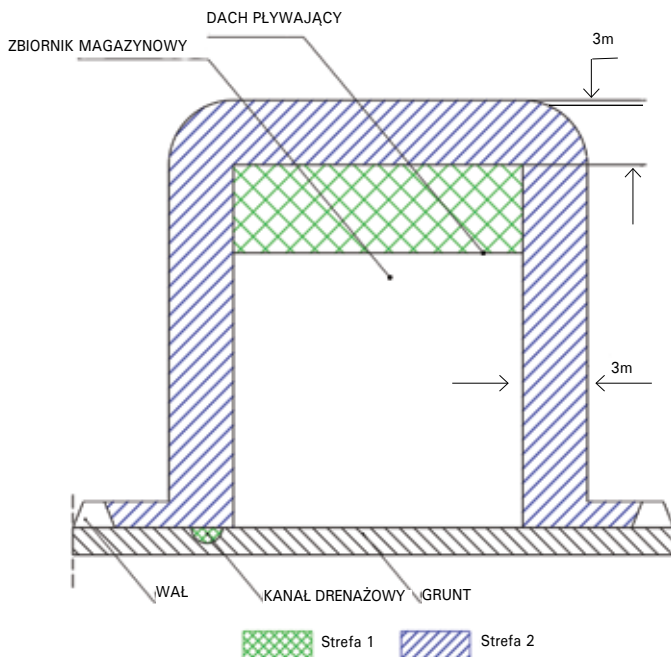
## Zastosowanie kodów branżowych i standardów krajowych

Druga z metod klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem polega na stosowaniu kodów branżowych i standardów

Tabela 1. Przykłady kodów branżowych i standardów krajowych

Kraj, w którym opracowano kod lub standard	Oznaczenie	Tytuł
Australia i Nowa Zelandia	AS/NZS (IEC) 60079.10.1	Explosive Atmospheres Part 10-1: Classification of areas – Explosive Gas Atmospheres
Niemcy	DGUV-Regel 113-001 „Explosionsschutz-Regeln (Rx-RL)“	ExRL „Explosion Protection – Rules – Rules for avoiding the dangers of explosive atmospheres with examples collection“
	TRBS 2152.	Technischen Regeln für Betriebssicherheitsverordnung Technical Rules for Plant Safety Provisions
Włochy	GUIDA CEI 31-35 & GUIDE CEI 3135/A	Explosive atmospheres – Guide for classification of hazardous areas for the presence of gas in application of CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)
Szwecja	Klassning av explosionsfarliga områden	Classification of Hazardous Areas
Szwajcaria	SUVA Merkblatt Nr. 2153	Explosion protection Basics Minimal requirements Zones
Holandia	NPR 7910-1	Netherlands practical guideline NPR 7910-1, Classification of hazardous areas with respect to explosion hazard – part 1: gas explosion hazard, based on NEN-EN-IEC 60079-10-1
Wielka Brytania	IP15	Model code of safe practice for the petroleum industry, Part 15: Area Classification Code for Petroleum Installations Handling Flammable Liquids
	IGEM/SR/25	Hazardous area classification of natural gas installations
Stany Zjednoczone	API RP 505	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities classified as Class I, Zone 0, Zone 1 and Zone 2
	NFPA 59A	Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas
	NFPA 497	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapours and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

krajowych. Publikacje takie zawierają często dodatkowe wytyczne do przeprowadzenia klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem, jak również gotowe przykłady, które mogą być wprost adaptowane. Kody branżowe i standardy krajowe mogą być stosowane w przypadku, gdy są zgodne z generalnymi zasadami klasyfikacji opisanymi w normie PN-EN 60079-10-1. Przykłady niektórych z tych publikacji przedstawiono w załączniku informacyjnym do normy. Za ww. normą przedstawiono je w tabeli 1.



Rysunek 2. Klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem wg API RP 505 dla zbiornika do magazynowania cieczy palnych z dachem pływającym

## Metoda uproszczona

Metoda uproszczona może być stosowana, jeżeli nie jest możliwe wykonanie klasyfikacji dla poszczególnych źródeł emisji. Przy korzystaniu z metody uproszczonej należy zidentyfikować wszystkie źródła emisji, które mogą prowadzić do klasyfikacji stref 0, 1 i 2. Ocena ta powinna zostać wykonana na podstawie informacji i doświadczenia nabytych w branży przemysłowej odpowiedniej dla rozpatrywanej instalacji. W metodzie tej nie jest konieczne szczegółowe rozpatrywanie wszystkich poszczególnych źródeł emisji, o ile ocena jednego źródła emisji może być odpowiednia do innych źródeł emisji instalacji. W wyniku zastosowania tej metody klasyfikacji, ze względu na zachowawcze podejście, należy spodziewać się większych zasięgów stref zagrożenia wybuchem.

## Kombinacja metod

Kombinacja metod może być stosowana przy klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem dla instalacji na różnych etapach jej budowy lub przy klasyfikacji różnych części instalacji.

W pierwszym przypadku zastosowanie metody uproszczonej może być uzasadnione na przykład we wczesnym etapie projektowania, w sytuacji gdy szczegółowe rozwiązania techniczne i parametry technologiczne nie są jeszcze znane. Pełna procedura klasyfikacyjna powinna być wykonana po uzyskaniu tych danych.

W przypadku klasyfikacji stref na przykład dla złożonych obiektów zasadne może być wykonanie klasyfikacji dla części instalacji w oparciu o metodę bazującą na źródłach emisji, a dla pozostałej części – w oparciu o wykorzystanie kodów branżowych i standardów krajowych.

## Pozostałe zmiany

Oprócz opisanych wyżej zmian wprowadzono w aktualnej normie PN-EN 60079-10-1 szereg informacji potrzebnych do przeprowadzenia klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem. Do najważniejszych należy:

- podanie przykładów kształtów stref zagrożenia wybuchem, a także omówienie, w jaki sposób na ten kształt mogą wpływać właściwości i sposób emisji gazów;
- przedstawienie przykładów układów wentylacyjnych oraz kryteriów oceny wentylacji;
- zmodyfikowanie schematu postępowania przy klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem;
- dodanie informacji na temat wodoru (jego charakterystyka, sposób rozprzestrzeniania w powietrzu, wynikające z właściwości zagrożenia, a także metody zabezpieczeń);
- dodanie informacji na temat mieszanin hybrydowych (w tym przedstawienie wytycznych dotyczących doboru urządzeń).

Istotną zmianą jest usunięcie przykładów klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem (w poprzedniej edycji normy obrazowały one sposób klasyfikacji kilku najbardziej typowych instalacji, np. mieszalnika procesowego, zbiornika do magazynowania cieczy palnych, instalację do napełniania cystern benzyną) i zastąpienie ich przykładami klasyfikacji wykonanej w oparciu o metodę bazującą na źródłach emisji.

## Ocena zmian

Do nowej edycji normy PN-EN 60079-10-1 wprowadzono szereg narzędzi służących do oceny skuteczności wentylacji oraz określania rodzajów i zasięgów stref zagrożenia wybuchem. Narzędzia te opierają się na ilościowej ocenie, przez co wyniki przeprowadzanych analiz powinny być bardziej precyzyjne i jednoznaczne.

Norma określa, że kody branżowe i standardy krajowe mogą być stosowane jako wytyczne do klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem. Brak przykładów określających sposób klasyfikacji dla typowych instalacji (często przykłady te stanowiły bezpośrednie uzasadnienie przyjmowanej klasyfikacji) może skutkować tym, iż w pewnych przypadkach stosowanie ww. opracowań jest wręcz niezbędne.

Za stosowaniem kodów branżowych i standardów krajowych przemawia również fakt, iż ze względu na to, że w wielu przypadkach przedstawiają one wytyczne do klasyfikacji przestrzeni dla konkretnych typów instalacji, uwzględniając przy tym charakterystyczne zagrożenia wynikające z właści-



wości przetwarzanych substancji, przedstawiony w nich podział przestrzeni zagrożonych wybuchem na strefy może być bardziej właściwy i adekwatny do występujących zagrożeń. Przykładami standardów dedykowanych konkretnym rodzajom instalacji są często stosowany w kraju standard określający zasady klasyfikacji w przemyśle rafineryjnym i petrochemicznym, standard API RP 505 oraz określający zasady klasyfikacji dla instalacji gazu ziemnego standard ISEM/SR/25.

### Podsumowanie

Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem jest istotnym elementem przedstawionej w przepisach i normach z zakresu dyrektyw ATEX koncepcji zapewnienia bezpieczeństwa. Wprowadzenie do normy PN-EN 60079-10-1 narzędzi pozwalających na bardziej precyzyjne i jednoznaczne określanie stref zagrożonych wybuchem może przyczynić się do zwiększenia poziomu bezpieczeństwa w analizowanych instalacjach.

Zaprezentowana w aktualnej normie PN-EN 60079-10-1 metodyka klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem charakteryzuje się dużą uniwersalnością. Bywa to uznawane za zaletę, ponieważ na podstawie tej metodyki można analizować wiele różnych instalacji, ale również za wadę, ponieważ w pewnych sytuacjach brak indywidualnego podejścia ujmującego charakterystyczne zagrożenia dla danej technologii może powodować, iż możliwość pojawienia się atmosfer wybuchowych nie zostanie właściwie zidentyfikowana.

Zgodnie z treścią z normy PN-EN 60079-10-1 kody branżowe i standardy krajowe mogą być stosowane jako podstawa do klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem. W ocenie autora artykułu opracowania te są ważnym uzupełnieniem metody klasyfikacji zaprezentowanej w normie PN-EN 60079-10-1.

Warto zaznaczyć, iż oprócz normy PN-EN 60079-10-1, kodów branżowych i standardów krajowych podstawą do przeprowadzenia klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem mogą być również przepisy krajowe (przykładem rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie) oraz szczegółowe normy określające zasady bezpieczeństwa przy projektowaniu i eksploatacji instalacji (taką normą jest np. PN-EN 62485-3, określająca warunki bezpieczeństwa przy instalowaniu akumulatorów trakcyjnych).

Nowa norma PN-EN 60079-10-1 wprowadza wymóg posiadania kompetencji przez osoby przeprowadzające klasyfikację przestrzeni zagrożonych wybuchem. Przytoczony w poprzednich akapitach zakres przepisów, norm i innych opracowań, z którymi osoby opracowujące powinny być zapoznane, potwierdza, iż wymóg ten jest zasadny.

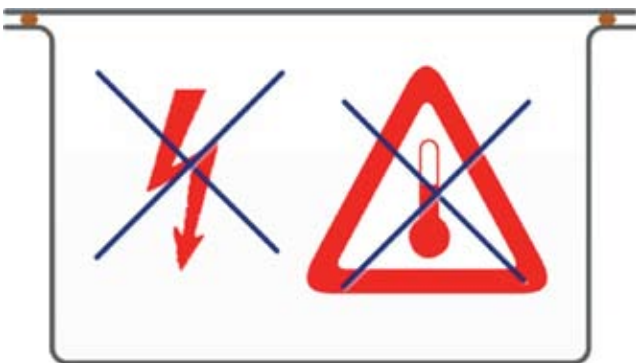
Oprócz opisanych powyżej wymagań dotyczących klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem do normy PN-EN 60079-10-1 wprowadzono wiele praktycznych informacji dotyczących na przykład rozprzestrzeniania się gazów, wpływu wentylacji na rozrzedzenie atmosfer wybuchowych i specyficznych zagrożeń stwarzanych przez niektóre substancje lub mieszaniny (wodoru, mieszanin hybrydowych), dzięki czemu stanowi ona źródło specjalistycznej wiedzy.

### Literatura

- [1] PN-EN 60079-10-1:2016-02; Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe (oryg.).
- [2] PN-EN 60079-10-1:2009; Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe (oryg.).
- [3] ISEM/SR/25 Edition 2 – with Amendments August 2013 Communication 1748 – Hazardous area classification of Natural Gas installations.
- [4] API RP 505 – Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Zone 0, Zone 1, and Zone 2.

dr inż. Michał Górny – Urząd Dozoru Technicznego

# Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe – Budowa wzmocniona wg PN-EN 60079-7:2016-02



Rys. 1. Idea budowy wzmocnionej: Urządzenie bez elementów iskrzących i nadmiernie nagrzewających się

## Wstęp

Techniki zabezpieczeń stosowane w elektrycznych urządzeniach przeciwwybuchowych stały się podwaliną pod zabezpieczania w pozostałych rodzajach wyrobów, takich jak urządzenia nielektryczne czy systemy ochronne. Już w pierwszych normach traktujących o konstrukcji i wymaganiach dotyczących urządzeń przeciwwybuchowych jako jeden ze znanych rodzajów urządzeń określano urządzenia budowy wzmocnionej (np. pierwsza Polska norma PN-E 17:1929). Wraz z rozwojem wiedzy w zakresie awaryjności rozwiązań technicznych oraz uwzględnianiem metod probabilistycznych bezpieczeństwo przeciwwybuchowe uzupełniono o odporność na uszkodzenia (awarie).

Zgodnie z definicją budowa wzmocniona jest rodzajem budowy przeciwwybuchowej wykluczającym obecność źródeł zapłonu, czyli iskrzeń, łuków oraz nadmiernej temperatury.

Definicyjne wykluczenie elementów iskrzących i nadmiernie nagrzewających się wydaje się pozornie proste. Wystarczy przecieź:

- wyeliminować obecność łączników (wyłączniki, odłączniki, bezpieczniki);
- wyeliminować obecność „niepewnych” źródeł światła;
- zapewnić odpowiednio pewne przyłączenie przewodów (niesamoluzujące się);
- zapewnić zwiększone w stosunku do urządzeń budowy zwykłej (ogólnoprzemysłowej) odstępów izolacyjne (*notabene* to zwiększenie odstępów legło u podstaw polskiego określenia „budowa wzmocniona”);
- w przypadku silników i innych maszyn wirujących zapewnienie braku iskry na skutek tarcia mechanicznego elementów wirujących o elementy stałe.

Jednocześnie budowa wzmocniona była jedną z pierwszych technik (obok iskrobezpieczeństwa), w której konieczna była analiza stanów awaryjnych. Długo pokutowało domniemanie bezpieczeństwa urządzeń Exe jedynie podczas „normalnej pracy”. Przez całe dziesięciolecia urządzenia Exe były powszechnie (bezpodstawnie) uznawane za urządzenia gorsze. Intuicyjnie osłona ognioszczelna wydaje się pewniejsza (ma większa

odporność mechaniczną, wytrzymuje wewnętrzny wybuch, wyróżnia się od innych urządzeń wyglądem) niż urządzenie Exe. Ale wystarczy się zastanowić nad „pewnością” urządzenia Exd w przypadku zgubienia na przykład jednej śruby, niewłaściwego zmontowania czy źle dobranego wpustu kablowego – a takie usterki zdarzają się najczęściej – a już poziom bezpieczeństwa urządzeń Exe i Exd zrównuje się.

Odpowiedzią na potrzebę „taniej” techniki zabezpieczenia były i są urządzenia w wykonaniu Exn – tzw. nieiskrzące. To właśnie w tej technice uwzględniono fakt, że obszarowo najwięcej stref zagrożenia wybuchem zaklasyfikowanych jest do strefy 2 i 22, więc wystarczające będzie zastosowanie techniki zapewniającej bezpieczeństwo podczas „normalnej” pracy.

W Polsce urządzenia Exn długo zdobywały zaufanie i dopiero z chwilą, gdy koszty produkcji w polskiej gospodarce zaczęły się zbliżać do kosztów w innych europejskich krajach, urządzenia te zaczęły być obecne bardziej powszechnie. Prekursorem były oprawy oświetleniowe, gdzie duża konkurencja, przy jednocześnie wielkich (liczbowo) zamówieniach, pozwoliły utoroować drogę urządzeniom kategorii 3. w wykonaniu Exn.

## Normy dotyczące urządzeń budowy wzmocnionej

Rozwój normalizacji (w Polsce) w obszarach urządzeń Exn i Exe przedstawiono w poniższej tablicy.

Tablica 1. Normalizacja w zakresie urządzeń Exe i Exn (w Polsce)

Rok	Budowa wzmocniona	Wykonanie nieiskrzące
1972	PN-E-08115:1972 Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe – Urządzenia o budowie wzmocnionej – Ogólne wymagania i badania	
1983	PN-E-08115:1983 Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe – Urządzenia budowy wzmocnionej – Wymagania i badania	
2000	PN-EN 50019:2000 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Budowa wzmocniona „e” Wprowadza: EN 50019:1994 [IDT]	
2002	PN-EN 50019:2002 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Budowa wzmocniona „e” Wprowadza: EN 50019:2000 [IDT]	PN-EN 50021:2002 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Zabezpieczenia typu „n” Wprowadza: EN 50021:1999 [IDT]
2004	PN-EN 60079-7:2004 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Część 7: Stopień ochrony „e” Wprowadza: EN 60079-7:2003 [IDT]	PN-EN 60079-15:2004 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Część 15: Ochrona typu „n” Wprowadza: EN 60079-15:2003 [IDT]



2005	PN-EN 50019:2005 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Budowa wzmocniona „e” Wprowadza: EN 50019:2000 [IDT], EN 50019:2000/corrigendum Apr. 2003 [IDT]	
2006		PN-EN 60079-15:2006 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów – Część 15: Budowa, badania i znakowanie urządzeń elektrycznych w wykonaniu „n” Wprowadza: EN 60079-15:2005 [IDT]
2007	PN-EN 60079-7: Atmosfery wybuchowe – Część 7: Urządzenia przeciwwybuchowe budowy wzmocnionej „e” Wprowadza: EN 60079-7:2007 [IDT]	PN-EN 60079-15:2007 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów – Część 15: Konstrukcja, badanie i znakowanie elektrycznych urządzeń rodzaju budowy przeciwwybuchowej „n” Wprowadza: EN 60079-15:2005 [IDT]
2008	PN-EN 60079-7:2008 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów – Część 7: Budowa wzmocniona „e” Wprowadza: EN 60079-7:2003 [IDT]	
2010	PN-EN 60079-7:2010 Atmosfery wybuchowe – Część 7: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy wzmocnionej „e” Wprowadza: EN 60079-7:2007 [IDT]	PN-EN 60079-15:2010 Atmosfery wybuchowe – Część 15: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy typu „n” Wprowadza: EN 60079-15:2010 [IDT]
2016	PN-EN 60079-7:2016-02 Atmosfery wybuchowe – Część 7: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy wzmocnionej „e” UWAGA: Norma zawiera również wymagania dla wykonania Exec zastępującego wykonanie ExnA	

Przyglądając się rozwojowi wymagań dla urządzeń budowy wzmocnionej, można zauważyć kilka interesujących trendów odzwierciedlających postęp techniczny. O ile w początkowym okresie (ok. do roku 1990) wymagania skupiały się na aparaturze łączeniowej, definiując np. warunki badania skrzynek łączeniowych ogólnego przeznaczenia, to w latach późniejszych główny postęp dotyczył silników wysokonapięciowych.

W przypadku skrzynek łączeniowych początkową trudność stanowiło opracowanie powtarzalnej metody badania. Uwzględniając, że *de facto* nagrzewanie takich skrzynek jest zależne nie tyle od liczby zacisków (pod warunkiem że przewody są prawidłowo podłączone), ile od długości przewodów we wnętrzu skrzynki.

Udało się opracować metodykę badawczą wymagającą na przykład, że długość przewodów połączeniowych musi odpowiadać przekątnej głównej skrzynki. Dzięki tym ustaleniom powszechne stały się znane doskonale tablice z dopuszczalnymi opcjami połączeń określające możliwe kombinacje zacisków.

Tablica 2. Przykład określenia dopuszczalnych (przez producenta) konfiguracji zacisków w skrzynce łączeniowej ogólnego przeznaczenia

Prąd	Przekrój w mm <sup>2</sup>				
	1.5	2.5	4	6	10
A					
3					
6					
10	40				
16	13	26			
20	5	15	30		
25		7	17	33	
35			3	12	
50					
63					
80					
Maksymalna liczba zacisków	20	13	15	16	

Każda dodatkowa ilość  
Do określenia przez producenta (z obliczeniem przyrostu ciepła)

Oraz przykład wykorzystania:

Tablica 3. Przykład obliczenia poprawności zastosowanej liczby zacisków

Przekrój [mm <sup>2</sup> ]	Prąd [A]	Liczba		Użycie
1.5	10	20 (z 40)	=	50 %
2.5	20	5 (z 15)	=	33.3 %
4	25	2 (z 17)	=	11.7 %
		Suma < 100 %	=	95.0 %

## Silniki wysokonapięciowe budowy wzmocnionej

Ostatnie lata przyniosły doprecyzowanie wymagań oraz potwierdzających je badań w przypadku wysokonapięciowych silników budowy wzmocnionej. Normy serii PN-E/08115 oraz PN-EN 50019 wymagały wprawdzie tzw. próby jarzeniowej, czyli badania możliwości zapłonu poprzez wysokonapięciowy ulot z czoł uzwojeń, jednakże nie potwierdzano badaniami poprawności konstrukcji wirnika. Doświadczenie udowadnia, że to właśnie wirnik silnika asynchronicznego może być najczęściej przyczyną usterki, co w przypadku przestrzeni zagrożenia wybuchem może doprowadzić do zapłonu. Z praktyki eksploatacyjnej znane są typowe awarie, takie jak:

- niedokładne spęcznie prętów wirnika w żłobku, co prowadzi do iskrzenia pomiędzy prętem a żelazem wirnika;
- pęknięcia pierścieni zwierających klatkę wirnika jako następstwo przeciążeń dynamicznych (elektrycznych i mechanicznych);
- pęknięcie pręta wirnika doprowadzające do iskrzenia.

Zdarzenia te skutkowały, niestety, rozpoznanymi zapłonami [1-3]. Stąd zanim jeszcze wypracowano odpowiednie metody weryfikacji, w jednej z norm PN-EN 50019 były zalecenia, aby jednak silnik budowy wzmocnionej na czas rozruchu przewietrzać powietrzem.

Aktualnie wysokonapięciowe silniki budowy wzmocnionej podlegają całej serii badań potwierdzających poprawność konstrukcji układu izolacyjnego stojana oraz poprawność konstrukcji wirnika.

Najnowsza edycja normy PN-EN 60079-7 konsoliduje wymagania dla urządzeń budowy wzmocnionej o różnym poziomie zabezpieczenia urządzenia (EPL). Dotychczas EPL Gb zarezerwowane było dla urządzeń budowy wzmocnionej Exe, natomiast EPL Gc przedstawiony był w normie dotyczącej urządzeń w wykonaniu ExnA (norma PN-EN 60079-15).

reklama

Norma PN-EN 60079-15 podawała inne wymagania odnośnie do wymaganej dokumentacji czy certyfikacji wyrobu. Aktualnie urządzenia ExnA są w pełni skonsolidowane z pozostałymi normami (np. PN-EN 60079-0), chociaż *de facto* znika oznakowanie ExnA – zastąpione jest przez Exec.

## Podsumowanie

1. Urządzenia budowy wzmocnionej oraz w wykonaniu nieiskraczącym na przestrzeni dziesięcioleci zdobyły zaufanie użytkowników.

2. Najnowsza edycja normy PN-EN 60079-7 konsoliduje wymagania dla urządzeń Exeb (EPL Gb) oraz dla urządzeń Exec (EPL Gc – dawne wykonanie nieiskraczące ExnA).

3. Ostatnie edycje normy PN-EN 60079-7 postawiły bardzo wysokie wymagania dla silników wysokonapięciowych. Już nie tylko wyznaczenie czasu  $t_E$ , ale cała seria dodatkowych badań w mieszaninie wybuchowej potwierdza poprawność konstrukcji.

4. Ciekawą nowością najnowszej edycji normy PN-EN 60079-7 jest sprecyzowanie wymagań dla silników z magnesami trwałymi. Uwzględniając dbałość o niskie zużycie energii – takie maszyny (silniki) powinny być coraz powszechniejsze.

## Literatura

- [1] T.R. Thompson, J. Pearson, *Safety aspects of HV machines in the offshore industry – Machines in Hazardous Areas* (Digest No. 1997/057), IEE Colloquium, 1997.
- [2] M. Górny, *Wysokonapięciowe silniki przeciwwybuchowe budowy wzmocnionej*, „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” nr 2/2012 (95).
- [3] Ł. Surowy, *Badania konstrukcji układu izolacyjnego stojana silników wysokonapięciowych budowy wzmocnionej z wykorzystaniem mieszanin wybuchowych*, „Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne” nr 2/2013 (99).

## Panele HMI z ekranem dotykowym w wykonaniu przeciwwybuchowym dla szkockiej destylarni whisky

Whisky musi długo dojrzewać, zanim osiągnie najwyższą jakość i w tym czasie nie należy jej przeszkadzać. Jednak przygotowanie do tego okresu wymaga bardzo dużo uwagi. Alkohol powstaje w wyniku serii procesów, które należy starannie monitorować. Główna część tych procesów odbywa się w strefach zagrożonych wybuchem. Szkocka destylarnia Ardmore, zlokalizowana w pobliżu Aberdeen, około trzy lata temu zmodernizowała swoje urządzenia do obsługi i monitorowania produkcji, wprowadzając systemy oparte na panelach HMI z ekranem dotykowym w wykonaniu przeciwwybuchowym, z zainstalowanym systemem Windows.

Destylarnia znajduje się w regionie Speyside, w jednym z najbardziej wydajnych spośród pięciu regionów zajmujących się produkcją szkockiej whisky, na terenie którego rozmieszczono blisko połowę wszystkich aktywnych destylarni Szkocji. W Ardmore produkuje się nie tylko whisky typu *single malt* pod własną marką, ale również whisky słodowe przeznaczone do alkoholi mieszanych. Jest to jedna z największych destylarni w Szkocji. Powstała pod koniec XIX wieku destylarnia w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat była kilkakrotnie przebudowywana i rozbudowywana. Dzięki zastosowaniu automatycznych zaworów zewnętrznego parku zbiorników w systemie sterowania głównej destylarni zadania związane z obsługą i monitorowaniem można wygodnie wykonywać na stanowisku wyposażonym w oprogramowanie Windows oraz dwa komputery w wykonaniu przeciwwybuchowym z 19-calowym ekranem dotykowym.



Fot. 1. Systemy HMI firmy R. STAHL zainstalowano obok „sejfu” (po lewej stronie), czyli szklanej szafki zabezpieczonej kłódką, do której trafia alkohol z destylatorów

Whisky musi długo dojrzewać, zanim osiągnie najwyższą jakość i w tym czasie nie należy jej przeszkadzać. Jednak przygotowanie do tego okresu wymaga bardzo dużo uwagi. Alkohol powstaje w wyniku serii procesów, które należy starannie monitorować. Główna część tych procesów odbywa się w strefach zagrożonych wybuchem. Szkocka destylarnia Ardmore, zlokalizowana w pobliżu Aberdeen, około trzy lata temu zmodernizowała swoje urządzenia do obsługi i monitorowania produkcji, wprowadzając systemy oparte na panelach HMI z ekranem dotykowym w wykonaniu przeciwwybuchowym, z zainstalowanym systemem Windows.

Destylarnia znajduje się w regionie Speyside, w jednym z najbardziej wydajnych spośród pięciu regionów zajmujących się produkcją szkockiej whisky, na terenie którego rozmieszczono blisko połowę wszystkich aktywnych destylarni Szkocji. W Ardmore produkuje się nie tylko whisky typu *single malt* pod własną marką, ale również whisky słodowe przeznaczone do alkoholi mieszanych. Jest to jedna z największych destylarni w Szkocji. Powstała pod koniec XIX wieku destylarnia w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat była kilkakrotnie przebudowywana i rozbudowywana. Dzięki zastosowaniu

automatycznych zaworów zewnętrznego parku zbiorników w systemie sterowania głównej destylarni zadania związane z obsługą i monitorowaniem można wygodnie wykonywać na stanowisku wyposażonym w oprogramowanie Windows oraz dwa komputery w wykonaniu przeciwwybuchowym z 19-calowym ekranem dotykowym.

### Zabezpieczony alkohol

Słodowany jęczmień przechodzi przez poszczególne etapy procesu destylacyjnego aż do uzyskania alkoholu, który można przechowywać. W pełni zautomatyzowany system umożliwia personelowi kontrolę i monitorowanie wszystkich etapów procesu destylacyjnego z jednego centralnego punktu. Ten punkt umieszczono w samym sercu destylarni, tuż koło „sejfu”, czyli szklanej szafki zabezpieczonej przez urząd ds. cła i akcyzy. To właśnie tu dokonano ostatniej modernizacji, mającej na celu wdrożenie najnowocześniejszego rozwiązania HMI. Destylarnia Ardmore zleciła dobór i instalację tego rozwiązania firmie Advanced Electronics, ponieważ miała już okazję z nią współpracować przy modernizacji elementów elektronicznych w budynku destylarni w 2001 roku.



Po określeniu wymagań destylarni Ardmore przeanalizowano dostępne rozwiązania. Zdecydowano się przez dwa tygodnie testować system komputerowy w wykonaniu przeciwwybuchowym produkcji R. STAHL. Testy zakończyły się pomyślnie. W rezultacie zamówiono dwa urządzenia z 19-calowym ekranem dotykowym z serii Open HMI ET-456.

### Elastyczne oprogramowanie

Poza konstrukcją oraz funkcjonalnym wyposażeniem paneli PC głównym powodem wyboru tego rozwiązania był wygodny dla użytkownika system Windows XP Embedded. Ewen McDonald, kierownik ds. kontraktów w Advanced Electrics, wyjaśnia: „Uznaliśmy system PC przeznaczony dla przestrzeni zagrożonych wybuchem produkcji R. STAHL za idealne rozwiązanie HMI dla destylarni Ardmore ze względu na elastyczność systemu Windows, która pozwoliła nam na wykorzystanie tego samego oprogramowania, jakie zainstalowano w panelach HMI na obszarach bezpiecznych. Byliśmy również pod wrażeniem solidnej konstrukcji oraz jakości wykonania urządzenia, które mieliśmy okazję przetestować”.

Panel Open HMI ET-456 to łatwy w utrzymaniu produkt, który nie zawiera żadnych wentylatorów, części ruchomych ani baterii. System posiada pełną certyfikację dla stref gazowych i pyłowych. Ekran dotykowy jeszcze bardziej zwiększa wygodę użytkownika, co ma szczególne znaczenie w pomieszczeniach sterylnych w przemyśle spożywczym, gdzie personel jest w stanie obsługiwać system nawet w pełnym ubraniu ochronnym. W razie potrzeby dostępne są również dodatkowe akcesoria, takie jak osobne klawiatury, wskaźniki i specjalne urządzenia do wprowadzania danych, np. czytniki kart Mifare czy czytniki kodów kreskowych. System operacyjny Windows jest zainstalowany fabrycznie na urządzeniu, dzięki czemu wystarczy je tylko podłączyć, aby móc się cieszyć czasem eksploatacji na poziomie ponad 50 000 godzin.

### Najnowocześniejszy sprzęt

Systemy Open HMI można nie tylko zainstalować (postawić lub powiesić) jako samodzielne urządzenia, lecz również w pełni zintegrować z panelami sterowania. Mimo solidnej konstrukcji są to urządzenia łatwe w konserwacji. Odpowiednio przeszkolony personel może otworzyć obudowę urządzenia w celu wymiany jego elementów, bez konieczności opuszczenia strefy. W środku systemy składają się z modułów, z których każdy ma indywidualnie dobrany, optymalny typ ochrony.

Centralnym elementem urządzeń zainstalowanych w destylarni Ardmore jest procesor Intel Pentium M. W tym konkretnym miejscu procesory te mogą zagwarantować konsekwentnie



*Fot. 2. Dzięki wyjątkowej efektywności energetycznej najnowsza generacja systemów Open HMI firmy R. STAHL charakteryzuje się jeszcze większą tolerancją temperaturową*

dobłą wydajność i dużą efektywność energetyczną. Jednak w innych lokalizacjach ich wydajność może się zmniejszyć. W przypadku bardzo wysokich temperatur otoczenia, wynoszących do 50°C, które zdarzają się czasami w strefach zagrożonych wybuchem, procesory Pentium M zmniejszają częstotliwość taktowania zegara w celu uniemożliwienia nadmiernego wzrostu temperatury wewnątrz zamkniętej obudowy. Dlatego też najnowsza generacja systemów Open HMI jest wyposażona w procesory Intel Atom. One również nie wymagają wentylatorów wewnątrz obudów, a dzięki zmniejszonym wymaganiom energetycznym systemy te mogą stale pracować w temperaturach od -30°C do +50°C (a przez krótki czas nawet w +55°C), co nie ma wpływu na ich wydajność. Szeroki wybór międzynarodowych certyfikatów gwarantuje możliwość zainstalowania tych rozwiązań na całym świecie.

### Podsumowanie

W przeciwieństwie do produktów procesu destylacji, które odpowiednią jakość osiągają w miarę upływu czasu, rozwiązania HMI zainstalowane w destylarni Ardmore sprawdziły się od samego początku. Urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym zostały terminowo dostarczone w styczniu 2008 roku, a zainstalowano je w lipcu, gdy zakład był zamknięty na czas konserwacji. Systemy te miały okazję się wykazać przez ponad dwa lata pracy. Operatorzy wciąż są zadowoleni z ich konstrukcji, konfiguracji i wydajności. Nieustanna optymalizacja i modernizacja serii Open HMI nie ogranicza się do stosowania najnowocześniejszych procesorów, ale obejmuje również zmiany wielkości ekranów. Obecnie dostępne są szerokokątne ekrany 24-calowe o rozdzielczości full HD.

Abdelkarim Habib – Federalny Instytut Badań Materiałowych (BAM), Berlin, Niemcy

Gero Bonow, Andreas Kroll – Instytut Pomiarów i Sterowania Uniwersytetu w Kassel, Niemcy

Jens Hegenberg, Ludger Schmidt – Instytut Projektowania Systemów Człowiek-Maszyna Uniwersytetu w Kassel, Niemcy

Thomas Barz i Dirk Schulz – Fraunhofer FKIE, Systemy bezzałogowe, Wachtberg, Niemcy

## Projekt badawczy ROBOGASINSPECTOR: wykrywanie wycieków gazu za pomocą autonomicznych robotów mobilnych

W ramach programu „AUTONOMIK” Federalnego Ministerstwa Gospodarki i Energetyki Niemiec dziewięciu partnerów stworzyło prototyp autonomicznego robota mobilnego służącego do wykrywania wycieków gazu w dużych zakładach przemysłowych. Autonomiczną mobilność systemu zapewniają różnego rodzaju czujniki do automatycznej lokalizacji i nawigacji. System ma również funkcję ręcznej obsługi zdalnej. Robot został wyposażony w technologię wizyjnej i zdalnej detekcji gazu, dzięki czemu może wykonywać inspekcje w zakładach przemysłowych bez konieczności wjeżdżania na potencjalnie niebezpieczne obszary oraz bez obecności ludzi.

Robot może służyć zarówno do rutynowych inspekcji całych zakładów, jak i do systematycznych kontroli określonych ich części. Dzięki technologii zdalnych pomiarów możliwa jest też inspekcja tych części zakładu, do których trudno dotrzeć z użyciem tradycyjnych przyrządów pomiarowych.

Łatwopalne i toksyczne substancje są często używane na terenie zakładów przemysłowych. W celu zagwarantowania bezpieczeństwa operacyjnego oraz wyeliminowania zagrożeń dla ludzi, środowiska oraz mienia należy za wszelką cenę unikać nieprzewidzianych wycieków takich substancji. W branży technologii bezpieczeństwa przyjęło się założenie, że mniejsze usterki, które można w łatwy sposób kontrolować, pozwalają przewidywać poważniejsze uszkodzenia obiektów [1]. Z tego względu w zakładach wykonuje się regularne inspekcje. Prawidłową pracę obiektu weryfikuje jego pracownik, najczęściej bez użycia przyrządów pomiarowych. W oparciu o swoje doświadczenie wykonuje oględziny oraz szuka nieprawidłowych dźwięków i zapachów.

Projekt RoboGas<sup>Inspector</sup> ma na celu stworzenie i przebadanie systemu człowiek-maszyna obejmującego autonomiczne roboty mobilne, dzięki któremu możliwe byłoby monitorowanie wycieków gazu w dużych zakładach przemysłowych oraz autonomiczne lokalizowanie zidentyfikowanych wycieków. Autorzy projektu założyli, że autonomiczny system inspekcji zapewnia lepszą jakość i wydajność dzięki zastosowaniu nowoczesnych przyrządów pomiarowych i zwalnia personel

zakładu z konieczności wykonywania monotonnych, rutynowych zadań. Zastosowanie technologii wideo oraz zdalnej detekcji gazu umożliwi również obiektywne i mierzalne porównywanie tras inspekcji i pomiarów dokonanych podczas inspekcji. Automatyczna rejestracja wyników pozwala operatorom zakładów na dokumentowanie faktu monitorowania systemów. Wykorzystanie robota inspekcyjnego niesie ze sobą szczególne korzyści w zakładach, w których obecne są gazy toksyczne, ponieważ personel nie musi regularnie wchodzić na potencjalnie niebezpieczne obszary, przez co minimalizuje się zagrożenie zdrowia. W dalszej części tekstu przedstawione zostaną wybrane wyniki projektu RoboGas<sup>Inspector</sup>.

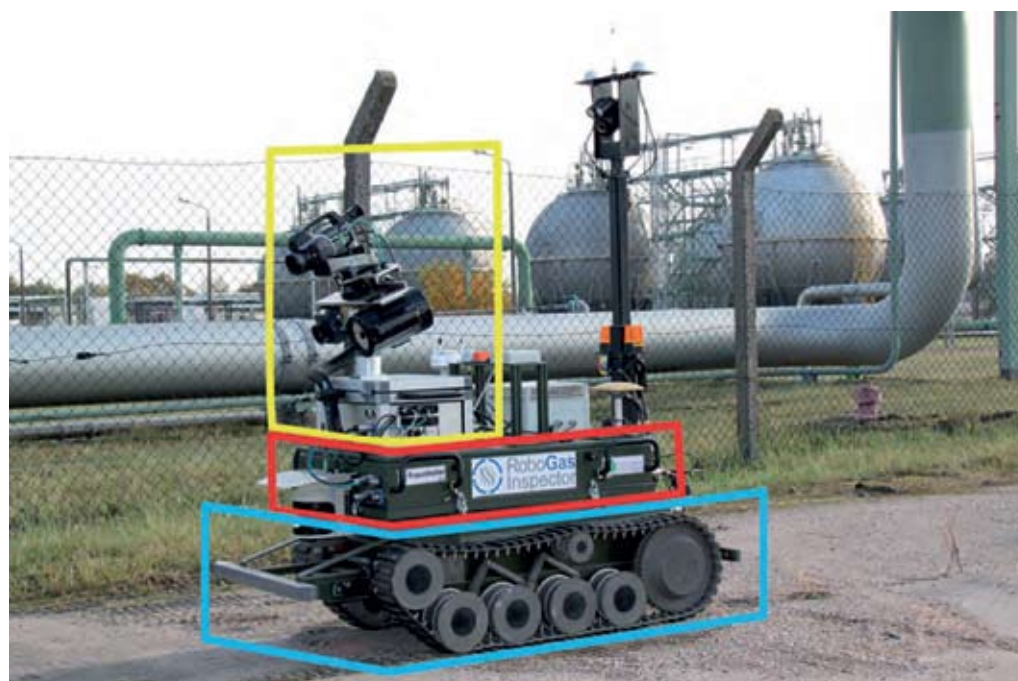
### OGólne informacje na temat projektu

W ramach projektu RoboGas<sup>Inspector</sup> stworzono prototyp częściowo autonomicznego robota inspekcyjnego i poddano go pomyślnie zakończonym badaniom laboratoryjnym oraz terenowym. System obejmuje autonomiczne, mobilne roboty inspekcyjne służące do wykrywania gazu i lokalizowania wycieków, roboty do zdalnego sterowania np. zaworami [2] oraz sterownię do planowania, monitorowania, dokumentowania oraz zdalnej obsługi.

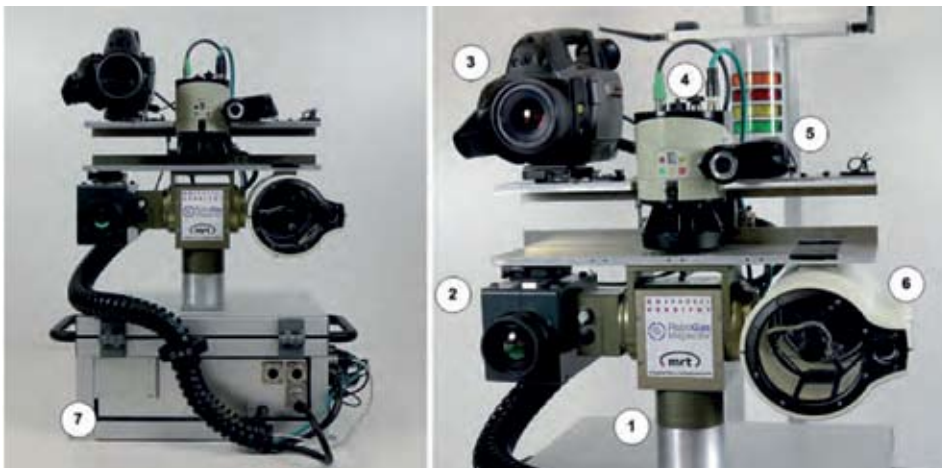
Robota inspekcyjnego tworzą trzy elementy (rys. 1): mobilna platforma z napędem łańcuchowym przeznaczona do stosowania na zewnątrz, moduł nawigacyjny oraz moduł inspekcji. Platforma tEODor została wykonana przez firmę Cobham (telerob Gesellschaft für Fernhandlungstechnik mbH) specjalnie z myślą o użyciu w terenie. Składa się z elektrycznego układu napędowego oraz standardowych akumulatorów samochodowych, które zasilają również moduł nawigacyjny i moduł inspekcji (5, 12 i 24 V).

Szczegółowy opis sprzętowy znaleźć można w referacie [3] – poniżej podany zostanie opis skrócony. System czujników w module nawigacyjnym obejmuje laserowe skanery 2D zamontowane z przodu i z tyłu robota oraz odbiornik (D) GPS. System GPS przeznaczony jest głównie do stosowania w terenie, tam gdzie sygnał GPS jest wystarczająco silny. System (D)GPS służy głównie do auto-lokalizacji i nawigacji na otwartych przestrzeniach, na których nie ma żadnych przeszkód. Do nawigacji w pomieszczeniach, na obszarach o słabszym sygnale GPS oraz z wieloma przeszkodami służą skanery laserowe 2D. W oparciu o załadowaną wcześniej cyfrową mapę objeżdżanego obszaru robot stale weryfikuje faktyczną odległość zmierzoną przez jego skanery 2D. Dzięki temu wie, w którym miejscu na mapie się znajduje i gdzie może się spodziewać przeszkód. Na mapie mogą być zaznaczone nie tylko przeszkody, ale również obszary, na które robot nie ma wstępu (np. strefa zagrożona wybuchem 1 czy obszary z trudnymi do wykrycia przeszkodami).

Skanery laserowe 2D są również wykorzystywane do wykrywania przeszkód, które nie zostały oznaczone na mapie. Mogą to być na przykład poruszające się pojazdy lub osoby obecne na danym terenie bądź też obiekty nieruchome, takie jak palety lub beczki. Jeżeli robot wykryje na swojej drodze przeszkodę, wykorzysta pozyskane dane do uniknięcia zderzenia i obliczy trasę z pominięciem przeszkody. Jeżeli taka trasa nie będzie możliwa, robot poczeka, aż trasa znów stanie się przejezdna. Robot wyposażony jest również w czujniki nachylenia, dzięki czemu nie będzie się poruszać po nachylonych powierzchniach, na których mógłby się przewrócić.



Rys. 1 Robot inspekcyjny RoboGasInspector składający się z platformy (na niebiesko), modułu nawigacyjnego (na czerwono) i modułu pomiarowego (na żółto)

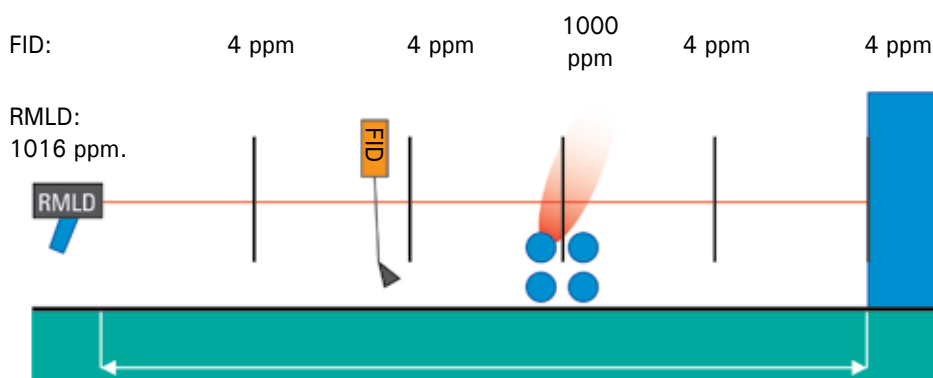


Rys. 2 Moduł inspekcji: element z funkcją obracania i przechylania (1), kamera na podczerwień (2), kamera termowizyjna (3), skaner laserowy (4), kamera wideo (5), detektor RMLD (6), szafka sterownicza z komputerem (7)

Moduł inspekcji (rys. 2) składa się z elementu z funkcją obracania i przechylania (PTU, Schunk PW90), na którym zamontowane są systemy zdalnej detekcji gazu. Na technologię zdalnej detekcji gazu składa się głównie dostarczony przez firmę SEWERIN aktywny detektor wycieku metanu (ang. *Remote Methane Leak Detector*, RMLD), oparty na technologii przestrajalnego lasera diodowego (ang. *Tunable Diode Absorption Spectroscopy*, TDLAS). Sensor emituje wiązkę laserową w paśmie podczerwieni. Jeżeli wiązka natrafi na jakąś powierzchnię, zostanie odbita z rozproszeniem, a pozostałe odbite natężenie będzie zmierzone przez detektor RMLD. W przeciwieństwie do standardowych laserów laser RMLD stale przełącza się między dwiema długościami fali. Jeżeli wiązka napotka na swojej drodze na metan, światło lasera zostanie pochłonięte – w zależności od stężenia gazu – za pomocą jednej długości fali, podczas gdy metan nie wpłynie na światło lasera, gdy aktywna będzie porównawcza długość fali. Detektor RMLD przekształca różnicę pomiędzy natężeniami światła w całkowite stężenie gazu z wykorzystaniem prawa Lamberta-Beera. Tradycyjne, miejscowe przyrządy do pomiaru gazu podają stężenie gazu w ppm lub % obj. Z kolei detektor RMLD podaje stężenie w ppm • m, ponieważ pomiar nie jest wykonywany w jednym punkcie, ale na trasie pomiarowej, na której świeci wiązka lasera. Pomiar wykonywany przez detektor RMLD nie informują o tym, czy mamy do czynienia z dużą chmurą o niskim stężeniu czy małą chmurą o wysokim stężeniu (rys. 3).

Wyniki pomiarów z użyciem detektora RMLD zależą od długości trasy pomiarowej. W celu uwzględnienia takiej zależności moduł inspekcji został wyposażony w miernik odległości lasera, który dostarcza informację o długości trasy pomiarowej dla każdego pomiaru RMLD. W systemie RoboGas<sup>Inspector</sup> całkowite stężenie gazu zmierzone przez detektor RMLD jest dzielone przez długość trasy pomiarowej. Dlatego też podane w ppm stężenie gazu jest średnim stężeniem na trasie pomiarowej. Porównanie tej wielkości ze stężeniem gazu ziemnego pozwoli łatwiej i w sposób bardziej wiarygodny wykryć potencjalny wyciek.

Na module inspekcji zainstalowano również kamerę na podczerwień (InfraTec VarioCam hr head) oraz pasywny system zdalnej detekcji gazu (kamerę termowizyjną FLIR GF320) [3]. Kamera na podczerwień umożliwia wykrywanie wycieków dzięki temu, że mają one różną temperaturę na powierzchni – wysoką, gdy wydobywają się gorące gazy, i niską, gdy gazy rozprężają się, a ich temperatura w miejscu wycieku spada. Kamera na podczerwień może również służyć do wykrywania innych niepożądanych warunków na terenie zakładu, np. przegrzewających się łożysk kulkowych w pompach, bądź wycieku cieczy, które podczas parowania tworzą zimną kałużę. W przeciwieństwie do detektora RMLD, który wykrywa wyłącznie metan, zastosowana w robocie kamera termowizyjna umożliwia wykrywanie innych gazów, np. z homologicznego



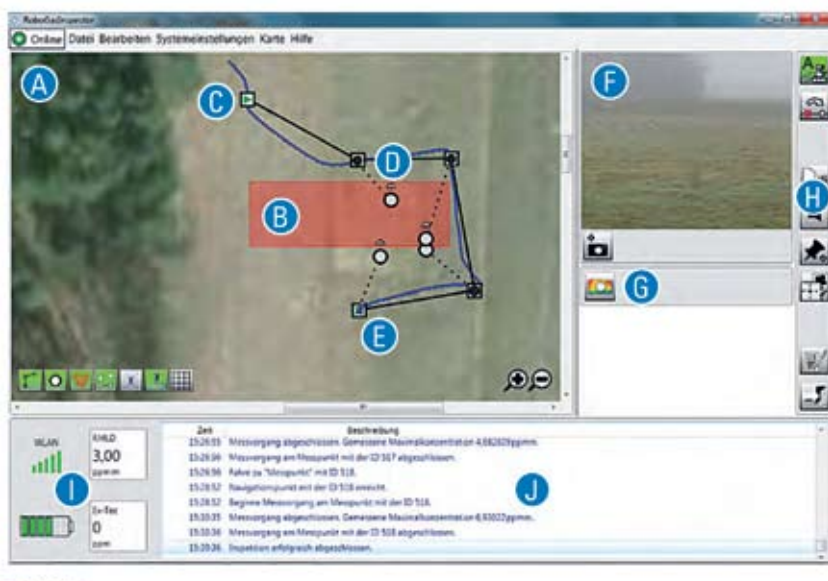
Rys. 3 Porównanie pomiarów wykonanych przez detektor RMLD oraz miejscowy przyrząd pomiarowy



szeregu alkanów. Jako że kamera jest pasywnym przyrządem pomiarowym (tj. wykorzystuje wyłącznie promieniowanie ciepłe z tła), jej czułość jest o 100 razy niższa od czułości aktywnego detektora RMLD (jego czułość przy trasie pomiarowej o długości 30 m wynosi 10 ppm • m).

Mimo zastosowania technologii zdalnej detekcji gazu nie można jednak wykluczyć, że robot w pewnym momencie będzie otoczony przez atmosferę wybuchową (np. w przypadku nagłych zmian kierunku wiatru lub uwolnienia gazu). Dlatego też zastosowano miernik gazu (Sewerin EX-TEC HS 680), którego wyjście alarmowe wyłącza zasilanie całego systemu w razie przekroczenia progu 4% DGW metanu.

Z myślą o zdalnej diagnostyce i obsłudze, na module pomiarowym zainstalowano kamerę wideo. Obraz z niej można oglądać w sterowni (rys. 4), dzięki czemu operator może szczegółowo analizować określone części zakładu bez konieczności udawania się do nich. Ponadto robot inspekcyjny został wyposażony w systemy komputerowe służące do autonomicznej nawigacji i detekcji wycieków gazu oraz złącze WLAN (IEEE 802.11 bgn). Służy ono do przesyłania wszystkich danych pomiarowych do sterowni oraz, w razie potrzeby, do zdalnego sterowania robotem z poziomu sterowni.



Rys. 4 Zrzut ekranu z oprogramowania sterowni. (A) Możliwa do przybliżenia mapa lub obraz satelitalny obszaru poddawanego inspekcji. (B) Ręcznie określony obszar, na który robot nie ma wstępu. (C) Punkt rozpoczęcia trasy inspekcji. (D) Punkt, w którym konieczne jest wykonanie jakiejś funkcji. W tym punkcie zdefiniowano pomiar inspekcyjny – punkt docelowy wskazują białe kółka połączone przerywaną linią. (E) Punkt końcowy trasy. Niebieska linia wskazuje faktycznie pokonaną trasę. (F) Obraz z kamery wideo robota. (G) Dodatkowe obrazy, np. z kamery na podczerwień lub kamery termowizyjnej. (H) Elementy sterowania. (I) Wskazania stanu robota oraz technologii detekcji gazu. (J) Protokół wszystkich komunikatów stanu

Po dogłębnym przeanalizowaniu założonych zadań określono podział prac pomiędzy ludźmi i maszyną [4]. Instytut Projektowania Systemów Człowiek-Maszyna niemieckiego Uniwersytetu w Kassel zaprojektował, wdrożył i przebadał interfejs HMI w sterowni. Stworzono algorytmy nawigacji i mobilności (Fraunhofer FKIE) oraz strategię detekcji gazu i lokalizacji wycieków (Instytut Pomiarów i Sterowania Uniwersytetu w Kassel), które przebadano w symulacjach oraz szeroko zakrojonych testach w terenie. Testy i symulacje poświęcone dyspersji gazu wykonano w Niemieckim Federalnym Instytucie Badań Materiałowych (BAM), tak aby dane były jak najbardziej realistyczne i umożliwiały opraco-

wanie strategii detekcji wykrywania gazu i lokalizacji wycieków [5]. Dane doświadczalne uzyskane z badań w terenie wykorzystano do weryfikacji symulacji za pomocą metody obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) w programie ANSYS CFX. Z kolei wyniki symulacji zostały wykorzystane w symulacjach robota w celu stworzenia algorytmów detekcji gazu i lokalizacji wycieków. Działanie systemu RoboGas<sup>Inspector</sup> przebadano w zakrojonych na szeroką skalę testach na terenie zakładów przemysłowych. Funkcjonowanie całego systemu, z autonomiczną nawigacją i detekcją wycieków, w rzeczywistych zakładach (ryg. 5) przebadano z pomocą partnerów – GASCADE i PCK.



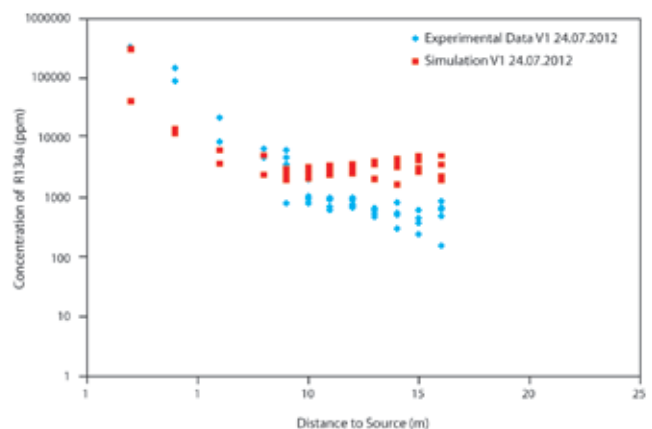


Rys. 5 Zakłady, w których przeprowadzono testy: rafineria ropy PCK w niemieckim Schwedt (u góry) oraz tłocznia gazu ziemnego GASCADE w niemieckim Reckrod (u dołu). Zdjęcia: PCK i GASCADE

## Rozprzestrzenianie się gazu i testy systemu

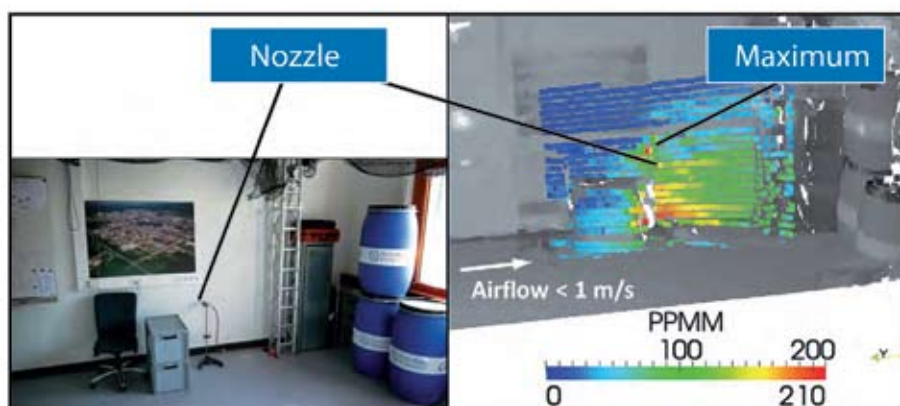
W ośrodku testowania bezpieczeństwa technicznego Instytutu BAM w niemieckim Horstwalde przeprowadzono testy dyspersji gazu, polegające na uwolnieniu czynnika chłodniczego R134a z przepływem masowym wynoszącym ok. 50 g/s. Aby dyspersja była jak najbardziej zbliżona do rzeczywistości, zbudowano walec o średnicy 5 m i wysokości 4 m, który pełnił rolę przeszkody na drodze przepływu i symbolizował zbiornik, jaki znaleźć można w wielu zakładach przemysłowych. Symulacje tego scenariusza z wykorzystaniem programu ANSYS CFX wykazały dużą zgodność z pomiarami. Na rys. 6 pokazano porównanie zmierzonego maksymalnego stężenia z maksymalnymi wartościami symulacji chwilowej do celów testowania. Przy każdej kolejnej pozycji w trakcie pomiarów umieszczono kilka czujników, jeden obok drugiego. Zmierzone wartości oraz odpowiadające im wyniki symulacji z wszystkich czujników pokazano na rys. 6. Wahania zmierzonego stężenia są pokazane dla każdej odległości. Uwzględniając wszystkie doświadczenia, symulacja wykazała dość dobry gradient stężenia pod kątem jakości oraz ilości.

Następnie uzyskane dane zostały wykorzystane do opracowania strategii lokalizacji wycieków, które zostały potem ponownie użyte w testach laboratoryjnych oraz terenowych. Wycieki lokalizowane są podczas wieloetapowej procedury.



Rys. 6 Porównanie zmierzonych wartości stężenia na odcinku od źródła z przepływem masowym czynnika chłodniczego R134a 55 g/s, z wynikami symulacji z wykorzystaniem programu ANSYS CFX

Najpierw określany jest kierunek maksymalnego widocznego stężenia gazu. Na rys. 7 pokazano test w warunkach laboratoryjnych. W tym teście z dyszy o średnicy 0,1 mm wypusz-



Rys. 7 Pomiar testowy z użyciem detektora RMLD w warunkach laboratoryjnych, przy przepływie masowym wycieku 2 mg/s (metan 2,5), bez uwzględnienia długości trasy pomiarowej

czono metan o przepływie masowym ok. 2 mg/s (czyli mniej więcej ilość wydobywająca się z zapalniczki gazowej). Nawet jeżeli niemożliwe jest odczytanie stężeń bezwzględnych, dość wyraźnie widoczne są przynajmniej widoczne maksimum i obszary o potencjalnie podwyższonych stężeniach. Na tej podstawie wykonano po raz pierwszy skanowanie laserem RMLD w miejscu inspekcji z użyciem grubej osłony. Po wykryciu znacznego stężenia kierunek potencjalnego wycieku określany jest w oparciu o gradient stężenia i z wykorzystaniem coraz cieńszych osłon (strategia detekcji w oparciu o dynamiczne osłony, DRS [6]). Następnie robot zostaje przesunięty bokiem do przyjętego położenia wycieku i proces zostaje powtórzony. W oparciu o wyniki pomiarów z różnych punktów widzenia wyciek zostaje zlokalizowany za pomocą triangulacji.

Poza różnymi testami pod koniec projektu wykonano również test na terenie zakładów przemysłowych. Miał on na celu

zademonstrowanie wszystkich funkcji robota. Trasę testu pokazano na rys. 8. Szczególnie interesuje nas trasa pomiędzy punktem 1 i 7. Punkty od A do D symbolizują dodatkowe zadania, takie jak testowanie systemu zatrzymania awaryjnego, który wyłącza zasilanie robota po przekroczeniu progu 4% DGW metanu (punkt C), demonstracja sterowni w kontekście planowania i monitorowania inspekcji (punkt D) oraz zdalna obsługa (punkt B). Trasa testowa zaczyna i kończy się w punkcie 1. Inspekcji na trasie wymagały mostek do rurociągów (punkt 2) i rurociągi (punkt 3) z rozmieszczonymi w sposób losowy symulowanymi wyciekami. W punkcie 4 konieczne było ominięcie zdefiniowanego, ograniczonego obszaru w celu podejścia do punktu inspekcji 5. Pomiędzy punktami 1 i 5 lokalizacja i nawigacja opierały się na skanerach laserowych 2D oraz mapie cyfrowej, a na wolnej przestrzeni pomiędzy punktami 5 i 7 – na module GPS. W punkcie 7 za pomocą beczek stworzono symulację wąskiego gardła.



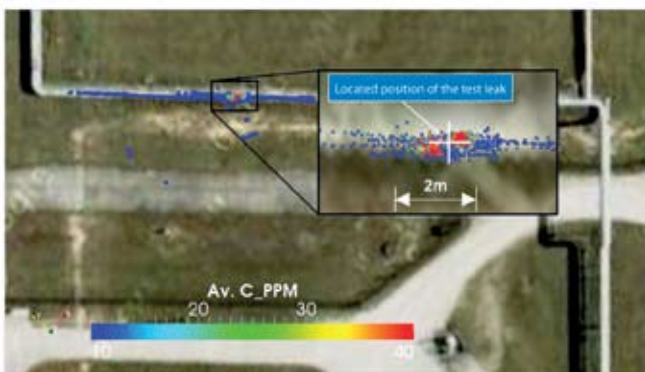
Rys. 8 Ostatni test w rafinerii PCK w niemieckim Schwedt mający na celu zademonstrowanie funkcji systemu RoboGasInspect (Źródło: Mapy Google)



Robot był sterowany zdalnie, a następnie kontynuował trasę autonomicznie aż do punktu rozpoczęcia. Zadania nawigacji i inspekcji zostały wykonane perfekcyjnie. Na rys. 9 przedstawiono obraz stężenia z lasera RMLD wzdłuż rurociągu, przy czym symulowany wyciek umieszczono w punkcie inspekcji 3. Robot znajduje się w dolnej części rys. 9, a rurociąg z rys. 8 widać wyraźnie w górnej części ilustracji. Widoczna jest chmura gazu wokół symulowanego wycieku z maksymalnym stężeniem w miejscu wycieku (czerwone kropki na obrazie). Robot również to wykrył. W ostatnich testach symulowane wycieki zlokalizowano w ciągu około 3 minut, z dokładnością do 0,5 m (1 s) z zastosowaniem objętościowego natężenia przepływu 150 l/godz. Podobne wyniki i więcej szczegółowych informacji na temat strategii lokalizacji wycieków znaleźć można w [7].

## Podsumowanie

Dzięki zastosowaniu technologii zdalnej detekcji gazu prototyp robota inspekcyjnego i serwisowego, stworzony w ramach projektu RoboGas<sup>Inspector</sup> do celów autonomicznej detekcji gazu i lokalizacji wycieków, umożliwia wykonywanie zdalnych inspekcji i zdalnej lokalizacji potencjalnych wycieków gazu w zakładach przemysłowych. Możliwe są również inspekcje miejsc trudno dostępnych. W większości przypadków możliwe jest zachowanie odpowiedniej odległości od wycieku, dzięki czemu robot nie musi wjeżdżać do przestrzeni zagrożonych wybuchem. W serii szczegółowych badań prototyp systemu potwierdził swoją funkcjonalność i spełnił wszystkie stawiane przed nim wymagania dotyczące mobilności oraz funkcji inspekcji. Jednak zanim możliwe będzie jego zastosowanie w przemyśle, konieczne są dodatkowe prace dotyczące chociażby ochrony przeciwwybuchowej, mobilności, czujników i oprogramowania (np. zgodnie z normą ISO/IEC 9126). Do celów zastosowań komercyjnych konieczne jest również dopracowanie kwestii prawnych dotyczących autonomicznej pracy (np. odpowiedzialność za produkt, gwarancja itp.).



Rys. 9 Nakładające się na siebie wartości zmierzone przez detektor RMLD na rurociągu w trakcie ostatnich testów. Wyraźnie widoczne jest położenie wycieku testowego (WGS 84: N53.10810, E14.23158). Robot był w stanie go zlokalizować w trzech krokach (tło: Mapy Google)

## Podziękowania

Projekt RoboGas<sup>Inspector</sup> jest sponsorowany przez Federalne Ministerstwo Gospodarki i Energetyki Niemiec w oparciu o decyzję Bundestagu.

Projekt badawczy RoboGas<sup>Inspector</sup>: Detekcja wycieków gazu za pomocą autonomicznych robotów mobilnych, autor Karim Habib, opublikowany w czasopiśmie branżowym Technische Sicherheit 5/2013, przedruk w Ex-Zeitschrift 2014 oraz Ex-Magazine 2014.

## Literatura

- [1] Kroll A.: A survey on mobile robots for industrial inspection. W: *Int. Conf. on Intelligent Autonomous Systems IAS 10* (Baden-Baden, Niemcy, 2008), s. 406–414.
- [2] Hegenberg J.; Cramar L.; Schmidt L.: *Task- and user-centered design of a human-robot system for gas leak detection: From requirements analysis to prototypical realization*. W: Petrovic I.; Korondi P. (ed.): *10th International IFAC Symposium on Robot Control*. Dubrownik, Chorwacja 2012. Dubrownik: International Federation of Automatic Control (IFAC), 10 (2012), s. 793–798.
- [3] Soldan S.; Welle J.; Barz T.; Kroll A.; Schulz D.: *Towards autonomous robotic systems for remote gas leak detection and localization in industrial environments*. *8th International Conference on Field and Service Robotics (FSR2012)*, Matsushima, Japonia, wyd. 8 (2012).
- [4] Schmidt L.; Hegenberg J.; Cramar L.: *Mensch-Roboter-System zur Gaslecksuche: Von der Anforderungserhebung zur prototypischen Realisierung*. Wyd. Atp – Automatisierungstechnische Praxis 53 (2011) nr 12, s. 56–65.
- [5] Habib A.; Schalaus B.; Schmidt D.: *Comparing different methods for calculating the gas dispersion*. *CET – Chemical Engineering Transactions* 31 (2013), w druku.
- [6] Baetz W.; Kroll A.; Bonow G.: *Mobile robots with active IR-optical sensing for remote gas detection and source localization*. W: *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2009)*, s. 2773–2778, IEEE, Kobe, Japonia.
- [7] Bonow G.; Kroll A.: *Gas leak localization in industrial environments using a TDLAS-based remote gas sensor and autonomous mobile robot with the Tri-Max method*. W: *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA 2013)*, IEEE, Karlsruhe, Niemcy, w druku.

Rudolf Klemens, Marian Gieras – Politechnika Warszawska

## Pasywne i aktywne systemy tłumienia wybuchów pyłów przemysłowych Część II. Aktywne metody tłumienia wybuchów przemysłowych

Pierwsza część artykułu ukazała się w numerze 2/2015 „Magazynu Ex”



Rys. 1. Widok komory wybuchowej

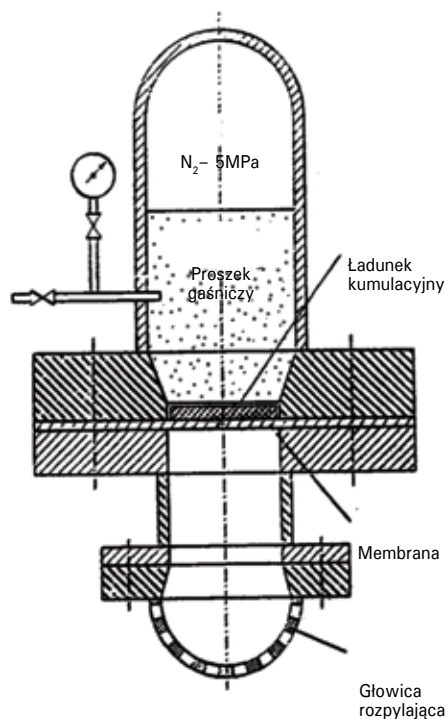
### Dynamika rozwoju wybuchów w komorach zamkniętych

Aby opracować skuteczny system tłumienia wybuchów, należy najpierw dobrze rozpoznać mechanizm rozwoju tego procesu. Proces wybuchu mieszanin pyłowo-powietrznych oraz hybrydowych (pyłowo-gazowo-powietrznych) nie został do tej pory w pełni rozpoznany. Istnieje szereg przyczyn tego stanu rzeczy. Zaliczamy tutaj przede wszystkim niemożność wytworzenia w praktyce idealnie jednorodnych mieszanin pyłowo-gazowych. Dotyczy to szczególnie badań prowadzonych w dużej skali. Niedostateczne nadal rozpoznanie wpływu turbulencji mieszaniny pyłowo-gazowej na dynamikę procesu wybuchu. Uwzględnienie wpływu turbulencji na proces wybuchu jest szczególnie trudne w warunkach przemysłowych, gdy nie można oszacować intensywności turbulencji mieszaniny pyłowo-gazowej w momencie zainicjowania wybuchu. Przyczyną tego jest fakt, że turbulencja mieszaniny zależy w głównej mierze od geometrii rozpatrywanej przestrzeni, która w różnych instalacjach może się zmieniać w bardzo szerokim zakresie.

Badania dynamiki rozwoju wybuchów pyłowych przeprowadzono w komorze wybuchowej o objętości 1,25 m<sup>3</sup>. Komora miała kształt poziomego walca o średnicy 630 mm zakończono dwiema czaszami. Średnica komory była w przybliżeniu równa jej długości. Widok komory przedstawiono na rys. 1.

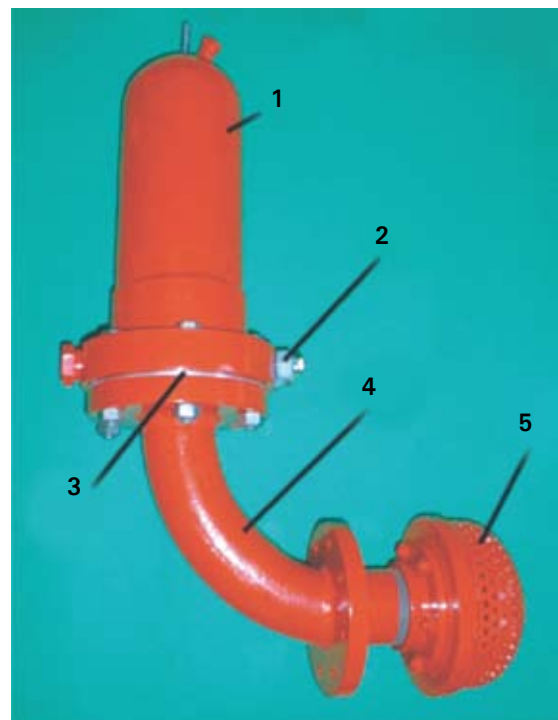
Aby lepiej poznać mechanizm propagacji wybuchów pyłowych, w Zakładzie Silników Lotniczych Politechniki Warszawskiej przeprowadzono kompleksowe badania tego procesu. W oparciu o uzyskane wyniki opracowano dwa superszybkie systemy tłumienia wybuchów, wykorzystujące małe ładunki kumulacyjne lub generatory gazu pracujące w oparciu o proch bezdymny lub ładunki pirotechniczne. Skuteczność tych systemów przedstawiono w niniejszej pracy.

### System wykorzystujący ładunki kumulacyjne do perforacji membrany

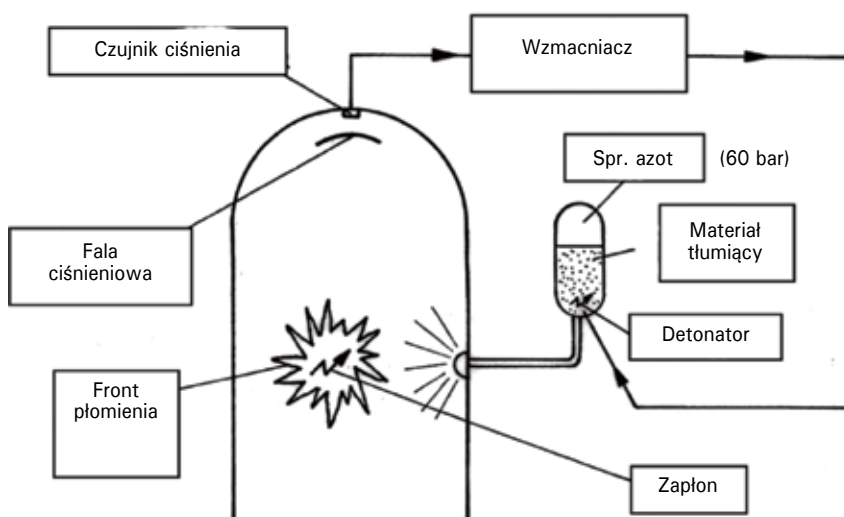


Rys. 2. Schemat systemu tłumiącego z ładunkiem kumulacyjnym

Zasadniczym elementem urządzenia jest zbiornik ciśnieniowy o pojemności 2 dm<sup>3</sup>. Zbiornik zamknięty jest od dołu membraną wykonaną ze stali nierdzewnej o grubości 3 mm. Po drugiej stronie membrany znajduje się układ wylotowy zakończony podwójną głowicą rozpylającą. Bezpośrednio na membranie, od strony zbiornika, przyklejony jest ładunek kumulacyjny o odpowiedniej geometrii, służący do jej rozerwania. Nad membraną znajduje się określona masa materiału tłumiącego, którym jest proszek gaśniczy lub woda. Widok urządzenia tłumiącego pokazano na rys. 3, a zasadę działania systemu tłumiącego na rys. 4.



Rys. 3. Widok urządzenia tłumiącego: 1 - zbiornik; 2 - elektrody; 3 - membrana; 4 - łącznik; 5 - głowica rozpylająca



Rys. 4. Schemat aktywnego systemu tłumienia wybuchów wyzwalanego sygnałem od czujnika ciśnienia lub fotodiody

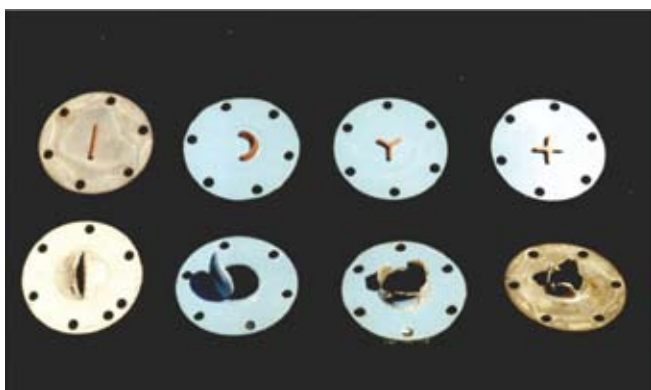


Rozwijający się wybuch generuje falę, która dociera do czujnika ciśnienia znacznie wcześniej niż płomień. Czujnik wysyła poprzez wzmacniacz sygnał do układu sterowania. Przy założonym nadciśnieniu w zbiorniku układ sterowania wysyła sygnał odpalający ładunek kumulacyjny w gaśnicy. Powoduje to rozerwanie membrany i wypchnięcie materiału tłumiącego przez sprężony azot znajdujący się nad jego powierzchnią, do przestrzeni chronionej. Wykorzystywane są przy tym specjalne głowice rozpylające. Do rozerwania membrany stosowano początkowo klasyczny ładunek kumulacyjny na bazie pentrytu, z miedzianą wkładką kumulacyjną i specjalną nakładką (rys. 5).

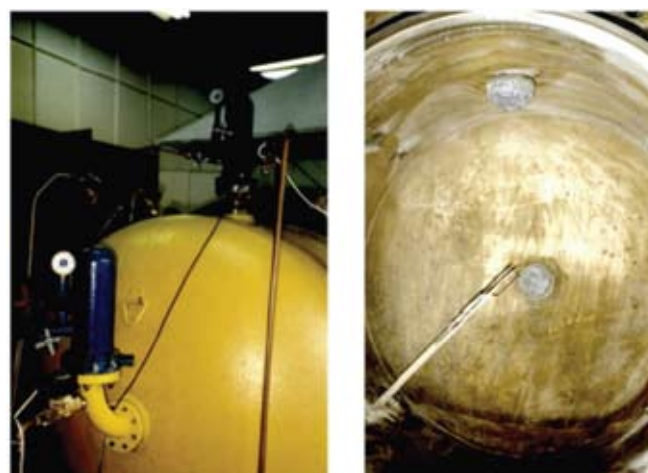


Rys. 5. Ładunek kumulacyjny przyczepiony do membrany (gotowy do działania) oraz wynik działania ładunku

Później okazało się, że stosując silniejszy materiał wybuchowy – heksogen – można zrezygnować z dodatków i umieścić odpowiednio ukształtowany ładunek bezpośrednio na membranie. Masa ładunku wynosiła ok. 3 g. Wynik zdetonowania takich ładunków pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Przykłady ładunków kumulacyjnych o różnej geometrii i odpowiadające im otwarcie stalowej membrany: a) kształt liniowy; b) kształt okrągły; c) kształt Y; d) kształt krzyżowy

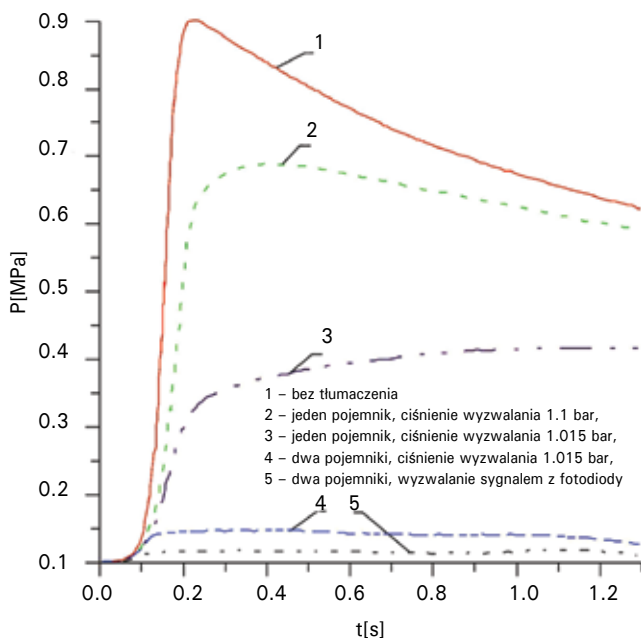


Rys. 7. Zdjęcie komory wybuchowej o objętości 1,25 m

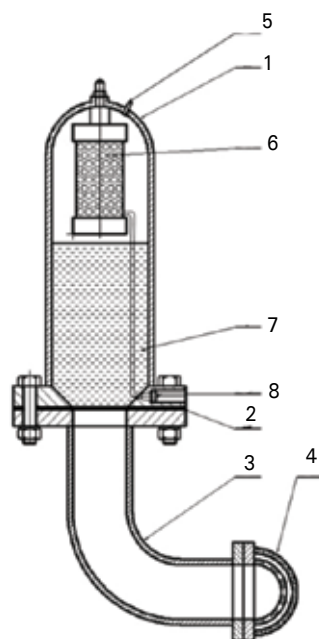
Do dalszych badań wybrano kształt krzyżowy, ponieważ zapewnia on pełne symetryczne otwarcie membrany i nie generuje odłamków. Czas otwarcia membrany jest tutaj bardzo krótki i wynosi zaledwie ok. 50 mikrosekund. System tłumiący sprawdzono w opisanej wcześniej komorze wybuchowej (rys. 7).



W badaniu wykorzystywano jeden lub dwa systemy tłumiące. Widoczne są głowice rozpylające zamocowane wewnątrz komory wybuchowej. Masa materiału tłumiącego w gaśnicy wynosiła 750 g proszku gaśniczego lub 750 wody. Tłumiono wybuch mieszaniny pyłu skrobi kukurydzianej z powietrzem o stężeniu  $C = 200 \text{ g/m}^3$ . Wyniki przeprowadzonych badań pokazano na rys. 8.



Rys. 8. Przebieg ciśnienia wewnątrz komory o objętości 1.25 m<sup>3</sup> podczas wybuchu pyłu skrobi kukurydzianej o stężeniu  $C = 0,26 \text{ kg/m}^3$ . Materiał tłumiący – proszek gaśniczy. Membrana rozerwana przez ładunek kumulacyjny. Proszek rozpylony przez sprężony azot



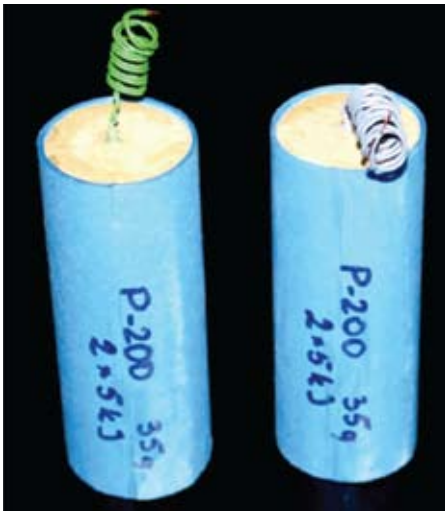
Jak widać, przy zastosowaniu dwóch gaśnic, co było konieczne z uwagi na obowiązujące normy (ok. 1100 g materiału tłumiącego na 1 m<sup>3</sup> chronionej przestrzeni), uzyskano bardzo dobre wyniki. Najlepsze wyniki są osiągane zawsze wtedy, kiedy system tłumiący wyzwalany jest sygnałem z fotodiody (a nie z czujnika ciśnienia) reagującej na rozwijający się wybuch.

### System wykorzystujący generator gazu do perforacji membrany i rozpylenia materiału tłumiącego w przestrzeni chronionej

Przedstawione wyżej rozwiązanie oprócz szeregu zalet ma również pewne wady. Wykorzystywany tam plastyczny materiał wybuchowy jest taki sam jak ten, którym posługują się terroryści. Powoduje to, że urządzenia takie podlegają bardzo rygorystycznej kontroli. Ponadto jakiegokolwiek rozszczelnienie butli i utrata poduszki sprężonego azotu czynią cały system bezużytecznym. Wobec tego opracowano inne rozwiązanie, które wykorzystuje generator gazu umieszczony wewnątrz butli, nad swobodną powierzchnią materiału tłumiącego. Schemat takiego rozwiązania pokazano na rys. 9. Jako generator gazu wykorzystuje się tutaj ładunek pirotechniczny lub prochowy, umieszczony w perforowanej stalowej komorze. Ilość wytworzonych produktów gazowych jest wystarczająco duża, by spowodować rozerwanie membrany i wypchnięcie materiału tłumiącego do przestrzeni chronionej. Widok generatorów gazu, perforowanej komory spalania oraz membrany pokazano na rys. 10, kolejne zaś fazy rozpylenia proszku gaśniczego na rys. 11. Przebieg procesu tłumienia przedstawiono na rys. 12–13.

1. Pojemnik gaśniczy
2. Membrana
3. Łącznik
4. Głowica rozpylająca
5. Czujnik ciśnienia
6. Perforowana komora spalania z generatorem gazu
7. Proszek tłumiący
8. Elektrody zapłonowe

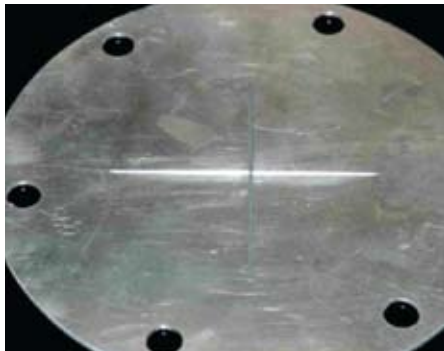
Rys. 9. Widok i schemat gaśnicy



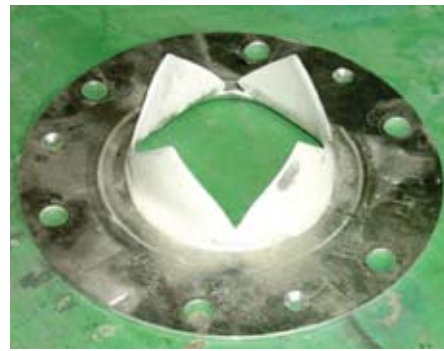
Widok ładunków wybuchowych



Stalowa perforowana komora spalania

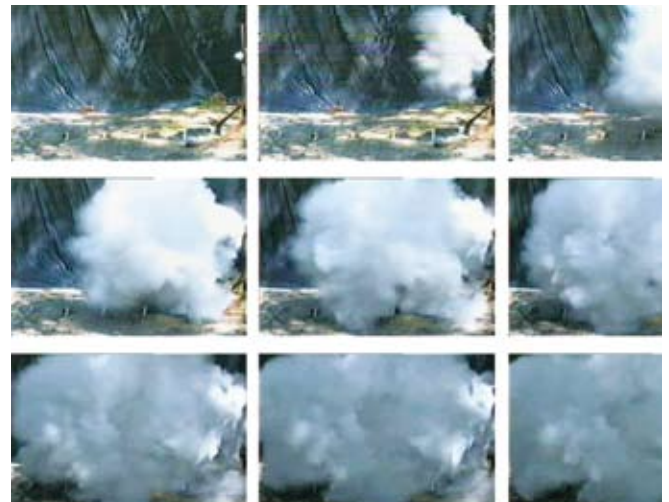


Aluminiowe membrany

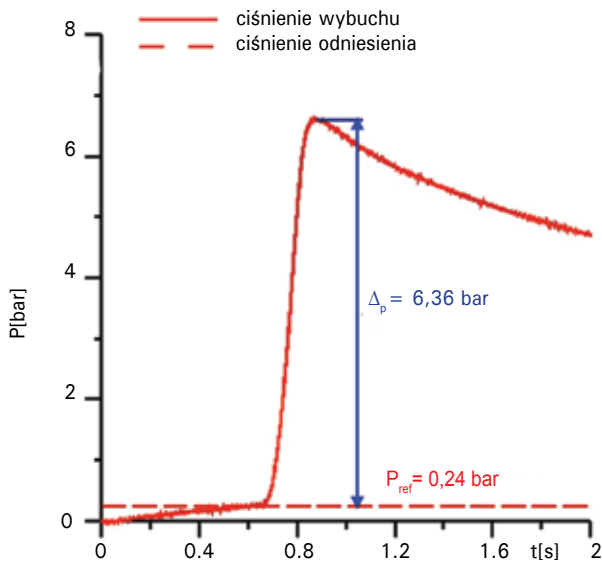


Rys. 10. Widok ładunków wybuchowych, komory spalania i membrany

Pokazują one wpływ liczby gaśnic, nadciśnienia aktywacji systemu oraz metody wyzwalania (czujnik ciśnienia lub fotodioda) na przebieg i skuteczność procesu tłumienia. Nadciśnienie odniesienia  $p_{ref}$  jest tutaj przyrostem ciśnienia w komorze wybuchowej wynikającym z pneumatycznego rozpylenia skrobi kukurydzianej oraz działania generatora gazu. Dopiero przyrost ciśnienia powyżej  $p_{ref}$  jest wynikiem przyrostu ciśnienia od rozwijającego się wybuchu skrobi kukurydzianej. Wąski pik ciśnienia powyżej 120 barów jest nadciśnieniem wytworzonym w butli przez generator gazu. Czas trwania tego piku nie przekracza 30 ms, tzn. w tym przedziale czasu cała masa materiału tłumiącego zostaje wyrzucona z butli. W okresie oczekiwania ciśnienie w butli jest równe ciśnieniu otoczenia.



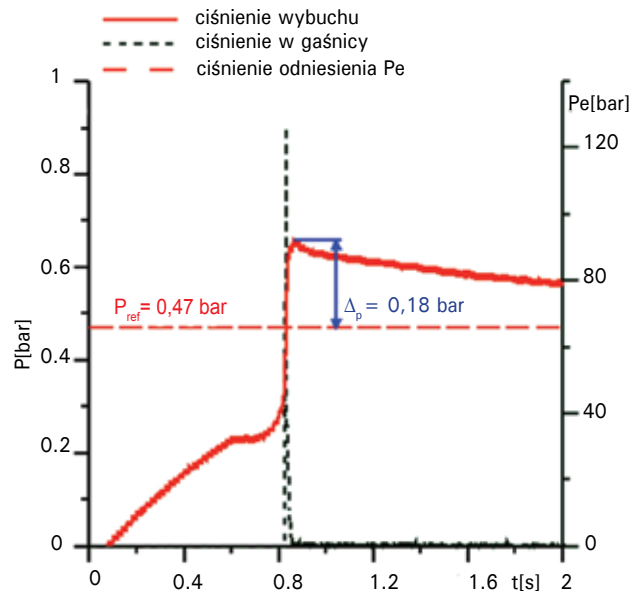
Rys. 11. Kolejne fazy rozpylenia proszku gaśniczego w powietrzu



Przebieg ciśnienia wewnątrz komory 1,25 m<sup>3</sup> podczas wybuchu pyłu skrobi kukurydzianej z powietrzem o stężeniu ( $C = 0,2 \text{ kg/m}^3$ ) bez tłumienia

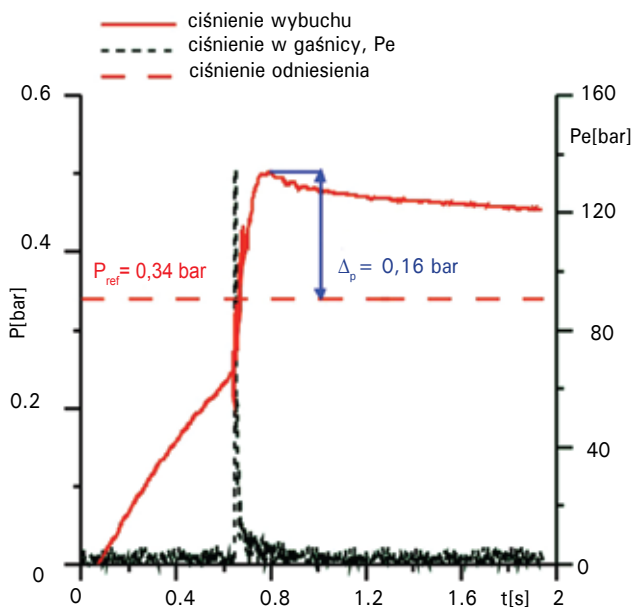
Rys. 12. Przebiegi ciśnienia

Kolejnym zadaniem było sprawdzenie odporności systemu na działanie drgań mechanicznych. Przeprowadzone badania wykazały, że w obecności drgań mechanicznych proszek gaśniczy ulega silnemu zbrzyleniu. Próby tłumienia wybuchu przeprowadzone w tych warunkach wykazały brak skuteczności systemu tłumienia. Aby temu zapobiec, zmodyfikowano



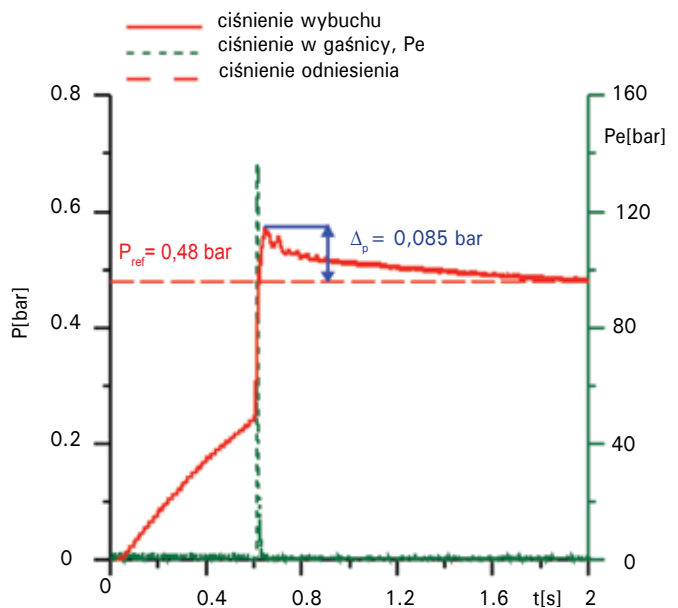
Przebieg ciśnienia wewnątrz komory 1,25 m<sup>3</sup> podczas wybuchu pyłu skrobi kukurydzianej o stężeniu ( $C = 0,2 \text{ kg/m}^3$ ). Wybuch tłumiony za pomocą dwóch gaśnic. Proszek gaśniczy. Nadciśnienie aktywacji 0,07 barów

wano perforowaną komorę spalania, wydłużając ją kanałem stożkowym w kierunku membrany. W ten sposób część strumienia powstających gazów skierowano bezpośrednio nad membranę. Spowodowało to rozdrobnienie zbrzydlonego proszku gaśniczego i ułatwiło rozpylenie go w przestrzeni chronionej. W efekcie system odzyskał swoją skuteczność w zakresie tłumienia wybuchów.

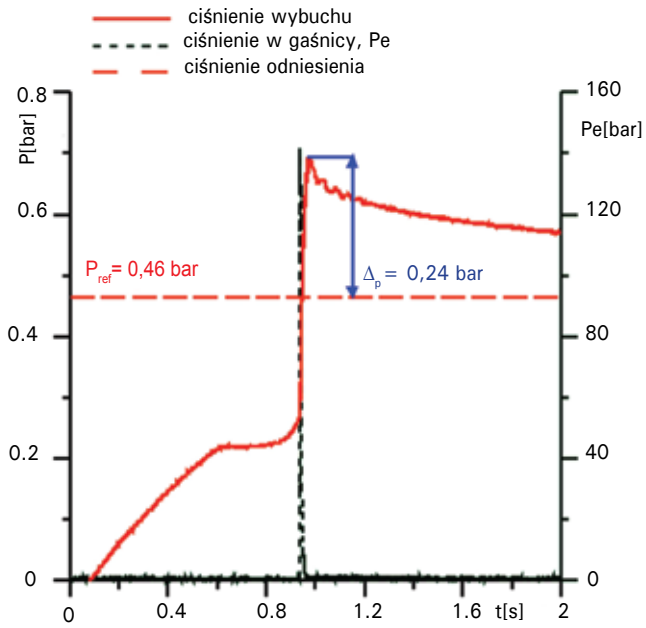


Przebieg ciśnienia wewnątrz komory 1,25 m<sup>3</sup> podczas wybuchu pyłu skrobi kukurydzianej o stężeniu  $C = 0,2 \text{ kg/m}^3$ . Jedna gaśnica na górze komory. Nadciśnienie aktywacji 0,05 bara

Rys. 13. Przebiegi ciśnienia

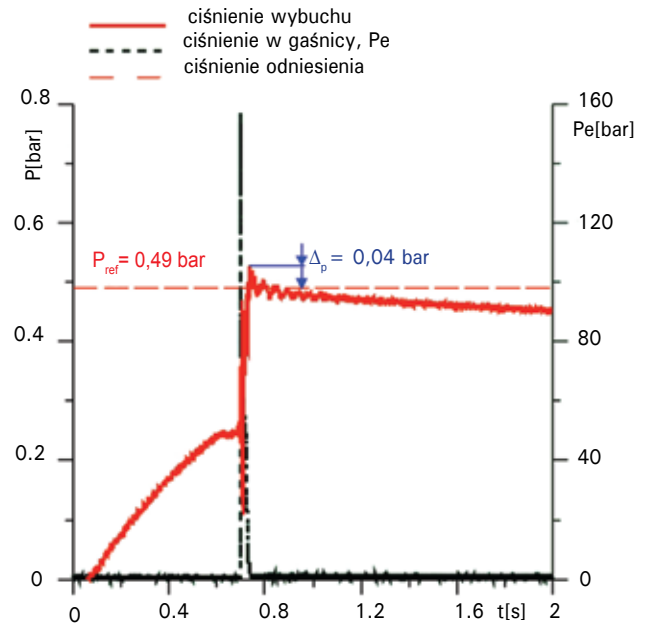


Przebieg ciśnienia w komorze 1,25 m<sup>3</sup> podczas wybuchu pyłu skrobi kukurydzianej o stężeniu  $C = 0,2 \text{ kg/m}^3$ . Dwie gaśnice. Nadciśnienie aktywacji 0,05 bara

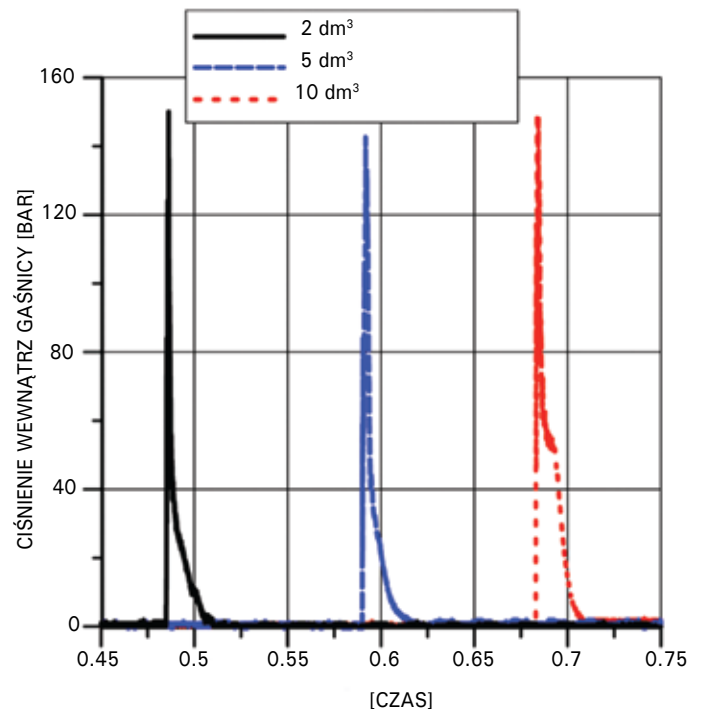


Przebieg ciśnienia wewnątrz komory 1,25 m<sup>3</sup> podczas wybuchu pyłu skrobi kukurydzianej o stężeniu ( $C = 0,2 \text{ kg/m}^3$ ). Dwie gaśnice. Proszek gaśniczy zbrłony. Nadciśnienie aktywacji 0,05 bara

Rys. 14. Przebiegi ciśnienia



Przebieg ciśnienia wewnątrz komory 1,25 m<sup>3</sup> podczas wybuchu pyłu skrobi kukurydzianej o stężeniu ( $C = 0,2 \text{ kg/m}^3$ ). Dwie gaśnice. Proszek gaśniczy zbrłony. Nadciśnienie aktywacji 0,04 bara



Rys. 15. Przebieg ciśnienia wewnątrz gaśnic o różnej objętości, podczas procesu rozpylania proszku gaśniczego



W wyniku dalszych badań opracowano i przetestowano systemy tłumiące o objętości butli 5 dm<sup>3</sup> i 10 dm<sup>3</sup>, uzyskując podobną szybkość działania (rys. 16 i 17). Widok gaśnicy o objętości 10 dm<sup>3</sup> zainstalowanej na komorze wybuchowej Kopalni Doświadczalnej „Barbara” pokazano na rys. 17 natomiast typoszereg opracowanych gaśnic – na rys. 18. Gaśnice o objętości 10 dm<sup>3</sup> zostały również przetestowane w chodniku kopalni „Barbara” (rys. 19). Chodziło o sprawdzenie, czy mogą one być wykorzystane do tłumienia wybuchów metanu.



Rys. 16. Kolejne fazy procesu rozpylania proszku gaśniczego w otwartej przestrzeni przy użyciu gaśnicy o pojemności 10 dm<sup>3</sup> z ładunkiem prochu bezdymnego

W Wojskowej Akademii Technicznej opracowano czujniki wyzwalające system, które reagowały tylko na widmo promieniowania płomienia metanu. Czujniki te działały niezawodnie. Obecnie należałoby przeprowadzić badania sprawdzające, czy istnieje możliwość skutecznego tłumienia wybuchów metanu pojawiających się na przodku wydobywczym w trakcie pracy kombajnu. Wiadomo, że ponad 90% wybuchów w kopalniach inicjowanych jest na przodku wydobywczym. Wiele z tych wybuchów przenosi się następnie na duże odległości w postaci wybuchów pyłowych, powodując ofiary w ludziach i znaczne zniszczenia. Gdyby udało się wytłumić wybuchy metanu bezpośrednio przy ścianie wydobywczej, uratowałoby to życie wielu górników. Wydaje się, że wykorzystanie w tym celu zaprezentowanych systemów tłumiących daje duże szanse na zrealizowanie tego zamierzenia. Potrzebne są już tylko badania sprawdzające.



Rys. 17. Tłumienie wybuchu w komorze wybuchowej o objętości 5 m<sup>3</sup>



Rys. 18. Widok gaśnic o pojemności 2, 5 i 10 dm<sup>3</sup>



Rys. 19. Gaśnice gotowe do odpalenia na przodku wydobywczym Kopalni Doświadczalnej „Barbara”



## Wnioski

Pyły zalegające w warstwie stanowią bardzo duże zagrożenie wybuchowe. W przypadku poderwania ich z warstwy i zapłonu wybuch pyłowy może propagować na bardzo duże odległości. Już nawet warstwa pyłu o grubości 0,1 mm może zapewnić propagację wybuchu pyłowego.

Aby skutecznie stłumić wybuch, system tłumienia musi być wyzwalany przy wzroście ciśnienia w przestrzeni chronionej rzędu kilku setnych bara.

Opracowane systemy tłumienia są niezawodne i skutecznie tłumią wybuchy pyłowe.

Przewiduje się skuteczne działanie tych systemów w odniesieniu do wybuchów metanu na ścianie wydobywczej w kopalni.

## Literatura

- [1] Bartkneht W., *Explosions*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer 1981.
- [2] Eckhoff R., *Dust explosions In the process industries*, Oxford, Butterworth – Heinemann Ltd, 1991.
- [3] Ryng M., *Bezpieczeństwo techniczne w przemyśle chemicznym*, WNT, Warszawa 1985.
- [4] Klemens R., Oleszczak P., Żydak P., *Experimental and numerical investigation into the dynamics of dust lifting up from the layer behind the propagating shock wave*, Shock Waves Vol. 22, No 1, 2012.
- [5] Boiko V.N., *Dynamics of dispersion and ignition of dust layers by a shock wave*, Proceedings of the 9<sup>th</sup> ICDERS, Poitiers, France, 1983.
- [6] Boiko V.M., Kiselev V.P., Papyrin A.N., et al., *Shock wave interaction with a cloud of particles*, Shock Waves, Springer Verlag, 1997.
- [7] Moor P., *Automatic explosion protection system*, Proceedings of the Shenyang International Symposium on Dust Explosions, Shenyang 1987.
- [8] Klemens R., Szatan B., Gieras M., et al., *Suppression of dust explosions by means of different explosive charges*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 13, 2000.
- [9] Klemens R., Gieras M., Kaluzny M., *Dynamics of dust explosions suppression by means of extinguishing powder in various industrial conditions*, Journal of Loss Preventions in the Process Industries 20, 2007.
- [10] Gieras M., Klemens R., *Studies of dust explosions suppression by water and extinguishing powders*, Journal of Physics IV, France 12, 2002.
- [11] Klemens R., Gieras M., et al., *Energetic materials as gas generators in explosion suppression systems*, Combustion of Energetic Materials, Begell House, 2002, Chapter in the book.

Roman Stadnicki

# Naprawy lub remonty urządzeń przeciwwybuchowych

## Część III. Remont elektryczny urządzeń przeciwwybuchowych

Obszerne opracowanie R. Stadnickiego na temat napraw/remontów urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym składa się z czterech części:

Część I. Certyfikacja zakładu naprawczego

Część II. Remont mechaniczny urządzeń przeciwwybuchowych

Część III. Remont elektryczny urządzeń przeciwwybuchowych

Część IV. Badania poremontowe

W poprzednich numerach „Magazynu Ex” – 1/2015 (33) oraz 2/2015(34) opublikowaliśmy część I i II opracowania. Ostatnia część ukaże się w następnym wydaniu „Magazynu Ex”.



### 1 Wstęp

Remont elektryczny silnika najczęściej dotyczy regeneracji izolacji uzwojenia lub wymiany uzwojenia z zachowaniem jego oryginalnych parametrów elektrycznych oraz oryginalnego układu izolacyjnego.

Remont elektryczny nie może powodować zwiększonego nagrzewania uzwojeń oraz obudowy silnika.

Podczas remontu elektrycznego należy stosować oryginalne materiały: drut nawojowy, materiały do izolacji żłobkowej, kliny i lakier impregacyjny. Materiały te powinny być certyfikowane.

Technologia wykonania uzwojeń i technologia impregnacji powinny być ustalone według technologii stosowanych u producenta.

## 2. Regeneracja izolacji uzwojenia

### Czyszczenie stojana

Najpierw wykonuje się przedmuchiwanie wnętrza stojana sprężonym powietrzem.

Najprostszym sposobem czyszczenia uzwojenia jest przemywanie rozpuszczalnikami organicznymi za pomocą pędzla i szczotki. Prace te są niebezpieczne, gdyż powodują zagrożenie pożarem, a nawet wybuchem. Użycie innych środków, jak np. chlorowanych węglowodorów, które nie zagrażają pożarem ani wybuchem, należy poprzedzić analizą odporności chemicznej izolacji silnika.

Dzięki okresowemu czyszczeniu uzwojeń maszyn elektrycznych można przedłużyć ich trwałość. Dokładne czyszczenie uzwojenia przed suszeniem usuwa zanieczyszczenia osadzone w kanałach wentylacyjnych i na uzwojeniu.

### Regeneracja izolacji uzwojenia. Suszenie

Postój silnika pracującego w środowisku nieogrzewanym powoduje skraplanie par w jego wnętrzu i zawilgocenie uzwojenia roztworami soli, kwasów lub zasad, co obniża rezystancję izolacji uzwojenia. Suszenie uzwojenia jest najprostszym zabiegiem przywracającym właściwe parametry izolacji. W warsztacie remontowym suszenie prowadzi się w suszarce elektrycznej. Klasyczną metodą suszenia, stosowaną przez użytkowników, jest suszenie prądem AC jednofazowym przy  $U = 20-30 \text{ V}$  i natężeniu  $0,2 \text{ IN}$ . W czasie suszenia należy zwracać uwagę, by jego przebieg nie był zbyt gwałtowny, gdyż wydzielająca się para wodna może powodować dodatkowe uszkodzenia. Czas suszenia 24 h. Po wysuszeniu uzwojenie silnika należy poddać impregnacji.

Po naprawie lub suszeniu uzwojenia należy ponownie sprawdzić stan izolacji.

## 3. Przewijanie bez zmiany parametrów uzwojenia

Dokumenty certyfikujące urządzenia obejmują zazwyczaj wszechstronne informacje dotyczące układu izolacyjnego silnika, wraz z rodzajem środka impregnacyjnego. W przypadku braku tych informacji należy zwrócić się do producenta.

Gdy brak danych od producenta, nowe uzwojenie można wykonać metodą kopiowania.

Materiały i procesy technologiczne stosowane przy przewijaniu nie powinny się różnić w sposób istotny od stosowanych przez producentów nowych silników.

Kolejność czynności:

- wyzwajanie i czyszczenie stojana (usunięcie starego uzwojenia),



- zdjęcie danych nawojowych,
- wykonanie nowego uzwojenia,
- projektowanie układu izolacyjnego silnika,
- impregnacja i suszenie stojana.

### Wyzwajanie i czyszczenie stojana

Wyzwajanie uzwojenia silnika rozpoczyna się od usunięcia klinów żłobkowych oraz mocowań czoł uzwojeń w postaci otąśmowania lub wiązań sznurowych. Wymywanie uzwojenia wykonuje się za pomocą elektrowiązgu. Gdy twardość lakieru uniemożliwia zebranie danych, wówczas należy uzwojenie podgrzać w suszarce.

Czyszczenie rdzenia magnetycznego silnika polega na starannym usunięciu ze żłobków resztek izolacji oraz nacieków lakieru oraz usunięciu uszkodzeń blach w zębach stojana.

### Dane nawojowe

Konieczne jest ustalenie: rodzaju uzwojenia i schematu, liczby drutów na żłobek, liczby grup równoległych na fazę, przekroju drutów nawojowych, rodzaju izolacji i impregnacji uzwojeń, rezystancji uzwojeń.





### Układ izolacyjny silnika

Układ izolacyjny silnika stanowią: izolacja przewodu nawojowego (zwojowa), izolacja żłobkowa oraz lakier nasycający. Główną wskazówką przy projektowaniu układu izolacyjnego są wskaźniki cieplne poszczególnych składników układu. Materiały elektroizolacyjne muszą spełniać określone wymagania elektryczne (rezystywność, wytrzymałość elektryczna), cieplne, mechaniczne i chemiczne.

### Ciepłoodporność izolacji

Materiały elektroizolacyjne dzieli się na sześć klas odporności na temperaturę.

Klasa izolacji zastępczej powinna być taka sama lub wyższa od pierwotnej. Przy zastosowaniu izolacji klasy wyższej dopuszczalne przyrosty temperatur pozostają jak dla izolacji pierwotnej.

### Przewody nawojowe

Niezawodność pracy silników w znacznej mierze zależy od jakości przewodów nawojowych.

Wymagania ogólne, wymiary i własności różnych przewodów są podane w normach.

Przy przeważaniu silników przeciwwybuchowych wolno stosować przewody nawojowe odpowiadające oryginalnym – materiał, profil, przekrój, rodzaj i grubość izolacji.





### Mocowanie czoł uzwojeń

Oznaczenie przewodów nawojowych:

- symbol: DNE;
- wskaźnik temperaturowy: 130, 155, 180;
- własności przewodu:
  - m – dobre własności mechaniczne;
  - s – lakier samospiekający;
  - l – nieutrudniający lutowania;
  - u – o zwiększonej odporności na udar cieplny;
  - f – do urządzeń chłodniczych;
- grubość izolacji 1, 2, 3 zaznacza się między literami N i E;
- średnica drutu [mm].

Rodzaje materiałów elektroizolacyjnych żłobkowych:

- folie izolacyjne syntetyczne: jednoskładnikowe – folie polimeryczne, papier syntetyczny, wieloskładnikowe – triaszpan, tereszpan;
- materiały uwarstwione: gumoidy, tekstolity;
- mika: płatki miki przyklejone na papier lub folię, mikanit.

Kliny żłobkowe:

- tekstolit szklany lub szklano-epoksydowy (ewentualnie drewno impregnowane).

Syciwa do impregnacji uzwojeń:

- lakiery rozpuszczalnikowe: np. RDB9, Ftalur, DDL – klasa B;
- lakiery bezrozpuszczalnikowe: np. IPS, DOBECKAN – klasa B, POLIMID, IMIPOLKOF – klasa F, EKOIMID – klasa H.

Mocowanie czoł uzwojeń ma na celu przeciwdziałanie drganiom czoł uzwojenia pod wpływem sił elektrodynamicznych proporcjonalnych do kwadratu prądu, a więc posiadających największe wartości w czasie rozruchu silnika.

Obecnie stosuje się bandaże izolacyjne wykonane ze specjalnej taśmy szklanej nasyconej epoksydem. Taśmę nakłada się na czoło, z pewnym naciąganiem, przed impregnacją uzwojenia. W czasie suszenia przedimpregnacynego bandaż twardnieje i kurczy się, co zapewnia dobre trzymanie na czołach.

### Łączenie uzwojeń

Łączenie uzwojeń polega na wykonaniu połączeń między zezwojami lub między grupami zezwojów, zgodnie ze schematem uzwojenia. Przewody miedziane łączy się za pomocą lutowania lub zgrzewania. Do lutowania używa się stopu cyny z ołowiem, o zawartości cyny 40%. Luty cynowe stosuje się do drutów okrągłych, linek oraz skuwek i końcówek kablowych. Przed zlutowaniem przewody skręca się ze sobą. Do zgrzewania przewodów stosuje się najczęściej miedź fosforową. Miejsce styku łączonych przewodów nagrzewa się prądem elektrycznym. Do tego celu używa się transformatora spawalniczego oraz lutownicy. Lut roztopia się w temperaturze ok. 700°C. Miejsca połączeń przewodów izoluje się, nasuwając na nie uprzednio nałożoną koszulkę izolacyjną lub owija się taśmą izolacyjną i lakieruje.



#### 4. Impregnacja uzwojeń

Przed impregnacją gotowe uzwojenia powinny być wysuszone.

##### Metoda impregnacji uzwojeń z zastosowaniem lakieru rozpuszczalnikowego

Lakier: RDB-9 – lakier elektroizolacyjny, klasa izolacji B, do nasycania uzwojeń. Stanowi roztwór żywicy ftalowej modyfikowanej w rozpuszczalnikach organicznych. Stosować wraz z rozpuszczalnikiem.

Technologia nasycania uzwojeń:

- pierwsze nasycanie uzwojenia lakierem: zanurzyć stojan w lakierze (w celu wypełnienia wolnych przestrzeni należy stosować rzadszy lakier);
- ociekanie nadmiaru lakieru;
- utwardzanie lakieru: w suszarce w temperaturze 120°C–130°C w czasie 18 h–20 h, (rozpuszczalnik zawarty w lakierze gwałtownie paruje na całej zewnętrznej powierzchni uzwojenia; ciężar odparowanego materiału 60%–70%; lakier zaczyna polimeryzować dopiero wtedy, gdy zawartość rozpuszczalnika w nim będzie mniejsza niż 5%);
- studzenie do temperatury otoczenia;
- powtórne nasycanie uzwojenia lakierem, utwardzanie lakieru, studzenie.

##### Metoda impregnacji uzwojeń z zastosowaniem lakieru bezrozpuszczalnikowego

Przed impregnacją gotowe uzwojenia powinny być wysuszone.

Lakier: EKOIMID lakier elektroizolacyjny poliestrowo-imidowy, klasa izolacji H, do nasycania uzwojeń, bezrozpuszczalnikowy.

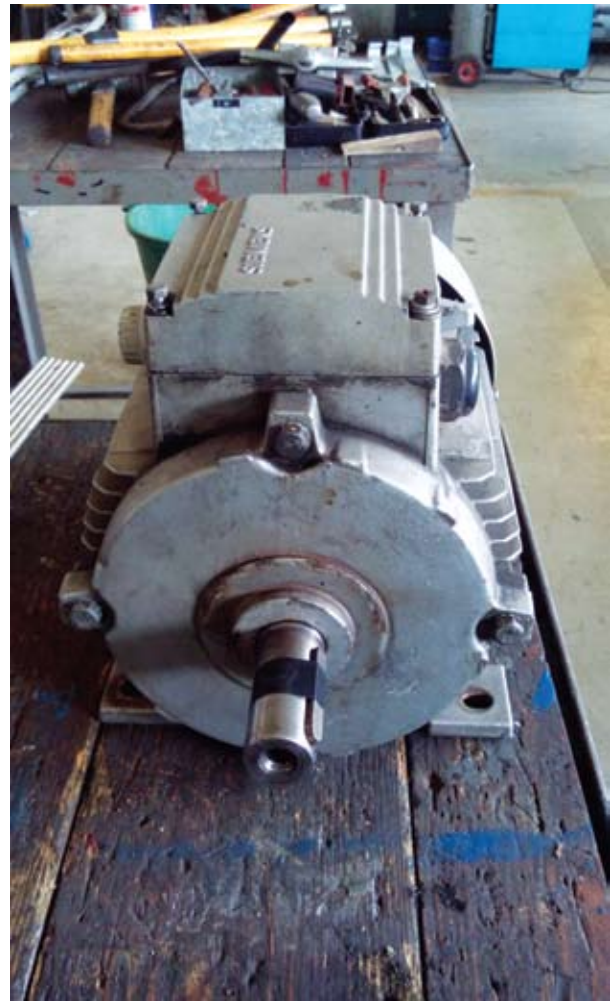
Zastosowanie: do impregnacji uzwojeń wszystkich typów aparatów elektrycznych: stojany, wirniki, transformatory.

##### Metoda impregnacji z zastosowaniem lakieru bezrozpuszczalnikowego

- jednokrotne nasycanie uzwojenia lakierem bezrozpuszczalnikowym (żywicą) metodą zanurzeniową;
- ociekanie nadmiaru lakieru;
- utwardzanie w temperaturze 130°C do 4h–5 h; W tym czasie żywica polimeryzuje aż do momentu zupełnego zakończenia procesu suszenia. Ciężar odparowanego materiału 3%–5%.

##### Porównanie lakierów rozpuszczalnikowych z żywicami

Głównym powodem impregnacji uzwojenia jest techniczne wzmocnienie przewodów poprzez jednolite ich scalenie.



Żywice z zawartością utwardzaczy lub z monomerami ftalanu, allilu czy akrylanu spełniają wszelkie wymogi pod względem ekologicznym, technicznym i ekonomicznym.

#### 5. Ochrona uzwojenia silnika przed nadmiernym nagrzewaniem

Temperatura graniczna uzwojeń izolowanych nie powinna przekraczać wartości podanych w normie [4] (tablica 3). Jeżeli w warunkach ruchowych istnieje możliwość przekroczenia tej temperatury, uzwojenia muszą być chronione za pomocą odpowiednich urządzeń.

##### Przełączniki termiczne

Gdy przewidziano użycie zależnego prądowo urządzenia ochronnego przed przekroczeniem dopuszczalnej temperatury uzwojenia (np. przełącznik termobimetalowy), to dla silnika elektrycznego powinien być określony i oznaczony współczynnik prądu rozruchowego  $I_A / I_N$  i czas  $t_E$ . Długość czasu  $t_E$  powin-

na być taka, że gdy wirnik zostanie zablokowany, silnik będzie wyłączony przez uzależnione prądowo urządzenie ochronne, zanim upłynie czas  $t_E$ .

W żadnym przypadku wartość czasu  $t_E$  nie może być mniejsza niż 5 s.

Norma [1] stanowi: gdy silnik posiada oznakowany czas  $t_E$ , to:

- w przypadku wykonania kopiowania uzwojenia silnika budowy wzmocnionej, oznaczony czas  $t_E \geq 7$  s powinien być zmniejszony do 75% pierwotnej wartości i ponownie oznakowany;
- w przypadku gdy obniżony czas  $t_E$  nie jest akceptowany, uzwojenia stojana należy zastąpić uzwojeniami dostarczonymi przez producenta silnika lub wykonać przewijanie na podstawie danych producenta.

### Termistory

Gdy przewidziano użycie czujników temperatury uzwojeń, sprzężonych z urządzeniami zabezpieczającymi przed występowaniem niedopuszczalnych temperatur, to powinien być określony i oznaczony współczynnik prądu rozruchowego. Czas  $t_E$  nie wymaga wtedy określenia i oznaczenia.

Gdy silnik jest wyposażony w czujniki temperatury uzwojeń, norma [1] zaleca, by te czujniki były sprawdzone, a w przypadku gdy są uszkodzone, były zastępowane nowymi podczas każdego remontu. Wymaga się, by czujniki nowe miały taką samą charakterystykę jak czujniki pierwotne. Czujniki zamienne należy zbudować w tym samym miejscu uzwojenia przed nałożeniem i utwardzeniem środka impregnującego.

Silniki zasilane przez przekształtnik są zabezpieczane przed nadmiernym nagrzewaniem za pomocą termistorów.

## 6. Wymiana tabliczki przyłączeniowej. Połączenia elektryczne

Wymagania wg normy [1]:

Uszkodzoną tabliczkę przyłączeniową należy wymienić na nową oryginalną.

W razie braku możliwości sprowadzenia nowej tabliczki przyłączeniowej od wytwórcy silnika dopuszcza się wykonanie jej w zakładzie naprawczym.

Tabliczka przyłączeniowa powinna odpowiadać dokumentacji certyfikacyjnej. Przy wymianie tabliczki należy zwrócić uwagę na sposób uszczelnienia przewodów między dnem skrzynki przyłączeniowej a komorą główną silnika.

Norma [4] dopuszcza następujące metody połączeń elektrycznych:

### Połączenia okablowania

Zaciski służące do przyłączy okablowania powinny mieć odpowiednio duże wymiary umożliwiające skuteczne przyłączenie przewodów o przekroju co najmniej równym przekrojuowi odpowiedniemu dla prądu znamionowego urządzenia elektrycznego.

Takie połączenia mogą być wyposażone w końcówki kablowe.

### Zaciski

Zaciski przeznaczone są do podłączania przewodów miedzianych z częściowo usuniętą izolacją oraz bez stosowania dodatkowych elementów przejściowych innych niż odtwarzające kształt niez izolowanych przewodów takich jak tulejki. Zaciski powinny spełniać wymagania odpowiednich norm.

### Połączenia fabryczne przewodów

- połączenia gwintowe, klinowe, karbowane lub zaprasowywane, jeżeli zapewniają niezawodny styk i zabezpieczone są przed samoczynnym luzowaniem;
- lutowanie spoiwem miękkim, jeżeli końce przewodów są zaciśnięte w tulejce, okręcone drutem lub umocowane mechanicznie innym sposobem;
- lutowanie spoiwem twardym;
- spawanie.

### Odstępy izolacyjne

Pomiędzy częściami przewodzącymi o różnych potencjałach należy zachować odpowiednie odstępy izolacyjne w powietrzu i po powierzchni materiałów izolacyjnych. Odstępy te zależne są od napięcia, a dla materiałów izolacyjnych także od grupy materiałowej materiałów izolacyjnych.

### Literatura

- [1] PN-EN 60079-19 Atmosfery wybuchowe. Naprawa, remont i regeneracja urządzeń.
- [2] PN-EN 60079-0 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem gazów. Część 0: Wymagania ogólne.
- [3] PN-EN 60079-1 Atmosfery wybuchowe. Część 1: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych „d”.
- [4] PN-EN 60079-7 Atmosfery wybuchowe. Część 7: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy wzmocnionej „e”.
- [5] PN-EN 60079-31 Atmosfery wybuchowe. Część 31: Zabezpieczenie urządzeń przed zapłonem pyłu za pomocą obudowy „t”.
- [6] Michał Górny: *Remonty urządzeń w wykonaniu przeciwybuchowym. GIG. Kopalnia Doświadczalna „BARBARA”. Ex IEC. IECEx.*
- [7] Roman Stadnicki: *Remont elektrycznych urządzeń przeciwybuchowych w wyspecjalizowanym Warsztacie Remontowym, „Magazyn Ex” nr 2/2008/10.*

Danuta Matejko – BIPRORAF S.A.

## Modernizacja instalacji do czyszczenia cystern kolejowych w LOTOS Kolej Sp. z o.o.



Fot. 1. Zmodernizowana oczyszczalnia cystern LOTOS Kolej

W lipcu 2012 roku Spółka LOTOS Kolej, największy z poza grupy PKP przewoźnik towarowy w kraju, uruchomiła w Gdańsku zmodernizowaną instalację do czyszczenia cystern kolejowych (fot. 1. i 3). Zmodernizowana instalacja jest najnowocześniejszym tego typu obiektem w Polsce. Modernizacja istniejącej w LOTOS Kolej oczyszczalni cystern została przeprowadzona we współpracy z biurem projektów „BiproRaf” z Gdańska i przy współudziale firmy KÄRCHER, dostawcy urządzeń i technologii wysokociśnieniowego mycia cystern.

### Cel modernizacji

Modernizacja istniejącej instalacji do mycia cystern kolejowych miała na celu:

- zwiększenie bezpieczeństwa pracowników obsługujących procesy mycia.
- wyeliminowanie emisji szkodliwych produktów do środowiska poprzez hermetyzację procesu mycia,
- znaczne zwiększenie wydajności mycia cystern przy zachowaniu wymaganych standardów technicznych,
- obniżenie kosztów mycia,

### Nowa technologia

Zaprojektowana nowa technologia mycia cystern opiera się na zastosowaniu w pełni zautomatyzowanych wysokociśnieniowych urządzeń i specjalnych rotacyjnych głowic myjących (fot. 2) dostarczonych przez firmę KÄRCHER.

Głowice myjące zasilane są w:

- wodę zimną lub gorącą o temperaturze do 90°C i ciśnieniu 100 barów z dodatkiem niewielkiej ilości (stężenie do 2%) odpowiednich środków myjących,
- parę o ciśnieniu 11 barów i temperaturze 180°C,
- powietrze gorące o temperaturze 60° - 70°C.

Dodatkowo stanowiska do mycia cystern wyposażone są w:

- pistolety do ręcznego domywania zewnętrznych elementów cystern,
- kamery pozwalające obejrzeć cysterny wewnątrz po procesie mycia,
- ssawki podłączone do centralnego odkurzacza, pozwalające usunąć drobne zanieczyszczenia lub resztki wody pozostałe po procesie czyszczenia i suszenia.

W hali oczyszczalni znajdują się dwa tory, każdy z trzema stanowiskami dla cystern. Stanowiska do czyszczenia są uniwersalne i niezależne, umożliwiają czyszczenie na każdym z nich cysterny, zarówno po produktach lekkich, ciężkich, jak i bardzo ciężkich.

Cykle mycia cystern uzależnione są od rodzaju produktu, który przewożony był cysterną. Cykle mycia różnią się między sobą czasem trwania poszczególnych operacji: mycia gorącą lub zimną wodą o wysokim ciśnieniu, parowania i suszenia.

Procesy mycia są zdalnie sterowane. Układ sterowania procesem oczyszczania cystern kolejowych umożliwia pełną automatykę parowania, mycia i suszenia cystern. Na stanowisku operatora dokonywany jest wybór procedury oczyszczania oraz jej rozpoczęcie. Podczas wyboru określonej procedury, automatycznie wybierane są takie parametry, jak czas parowania, czas mycia, czas suszenia, temperatura wody myjącej, rodzaj detergentu, stężenie detergentu.

Jedynie ręcznie wykonywane przez operatora czynności na stanowisku mycia to opuszczenie do cysterny za pomocą elektrowciągu głowic myjących i ich podniesienie po myciu, podłączanie i odłączanie króćców przewodów spustowych ścieków z cystern, uziemianie cystern, kontrola czystości cystern po procesie mycia oraz ewentualne mycie zewnętrzne.

Stanowisko operatorskie usytuowane w sterowni oczyszczalni cystern jest elementem nadrzędnym całego systemu sterowania i łączy ze sobą wszystkie główne elementy sterowania instalacją. Umożliwia wizualizację i nadzorowanie całej instalacji oczyszczania cystern. Składa się z komputera przemysłowego i monitora.

Do stanowiska operatorskiego przekazywane są informacje ze wszystkich urządzeń kontrolnych i pomiarowych, sygnalizacyjnych i blokadowych.

System sterowania dostarczony przez firmę KÄRCHER odpowiedzialny jest za sterowanie i sygnalizację procesów my-



Fot. 2. Rotacyjna głowica czyszcząca

cia na podstawie opracowanych procedur oraz automatyzację przygotowania wody myjącej o wysokim ciśnieniu. System ten wyposażony jest w sterownik zapewniający komunikację z głównym stanowiskiem operatorskim w sterowni i zapewnia dostęp do parametrów niezbędnych do wizualizacji procesu i jego sterowanie z systemu nadrzędnego.

### System detekcji

Przy modernizacji oczyszczalni cystern zadbano także o zachowanie bezpieczeństwa pożarowego.

Ze względu na przewożone w cysternach produkty, których pary mogą z powietrzem tworzyć mieszaniny wybuchowe, hala oczyszczalni cystern wyposażona została w monitoring stężeń par węglowodorów w powietrzu.

Sygnal z czujek przekazywany jest do systemu nadzoru, z kompletną informacją o miejscu wystąpienia alarmu, inicjując dwa stany alarmowe:

- **stan pierwszy** – włączenie sygnalizacji optycznej i uruchomienie wentylacji awaryjnej przy 20-procentowym przekroczeniu dolnej granicy wybuchowości (DGW)
- **stan drugi** – włączenie sygnalizacji akustycznej i wysłanie sygnału blokadowego do przeciągarki wagonów, co umożliwia przetaczanie wagonów w hali.

W systemie detekcji zastosowano detektor katalityczny OLTC100 XP firmy Oldham w osłonie bryzgoszczelnej w wykonaniu przeciwwybuchowym (II 2G EEx d IIC T6), centralkę alarmową stężeń gazu CSG również firmy Oldham oraz sygnalizator optyczny Ex typ 460XO\_01 firmy Clifford & Snell.



Do wentylacji awaryjnej użyto wentylatory w wykonaniu przeciwwybuchowym typu C.

### Strefy zagrożone wybuchem

Wewnątrz hali oczyszczania sklasyfikowano strefę 2 (z grupą wybuchowości IIB i klasą temperaturową T3). Jednak ze względu na podwyższone standardy Grupy LOTOS SA zaprojektowano osprzęt kategorii 2, dla grupy IIA i klasy temperaturowej T3. Z tego powodu w hali oczyszczalni zaprojektowano i wykonano w wykonaniu przeciwwybuchowym następujące instalacje elektryczne:

- oświetlenia,
- zasilania elektrycznych napędów bram,
- wentylatora oparów.

Do instalacji oświetlenia zastosowano 35 kompletów opraw oświetleniowych z lampami 2x58 W typu EXLUX 6000 firmy R.Stahl oraz 10 naświetlaczy z lampą metalohalogenkową 250 W i 10 naświetlaczy 70 W. Zastosowano także skrzynkę łączeniową w wykonaniu przeciwwybuchowym. Do wentylacji oparów zastosowano wentylator w wykonaniu przeciwwybuchowym Fabryki Wentylatorów OWENT typu WPF0-28.

### Rozwiązania ekologiczne

Modernizacja oczyszczania cystern zapewniła także lepszą ochronę środowiska poprzez hermetyzację procesów mycia.

Powstające w procesie mycia cystern ścieki technologiczne zanieczyszczone węglowodorami kierowane są do zamknię-

tych kolektorów odprowadzających ścieki poprzez osadnik do oczyszczalni ścieków.

W myjni cystern LOTOS Kolej nieskroplona para wodna z parowania cystern, zanieczyszczona węglowodorami oraz gorące powietrze z suszenia cystern kierowane są do układu oczyszczania składającego się z:

- wentylatora wyciągowego,
- wodnego systemu ochładzania, gdzie następuje wykroplenie części cięższych węglowodorów oraz skroplenie resztek pary wodnej,
- adsorbiera z węglem aktywnym dla adsorpcji gazowych węglowodorów,
- układu odprowadzenia powstających wykroplin do układu odprowadzającego ścieki.

### Osiągnięte efekty

#### 1. Zwiększenie wydajności czyszczenia

Zastosowanie nowej technologii mycia cystern, zautomatyzowanie operacji technologicznych pozwoliło na **skrócenie czasu czyszczenia cystern o 50%**, co w efekcie pozwala na podwojenie liczby czyszczonych cystern.

#### 2. Efekty ekologiczne

Hermetyzacja procesów czyszczenia oraz zastosowanie systemu monitorującego procesy czyszczenia ograniczyły ryzyko skażenia środowiska do bardzo niskiego poziomu.

Mimo zwiększenia ilości czyszczonych cystern osiągnięto prawie **13-krotne zmniejszenie emisji węglowodorów do atmosfery**.



Fot. 3. Wnętrze hali czyszczenia cystern po modernizacji



Zastosowanie głowic myjących o wysokim ciśnieniu **obniżyło o ok. 40% zużycie wody**, a więc także ilości ścieków.

### 3. Obniżenie kosztów

Zwiększenie wydajności i zmniejszenie ilości wody, pary i ścieków znacznie obniżyło koszty czyszczenia. Ponadto zastosowanie komputera w sterowaniu znacznie ułatwiło prowadzenie ewidencji oczyszczonych cystern i rozliczenie kosztów czyszczenia oraz zużycia mediów.

### 4. Bezpieczeństwo pracy

Zastosowanie nowej technologii zapewnia większe bezpieczeństwo pracowników, eliminuje konieczność wchodzenia pracowników do cystern w celu kontroli jakości czyszczenia, ograniczając ją tylko do sporadycznych przypadków.

Stały monitoring procesów, zastosowanie sygnalizacji i systemów alarmowych i blokadowych ogranicza do minimum niebezpieczeństwo wybuchu i pożaru.

### Zamierzenia na przyszłość

W kolejnym etapie rozbudowy i modernizacji Oczyszczalni Cystern w Gdańsku LOTOS Kolej zbudowała w 2013 r. stanowisko do czyszczenia cystern gazowych (LPG) a w kolejnym roku stanowiska do czyszczenia cystern asfaltowych. Zwiększyło to zakres oferowanych usług.

reklama

Janusz Bułakowski – Biproraf Sp. z o.o.

## Kompleksowy projekt urządzeń do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych



Przeładunek mediów ze zbiorników transportowych wiąże się w naszym kraju z szeregiem wymagań prawnych. Podstawą prawną, która opisuje te wymagania, są rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 20 września 2006 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać urządzenia do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych oraz rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 5 sierpnia 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać urządzenia do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych [1]. Niniejszy tekst przybliży wybrane aspekty techniczne na przykładzie zrealizowanego kompleksowego projektu.

Zakłady petrochemiczne, chemiczne, przemysłu spożywczego i bazy paliw obsługują na co dzień dziesiątki cystern samochodowych, kolejowych i statków. Napełnianie i opróżnianie tych zbiorników transportowych może odbywać się w różnoraki sposób, np. ramieniem, nalewakiem czy też wężem z odpowiednią armaturą. Aby przeładunek odbywał się bezpiecznie, należy przestrzegać podczas niego szeregu różnych zasad. Nasuwają się dwa podstawowe pytania: kiedy obowiązują nas wymagania opisane w rozporządzeniu [1] i kiedy takie urządzenia należy zaprojektować, wytworzyć i zarejestrować do eksploatacji w Transportowym Dozorze Technicznym (TDT)?

Rozporządzenie [1] określa:

§ 1 ust. 1: „[...] 1) warunki techniczne dozoru technicznego w zakresie projektowania, wytwarzania, eksploatacji, naprawy i modernizacji urządzeń do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych, w tym:

a) portowych ramion przeładunkowych,  
b) urządzeń do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych, w tym ramion przeładunkowych dla stałych, ciekłych i gazowych towarów niebezpiecznych,  
c) urządzeń, w tym ramion przeładunkowych, do napełniania i opróżniania pod ciśnieniem wyższym niż 0,5 bara i zaklasyfikowanych do I, II lub III kategorii, przeznaczonych do płynów zaliczonych do grupy 2 zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 9 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz.U. z 2010 r. Nr 138, poz. 935 z późn. zm.) dotyczącymi zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych – ograniczonych z jednej strony zaworem odcinającym od instalacji technologicznej lub przesyłowej, a z drugiej elementem łączącym z napełnianym lub opróżnianym zbiornikiem transportowym, zwanych dalej urządzeniami NO; [...]”.

Odpowiedź na zadane pytania brzmi: urządzenia, które można sklasyfikować według powyższego, muszą spełnić warunki techniczne opisane w rozporządzeniu [1] i być zarejestrowane w TDT.

Przykładowy projekt, na podstawie którego zostaną omówione zagadnienia, został zrealizowany w Obornikach Wielkopolskich w wytwórni alkoholu. Projekt obejmował swoim zakresem dobór nowego ramienia załadunkowego etanolu oraz dostosowanie do wymagań rozporządzenia<sup>1</sup> istniejących wężów wraz z armaturą do rozładunku etanolu.

Główne wyzwania, z jakimi trzeba było się zmierzyć, to:

- 1) dobór ramienia spełniającego wymogi Klienta;
- 2) dobór wężów wraz z armaturą;
- 3) weryfikacja dokumentacji i certyfikatów Kontrolera uzimienia;
- 4) weryfikacja i rewizja istniejącej dokumentacji (schema-

tów technologicznych, dokumentacji stref zagrożenia wybuchem, konstrukcji wiaty);

- 5) projekt nowego systemu wahadła gazowego.

Dobór ramienia wiązał się ze spełnieniem wymogów Klienta i rozporządzenia [1]. Klient określił długość pięciokomorowych autocystern, które ramię miało obsługiwać, bez konieczności przestawiania autocysterny z wyznaczonego miejsca rozładunku. Dodatkowo wymagania stawiane przez rozporządzenie [1]:

§ 27: „Przy określaniu lokalizacji i długości ramienia przeładunkowego ramię to powinno spełniać następujące warunki:

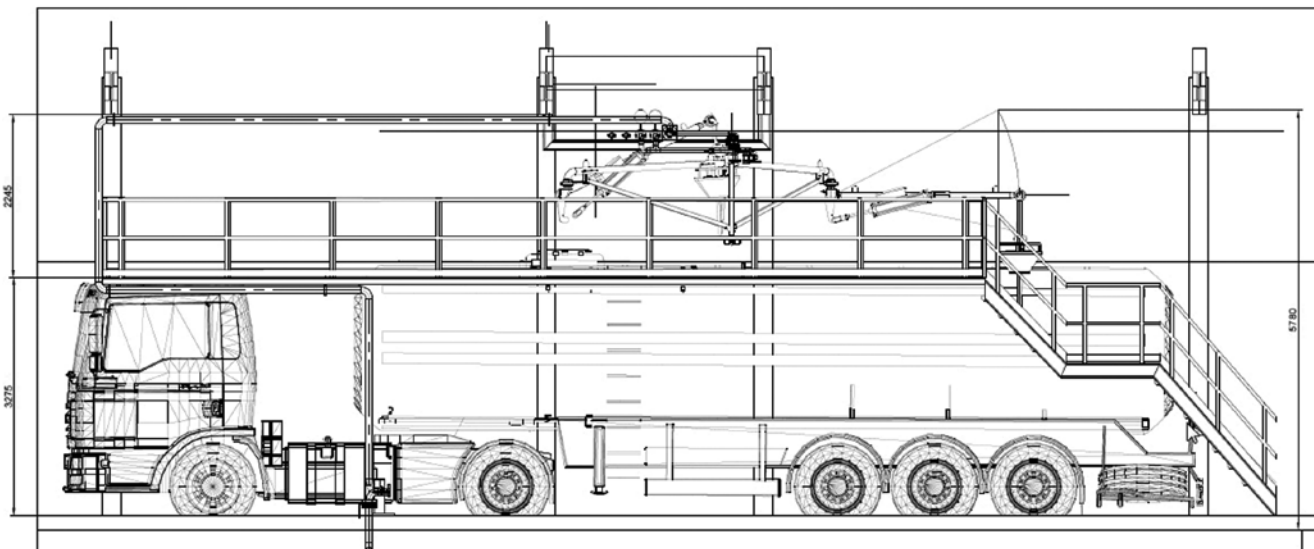
- 1) w położeniu spoczynkowym żadna część ramienia nie powinna wystawać poza obrys pomostu przeładunkowego;
- 2) zakres ruchów ramienia oraz miejsce jego zamocowania powinny umożliwiać przeprowadzanie jego konserwacji lub demontażu z pomostu przeładunkowego;
- 3) minimalna odległość jakiegokolwiek elementu ramienia w położeniu roboczym lub manewrowym od jakiegokolwiek części konstrukcji lub wyposażenia pomostu przeładunkowego powinna wynosić 0,30 m”.

Dobór wężów oraz ramienia wiązał się z następującym punktem rozporządzenia [1]:

§ 7 ust. 1: „Podczas projektowania urządzenia NO powinny zostać uwzględnione obciążenia odpowiadające ich przewidywanemu użytkowaniu oraz warunki eksploatacji dające się w sposób racjonalny przewidzieć.

W szczególności należy uwzględnić takie czynniki, jak:

- 1) ciśnienie wewnętrzne i zewnętrzne;
- 2) temperatura otoczenia i temperatura robocza;
- 3) masa substancji w warunkach pracy i badań;
- 4) obciążenia wiatrem, śniegiem lub lodem;



Rys. 1. Widok ramienia wygenerowany z modelu 3d

- 5) obciążenia dynamiczne;
- 6) siły reakcji i momenty pochodzące od takich konstrukcji, jak podpory i zamocowania;
- 7) korozja, erozja, zmęczenie materiału;
- 8) rozkład płynów nietrwałych”.

Aby prawidłowo dobrać i przeliczyć powyższe parametry, projektant przeanalizował kartę charakterystyki medium oraz zapoznał się i przyjął odpowiednie parametry robocze. Następnie po zaprojektowaniu w odpowiedniej lokalizacji urządzeń NO projektant przeliczył siły i momenty zamocowania tak, aby dobrać złącze awaryjnego rozłączania. Złącze awaryjnego rozłączania zostało zastosowane ze względu na łatwopalność medium, jakim jest etanol.

§ 25 ust. 1: „Urządzenia NO do przeładunku towarów niebezpiecznych o właściwościach zapalnych o temperaturze zapłonu do 60°C, samozapalnych, trujących lub żrących oraz gazów powinny być wyposażone w złącza awaryjnego rozłączania, chyba że przepisy rozdziału 4 stanowią inaczej”.

Istniejący na stanowisku kontroler uziemienia został zrewidowany i sprawdzony pod względem obecnych przepisów. TDT nie zezwoli na użytkowanie stanowiska bez kompletnej dokumentacji i certyfikatów na wszelkie urządzenia. Kontroler uziemienia również jest wymaganiem stawianym w rozporządzeniu [1]:

§ 23 ust. 3: „[...] powinny być wyposażone w instalacje uziemiające zbiorniki transportowe, zapewniające kontrolę



ciągłości uziemienia. Przerwanie ciągłości uziemienia powinno skutkować zatrzymaniem przeładunku. [...]”.

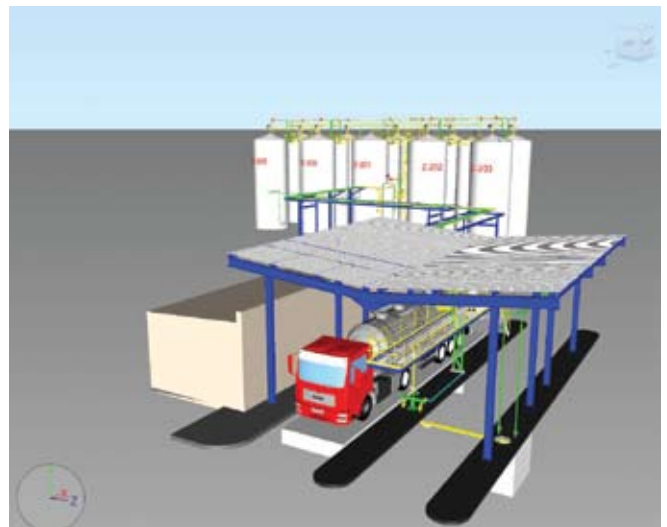
Na etapie uzgodnienia projektu TDT opiniuje dokumentację zarówno nowych, jak i już istniejących elementów wchodzących w skład samego urządzenia NO oraz otoczenia. Rozporządzenie [1] precyzuje, co ma zawierać dokumentacja:

- § 46 ust. 2: „Dokumentacja techniczna powinna zawierać:
- 1) wykaz zastosowanych przepisów i norm;
  - 2) rysunki zestawieniowe zespołów i podzespołów oraz rysunki wykonawcze elementów, które pozwolą na dokonanie sprawdzenia zgodności rozwiązań konstrukcyjnych



Rys. 2. Model 3d ramienia – urządzenia NO





Rys. 3. Widok wiaty stanowiska rozładunkowego oraz zbiorników magazynowych

- z wymaganiami norm oraz niniejszego rozporządzenia;
- 3) wykaz materiałów przewidzianych do budowy urządzenia;
- 4) dane techniczne izolacji cieplnej, w przypadku jej zastosowania;
- 5) schemat instalacji hydraulicznej i pneumatycznej, w przypadku ich zastosowania;
- 6) schemat instalacji grzewczej, w przypadku jej zastosowania;
- 7) schemat elektryczny napędu i sterowania, ideowy i montażowy, w przypadku ich zastosowania;
- 8) schemat elektryczny zasilania, w przypadku jego zastosowania;
- 9) instrukcję eksploatacji;
- 10) obliczenia wytrzymałościowe urządzenia NO w zakresie wynikającym z analizy zagrożenia;
- 11) analizę zagrożeń, o których mowa w § 3;
- 12) program prób i badań podzespołów i całego urządzenia;
- 13) wzór tabliczki fabrycznej; [...]”.

Rozporządzenie [1] wyraźnie wskazuje, aby rozładunek medium, jakim jest etanol, był realizowany hermetycznie. Rozwiązaniem wybranym przez projektanta było wahadło gazowe. Największą trudność sprawiło dostosowanie istniejących zbiorników tak, aby mogły one pełnić funkcję wahadła gazowego. Wiązał się z tym projekt nowego rurociągu oparów, dobór przerywaczy płomienia oraz zaworów oddechowych na zbiornikach.

Artykuł porusza tylko wybrane kwestie techniczne, z którymi trzeba się zmierzyć, projektując stanowisko urządzeń NO dla zbiorników transportowych. Wielobranżowy projekt został wykonany zgodnie z wytycznymi z rozporządzenia [1]. Projektowanie odbywało się oparciu o aktualne przepisy w roku 2015. Inwestycja jest gotowa do realizacji i spełnia wymagania stawiane urządzeniom NO przez TDT.

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 20 września 2006 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać urządzenia do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych oraz Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 5 sierpnia 2014 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać urządzenia do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych. Powyższe Rozporządzenia zostały ujednolicone w Dzienniku Ustaw z dnia 9 listopada 2015 w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać urządzenia do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych.

Zdjęcia: Kazimierz Trawczyński

Rafał Selega – ABB, Safety Lead Competency Centre, członek Komitetu IEC SC65A-MT 61511

## Zmieniające się uwarunkowania normatywne w zakresie bezpieczeństwa procesowego – druga edycja normy IEC 61511

Nowa edycja normy IEC 61511-1 Ed. 2.0: „Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector” wprowadza szereg zmian. Zapewne dla niektórych zmiany te mogą nie być istotne, gdyż na przykład nie dotyczą bezpośrednio roli, jaką pełnią w cyklu bezpieczeństwa, ale dla innych procesy te mogą być kluczowe, gdyż wymuszają zmiany w dotychczasowym podejściu do wymagań normy. Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie zmian, które według autora, będącego członkiem grupy „IEC 61511 Maintenance Team”, są najbardziej istotne.

### Status standardu

Pierwsza część normy została opublikowana w lutym 2016 roku. Zawiera ona kilka kluczowych błędów, dlatego w najbliższym czasie ukaże się errata („Corrigendum”). Warto zaopatrzyć się w ten dokument. Druga i trzecia część normy powinny być niedługo opublikowane.

### Zakres normy

Zakres zastosowania został rozszerzony na cały sektor „Olej i gaz”, tzn. włączona została część wydobywcza „Upstream”, czyli platformy wiertnicze, Pływające Punkty Produkcji, Przechowywania i Załadunku, transport, rurociągi i dystrybucja. Dodano też przemysł farmaceutyczny oraz produkcję żywności i napojów. Zakres stosowania normy jest zatem coraz większy.

## Definicje

Definicje zostały ujednolicone z ISO/IEC Guide 51. Dodano kilka nowych definicji, np. „środki kompensujące”, „Process Safety Time”, „maksymalny czas naprawy” czy „konserwatywne podejście”. Norma przypomina, że *konserwatywne podejście* zawsze powinno przyświecać osobom związanym z bezpieczeństwem. Dotyczy to wszystkich czynności, w szczególności takich, jak analizy, założenia, obliczenia, przyjęte dane wejściowe w celu otrzymania konserwatywnych wyników i „pozostania po bezpiecznej stronie”. Należy pamiętać, że udowodnienie takiego właśnie podejścia przy zapewnieniu bezpieczeństwa jest wymagane przed komisją badającą skutki wypadku. Norma wprowadza pojęcie pracy funkcji SIF na częste przywołanie (*high demand*). Obecnie przez pojęcie *demand mode of operation* rozumie się tzw. pracę na rzadkie przywołanie i pracę na częste przywołanie. Pierwsza edycja normy pojęciem *demand mode* określała tylko pracę na rzadkie przywołanie.

## Zarządzanie bezpieczeństwem funkcjonalnym

Druga edycja wymaga, aby zostały zaimplementowane procedury do zarządzania kompetencjami osób włączonych w cykl życia Przynależnych Systemów Bezpieczeństwa (SIS). Dodatkowo kompetencje każdej włączonej osoby muszą być udokumentowane i okresowo sprawdzane. Warto również zaznaczyć, że nowa norma wymaga okresowego przeprowadzania Oceny Bezpieczeństwa Funkcjonalnego (FSA) podczas eksploatacji instalacji przemysłowej.

## Identyfikacja zagrożeń i ocena ryzyka

Obecnie wymaga się oceny cyberbezpieczeństwa SIS i systemów z nim połączonych. Ocena powinna skutkować opisem związanych urządzeń i opisem potencjalnych zagrożeń podczas różnych faz cyklu życia SIS wraz z oceną ryzyka. Na koniec należy zaprojektować środki, które mają na celu wyeliminowanie lub zminimalizowanie zidentyfikowanych zagrożeń. Norma nie podaje szczegółowych wymagań, lecz odsyła do norm ISA TR84.00.09, ISO/IEC 27001:2013 i IEC 62443-2-1:2010.

## Alokacja funkcji bezpieczeństwa

Jeżeli Podstawowy System Sterowania Procesem (BPCS) nie jest zgodny z IEC 61508, wtedy maksymalnie dwie warstwy zabezpieczeń mogą być alokowane w tym systemie dla jednego scenariusza awaryjnego. Oczywiście w takim przypadku wartość redukcji ryzyka nie może być większa niż 10 dla każdej z funkcji. Będzie to na przykład jedna funkcja zabezpieczająca BPCS, w przypadku gdy zdarzenie niebezpieczne jest inicjalizowane przez awarię funkcji sterowania BPCS lub mogą być dwie funkcje zabezpieczające, w przypadku gdy zdarzenie niebezpieczne nie jest inicjalizowane przez awarię funkcji sterowania BPCS (np. funkcja alarmowa i funkcja ste-

rowania). Należy dodać, iż funkcje BPCS muszą być zaprojektowane jako rozdzielne i niezależne (osobne czujniki, karty wej./wyj., jednostki procesorowe i elementy wykonawcze).

Dodatkowo wymagania funkcjonalne wynikające z aplikacji procesowej dla każdej funkcji SIF powinny być spisane przez zespół zajmujący się alokacją wymagań, tak aby kolejny zespół/osoby odpowiedzialne za przygotowanie specyfikacji wymagań bezpieczeństwa mogły wykorzystać te informacje jako dane wejściowe do tworzenia SRS. Wymagania funkcjonalne odnoszą się na przykład do:

- zdefiniowania wykonywanej SIF (co ją aktywuje i jakie są elementy wykonawcze i relacje między urządzeniami),
- wartości parametrów mierzonych aktywujących funkcję (*set point*),
- wymaganego czasu wykonania funkcji i wymaganych opóźnień,
- reakcji funkcji na wykryte uszkodzenia,
- wymagań dotyczących szczelności zamknięcia zaworu zapewniającej osiągnięcie stanu bezpiecznego.

Nowe wymagania mają poprawić jakość Specyfikacji Wymagań Bezpieczeństwa. Często bowiem zdarza się, że osoba „przypisana” do utworzenia takiej specyfikacji ma do dyspozycji tylko na przykład raport LOPA (*Layer of Protection Analysis*), z którego nie jest w stanie uzyskać wszystkich potrzebnych informacji i również sama nie jest w stanie określić wszystkich wymagań do właściwego zaprojektowania systemu SIS.

## Specyfikacja wymagań bezpieczeństwa

Zostały dodane dwa nowe wymagania dla specyfikacji wymagań bezpieczeństwa. Pierwsze mówi o konieczności dokładnego specyfikowania oznaczeń urządzeń będących częścią funkcji bezpieczeństwa. Chodzi o to, aby specyfikacja nie zawierała w miejscu oznaczenia urządzenia przykładowo określenia typu „wysokie ciśnienie na tłoczeniu kompresora”, lecz podawała konkretne oznaczenia, np. 12-PAHH-345, tak aby jednoznacznie określić, które urządzenie jest częścią SIF. Drugie dodane wymaganie odnosi się do konieczności wyspecyfikowania w SRS szczegółów dotyczących sposobu wykonania testu sprawdzającego (*proof test*). Chodzi o to, aby projektant SIS korzystający ze specyfikacji SRS mógł prawidłowo zaprojektować system SIS w celu umożliwienia wykonania efektywnego testu (zachodzi potrzeba zaprogramowania dodatkowej funkcjonalności programu SIS, aby umożliwić operatorowi przesterowanie zaworów przy teście sprawdzającym).

Jedno wymaganie dla SRS z pierwszej edycji standardu zostało zmodyfikowane. Mianowicie w odniesieniu do blokowania funkcji SIF nowa edycja nakazuje, że SRS musi zawierać wymagania co do sposobu przeprowadzenia blokady działania funkcji SIF (*bypass*) oraz referencje do procedury opisującej, w jaki sposób taka blokada ma być wykonana (musi być więc stworzona detaliczna procedura dla każdej blokady).

## Projekt i wykonanie systemu

Projekt SIS powinien uwzględnić wymagania dla cyberbezpieczeństwa systemu SIS. Norma nie podaje tu żadnych wymagań co do sposobu implementacji. Obecnie trwają prace w komisjach ISA i IEC nad ujednoczeniem tych wymagań i sposobem włączenia cyberbezpieczeństwa systemów programowalnych do standardów bezpieczeństwa funkcjonalnego. Problem jest dosyć skomplikowany i pewnych wyjaśnień należy spodziewać się dopiero w trzeciej edycji normy IEC 61511. Do tego czasu należy korzystać z dostępnych norm traktujących o cyberbezpieczeństwie, takich jak ISA TR84.00.09, ISO/IEC 27001:2013 czy IEC 62443-2-1:2010.

Dużą zmianą jest większa dowolność w wyborze docelowej miary uszkodzeń (PFDavg/PFH). Norma tym samym sugeruje, że wybór miary powinien być dokonany na podstawie oceny, czy można wziąć kredyt na testy sprawdzające i zaimplementowaną diagnostykę urządzeń. Często popełnianym błędem wśród praktyków jest stosowanie miary PFDavg dla wszystkich przypadków, gdzie niebezpieczne zdarzenie inicjujące pojawia się rzadziej niż raz na rok. Obecnie norma zezwala na stosowanie miary PFDavg dla trybu na częste przywołanie (*high demand mode* – patrz tabela 1.), jeżeli jest to uzasadnione. Może to być na przykład w przypadku, gdy żądanie zadziałania SIF jest jeden raz na rok, a testy sprawdzające są wykonywane co trzy miesiące. Możliwa jest również sytuacja odwrotna, kiedy dla aplikacji pracującej na rzadkie przywołanie stosujemy miarę PFH (patrz tabela 2.).

DEMAND MODE OF OPERATION		
Safety integrity level (SIL)	PFDavg	Required risk reduction
4	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$	$> 10\ 000$ to $\leq 100\ 000$
3	$\geq 10^{-4}$ to $< 10^{-3}$	$> 1\ 000$ to $\leq 10\ 000$
2	$\geq 10^{-3}$ to $< 10^{-2}$	$> 100$ to $\leq 1\ 000$
1	$\geq 10^{-2}$ to $< 10^{-1}$	$> 10$ to $\leq 100$

Tabela 1. Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa PFDavg

CONTINUOUS MODE OR DEMAND MODE OF OPERATION	
Safety integrity level (SIL)	Average frequency of dangerous failures (failures per hour)
4	$\geq 10^{-9}$ to $< 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$

Tabela 2. Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa PFH

Standard wymaga, aby wszystkie urządzenia będące częścią SIF były dobrane pod kątem aplikacji, w której pracują. Standard wyjaśnia, że parametry niezawodności urządzeń, *failure rates*, mogą się znacznie zmieniać w zależności od warunków panujących na instalacji (obsługa), typu aplikacji procesowej oraz trybu jej pracy. To potwierdza, że parametry niezawodności urządzeń dostarczone przez producentów urządzeń mogą nie być prawdziwe w każdej aplikacji. Przykładowo parametry dla zaworka elektromagnetycznego mogą być różne w zależności od częstotliwości jego aktywowania. Norma nakłada więc odpowiedzialność na projektantów systemów SIS za dopasowanie parametrów niezawodności do konkretnego przypadku zastosowania. Parametry niezawodności muszą być:

- pewne,
- sposób ich obliczenia możliwy do sprawdzenia,
- udokumentowane,
- uzasadnione,
- wielkość niepewności musi być oceniona i uwzględniona w obliczeniach.

Parametry te powinny być oparte na doświadczeniach z eksploatacji danych urządzeń w danej aplikacji i danych warunkach środowiskowych.

Norma wymaga również:

- 1) oszacowania niepewności statystycznej użytych parametrów niezawodności. Wejściowe parametry niezawodności, np. *failure rates* do obliczenia docelowej miary uszkodzeń (PFDavg/PFH), powinny być wyznaczone z rozkładu chi-kwadrat przy przedziale ufności min 70%

lub

- 2) udowodnienia przez obliczenia, że uzyskana docelowa miara uszkodzeń (PFDavg/PFH) spełnia warunek 90% ufności, tzn. istnieje prawdopodobieństwo 90%, że rzeczywista wartość PFDavg/PFH jest mniejsza niż obliczona.

Nazwa paragrafu 11.9 (który określa wymagania dla obliczeń PFDavg/PFH) została zmieniona z „SIF Probability of failure” na „Quantification of random failure”. Trzeba przyznać, że tytuł z pierwszej edycji był bardzo mylący, gdyż wiele osób stawiało znak równości pomiędzy SIL a PFDavg, co było poważnym błędem, ponieważ na poziom SIL składają się trzy podstawowe składniki. Są to:

- prawdopodobieństwo PFDavg lub PFH dla SIF,
- odporność architektury sprzętowej na defekty (HFT),
- nienaruszalność systematyczna (S.C.).

Dodatkowo norma zwraca uwagę, że przy obliczeniach PFDavg/PFH należy uwzględnić:

- stopień wykrywania uszkodzeń przez testy sprawdzające,
- prawdopodobieństwo pogorszenia własności urządzenia przez testy okresowe,
- niezawodność środków i procedur używanych do wykonania testów okresowych,
- niezawodność mediów niezbędnych dla prawidłowej pracy SIS (jeżeli np. ogrzewanie rurek impulsowych dla czujni-



ka jest niezbędne, to niezawodność systemu ogrzewania czujnika powinna być włączona do obliczeń SIF).

Wymagania co do odporności architektury sprzętowej systemu na defekty (HFT) zostały uproszczone w stosunku do pierwszej edycji normy. Mianowicie norma zaadaptowała podejście „Route 2H” z normy IEC 61508-2:2010 jako bardziej odpowiednie dla przemysłu procesowego niż podejście „Route 1H”. Obecna wersja normy nie bazuje na SFF (patrz tabela 3.), gdyż część członków Komisji IEC 61511 uważa, że stosowanie SFF do HFT prowadzi do wyboru urządzeń z wyższym odsetkiem uszkodzeń bezpiecznych w celu sztucznego podniesienia SFF i redukcji wymagań na HFT. Dodatkowo wybór urządzeń z wyższym SFF prowadzi do częstszych wyłączeń instalacji, a nie redukuje niezawodności zadziałania zabezpieczenia. Ponieważ wyłączenie procesu samo może generować scenariusze niebezpieczne, dlatego wybór urządzeń z wyższym SFF może prowadzić do obniżenia ogólnego bezpieczeństwa.

SIL	Minimum required HFT
1 (Any mode)	0
2 (Low demand)	0
2 High and continuous demand)	1
3 (Any mode)	1
4 (Any mode)	2

Tabela 3. Wymagania dla odporności architektury sprzętu

Koncepcja nienaruszalności bezpieczeństwa systematyczna (*systematic capability*) została lepiej opisana. Mianowicie nowa norma wymaga, że jeżeli urządzenia SIS są dobierane według normy IEC 61508, to mogą spełniać wymagania na *systematic capability* opisane w IEC 61508-2:2010 lub powinny być zgodne z wymaganiami IEC 61511 (ocena *prior use*) – zawartymi w paragrafach od 11.5.3 do 11.5.6. Zostało również wyjaśnione, że głównym celem oceny *prior use* jest uzyskanie pewności, że poziom uszkodzeń systematycznych jest tolerowany dla danego poziomu SIL. Czytając poprzednią edycję, wielu czytelników miało wrażenie, że *prior use* jest stworzone w celu oceny wielkości przypadkowych uszkodzeń sprzętu.

Maksymalny możliwy czas blokowania działania funkcji SIF (*bypass*) musi być teraz zdefiniowany. Podczas blokowania funkcji należy zastosować *środki kompensujące*. Dawna norma mówiła o środkach, które dostarczają taki sam poziom redukcji ryzyka co blokowana funkcja. Nowa edycja definiuje to nieco inaczej, mianowicie wymaga, aby środki kompensujące były dobrane z uwzględnieniem:

- poziomu SIL blokowanej funkcji,
- wielkości zagrożenia,
- istniejącej redundancji sprzętowej,
- czasu blokowania,
- dostępności innych warstw zabezpieczeń.

W nowej edycji normy pojawia się większa swoboda podejścia niż w pierwszej. Teraz przewiduje się, że decyzja co do wyboru środków kompensujących nastąpi poprzez dokładną jakościową analizę każdego przypadku.

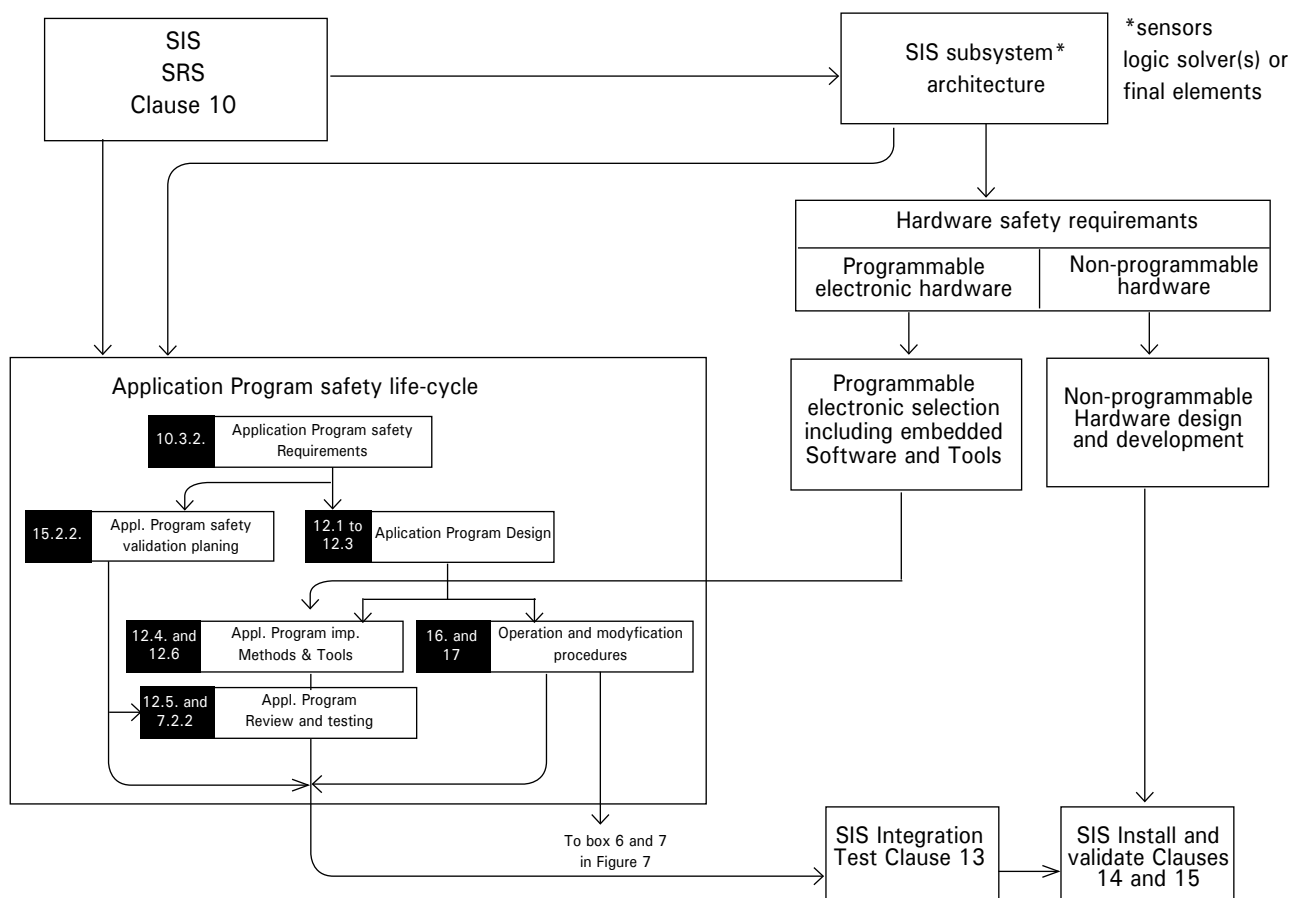
## Wymagania dla programu aplikacyjnego

Paragraf 12 w pierwszej edycji obejmował siedemnaście stron, teraz jedynie trzy i pół strony. Ta sekcja została gruntownie zmieniona, mianowicie usunięto powtórzenia i przeniesiono wymagania co do paragrafów związanych ogólnie z systemem SIS. Zespół zajmujący się wymaganiami dla oprogramowania doszedł do wniosku, że trudno jest rozdzielić w tej normie wymagania dla oprogramowania od wymagań dla systemu, dlatego też wymagania z paragrafu 12 zostały przeniesione do odpowiednich paragrafów. Część nienormatywnych wymagań (typu „Note” czy zaczynające się od „Should”) zostało przeniesionych do drugiej części standardu.

Dodano też kilka nowych wymagań, przykładowo:

- Program powinien zapewniać, że w przypadku aktywacji funkcji i sprowadzenia procesu do stanu bezpiecznego należy w nim pozostać pomimo utraty zasilania i jego ponownego przywrócenia aż do czasu „resetu”.
- Generalnie program aplikacyjny powinien wykonywać się w jednym obiegu pętli programowej.
- Program powinien być sprawdzony przez kompetentną osobę, która nie może uczestniczyć w tworzeniu tego oprogramowania.
- Osoba weryfikująca powinna potwierdzić, że program dla SIF wykonuje tylko funkcje przedstawione w specyfikacji wymagań bezpieczeństwa oraz że działanie danej SIF nie wpływa negatywnie na działanie innej funkcji SIF (*side effects*).

V-model z pierwszej edycji standardu został usunięty, a model cyklu życia bezpieczeństwa dla oprogramowania zmieniony. Nowy schemat pokazano na rysunku 1.



Rysunek 1. Cykl życia bezpieczeństwa dla oprogramowania

Dodano wiele innych szczegółowych wymagań dla oprogramowania, które wykraczają poza zakres tego artykułu.

## Eksploracja SIS

W przypadku gdy działanie funkcji SIF jest zablokowane, proces przemysłowy może być kontynuowany tylko pod warunkiem, że proces identyfikacji zagrożeń i oceny ryzyka określił możliwe środki kompensujące dla takiej sytuacji oraz że dostępne są procedury opisujące, co należy zrobić przed zablokowaniem, podczas blokowania oraz jak poprawnie usunąć blokadę. Dodano, że wszystkie akcje blokowania wymagają odpowiedniej autoryzacji, a ich aktywacja musi być odnotowana i archiwizowana.

Dodano wymaganie identyfikacji wymaganych części zapasowych, tak aby poprawić ich dostępność i tym samym skrócić czas, w którym system SIS pracuje w „zdegradowanym” trybie (np. konfiguracja 2oo3 przy uszkodzeniu przetwornika zostaje zdegradowana do 1oo2).

Nowa norma wymaga, aby osoba odpowiedzialna za eksploatację SIS zrewidowała dokumenty z poprzednich faz cyklu

życia bezpieczeństwa w celu zapewnienia, że poczynione tam założenia w stosunku do eksploatacji są słuszne (np. założenia analizy LOPA co do czasu przebywania obsługi w miejscu zagrożenia).

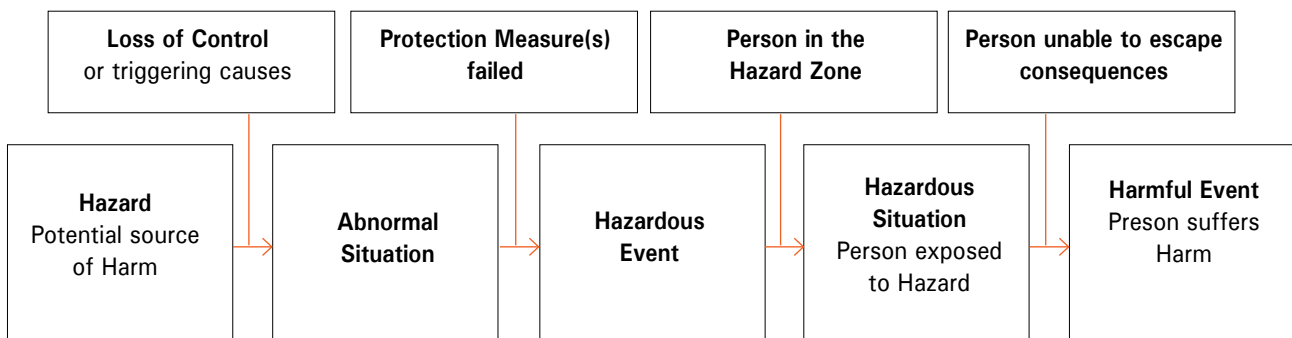
## Część druga standardu IEC 61511

Część ta jest informacyjna, tzn. zawiera nienormatywne wymagania. Są to więc raczej sugestie niż wymagania. Obecna wersja zawiera ponad dwieście stron (pierwsza zawierała osiemdziesiąt stron). Przedstawia więc dużo przykładów zastosowania normy i zaleceń, które zostały przeniesione z części pierwszej (część pierwsza zawiera tylko wymagania).

Dodano kilka nowych aneksów, takich jak:

- Annex B – Tworzenie programu aplikacyjnego z użyciem „Function Block Diagram”,
- Annex D – Jak przejść ze schematów P&ID do programu aplikacyjnego,
- Annex E – Metody i narzędzia do tworzenia oprogramowania,
- Annex F – Przewodnik tworzenia programu aplikacyjnego.

Generalnie jednak ta część standardu co do jakości zawartych w niej przykładów budzi mieszane odczucia ekspertów.



Rysunek 2. Propagacja zdarzenia niebezpiecznego

## Część trzecia standardu IEC 61511

Druga edycja to ponad sto stron (pierwsza zawierała sześćdziesiąt stron). Obecna edycja jest nieco bardziej rozbudowana w stosunku do poprzedniej.

Dodano objaśnienie odnośnie do nazewnictwa pojęć przy propagacji zdarzenia niebezpiecznego. W tym celu dodano nowy schemat, co pokazano na rysunku 2.

Pojawiło się też obostrzenie w części „Scope”, które przestrzega, że przedstawione w części trzeciej metody szacowania wymaganego poziomu SIL mogą nie być właściwe dla każdej aplikacji. W szczególności dotyczy to aplikacji pracujących na częste i ciągle przywołanie („high demand or continuous mode of operation”). Dodatkowo norma przestrzega, że przedstawione metody należy zawsze stosować z uwzględnieniem założeń dla jej poprawności. Może tu chodzić o na przykład:

- częściową zależność między warstwami zabezpieczeń zdefiniowanymi jako niezależne lub
- odporność na uszkodzenia (HFT),
- brak doświadczenia w stosowaniu metody.

Błędy poczynione na tym etapie są zawsze niebezpieczne i krytyczne. Zbyt optymistyczne podejście w szacowaniu wymaganego poziomu SIL prowadzi do zaprojektowania systemu, który nigdy nie zapewni bezpieczeństwa. Z drugiej strony zbyt konserwatywne podejście prowadzi do nieuzasadnionych wysokich kosztów systemów bezpieczeństwa.

Dodano nowe przykłady i wyjaśnienia oraz kilka nowych aneksów. Są to:

- Annex H – Przykład przeprowadzenia oceny ryzyka i alokacji wymagań do warstw zabezpieczeń za pomocą metody LOPA z użyciem matrycy ryzyka do wyznaczenia wymaganej redukcji ryzyka dla danej konsekwencji szkody i częstotliwości zdarzenia,
- Annex H – Praktyczny przykład zastosowania metody jakościowej do wyznaczenia wymaganego poziomu SIL,
- Annex I – Projekt i kalibracja grafu ryzyka,
- Annex J – Wielokrotne systemy SIS (Annex poświęcony jest zagadnieniom wykorzystania kilku systemów SIS do ochrony przed danym zdarzeniem niebezpiecznym).

## Podsumowanie

Większość zmian miała na celu wyjaśnienie i poprawę jakości poprzedniej wersji standardu. Nowa edycja nie wprowadza przełomowych zmian w podejściu do bezpieczeństwa funkcjonalnego procesów przemysłowych, lecz raczej stara się lepiej przedstawić koncepcję zagadnienia. Czyni to dzięki poprawieniu zauważonych błędów czy nieścisłości poprzedniej edycji, przez dodanie nowych przykładów oraz wyjaśnień, a przede wszystkim przez zmodyfikowanie pewnych wymagań lub dodanie nowych. Zmiany zostały zainicjowane przez komitety narodowe, które zgłaszały swoje uwagi do wersji pierwszej standardu, lub też przez ekspertów pracujących nad standardem i stanowią wynik nabytych doświadczeń dzięki wykorzystaniu standardu w praktyce. Wydaje się, że obecna norma jest generalnie lepsza od poprzedniej z powodu poprawy jakości wymagań oraz ich większej przejrzystości. Niemniej norma nie stała się bardziej opisowa. Nadal jest to opis pewnej generalnej koncepcji zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonalnego na instalacjach przemysłowych.

Grzegorz Kulczykowski – Automatic Systems Engineering Sp. z o.o.

# Komunikacja ryzyka w w zarządzaniu bezpieczeństwem procesowym Cz. II

Pierwsza część artykułu ukazała się w numerze 2/2015 „Magazynu Ex”

Systematyka komunikatów (informacji) przekazywanych w procesie komunikacji ryzyka

## Ze względu na sposób kodowania informacji

*Ogólne wytyczne dotyczące treści informacji podawanych społeczeństwu dyrektywa 82/501/EWG – załącznik VII [17] dzielą informację przekazywaną społeczeństwu narażonemu na skutki poważnej awarii na dwie zasadnicze grupy: techniczną i pragmatyczną.*

- **Informacja techniczna** to informacja o pełnej treści technicznej przekazywana społeczeństwu spełniająca wymogi formalne podane w dyrektywie, ustawie lub w rozporządzeniach.

- **Informacja pragmatyczna** to informacja faktycznie przekazywana społeczeństwu, uwzględniająca specyfikę lokalną oraz kontekst socjokulturowy.

Informacja techniczna zawiera treści techniczne przekazywane zgodnie z wytycznymi i wymaganiami podanymi w dyrektywach lub w rozporządzeniach – dokładnie określone w załączniku V dyrektywy Seveso III. Może mieć ona charakter ogólny i ujednolicony we wszystkich państwach Unii Europejskiej.

Mimo technicznego charakteru informacji opracowanej według załącznika V dyrektywa III wymaga, aby informacja ta była zrozumiała dla przeciętnego odbiorcy.

Informacja pragmatyczna to informacja faktycznie przekazywana społeczeństwu w przypadku określonych zakładów; ma ona charakter kontekstowy i musi być dostosowana do warunków lokalnych.



Informacje pragmatyczne powinny przybrać postać instrukcji operacyjnych opartych na informacjach technicznych, m.in. o tym, jakie działania powinna podjąć ludność i jak się zachować w przypadku katastrofy. Powinny one jednak być sformułowane w języku zrozumiałym i łatwo przyswajalnym dla społeczeństwa, uwzględniać warunki lokalne i kontekst socjokulturowy społeczności, do których są kierowane.

*Ogólne wytyczne* [17] podają jako przykład różnicy między informacją techniczną a pragmatyczną sytuację, w której instrukcja techniczna „pozostać wewnątrz budynku” zakłada z góry istnienie centrum dowodzenia i środków do przekazywania komunikatów, takich jak systemy alarmowe i radia zasilane bateriami. Instrukcja ta może być niemożliwa do zastosowania na obszarach upośledzonych, zmarginalizowanych lub o specyficznych warunkach klimatycznych. Informacja pragmatyczna powinna uwzględnić tę sytuację i stanowić realną do zastosowania w danym środowisku instrukcję bezpieczeństwa.

## Ze względu na treść komunikatu

Innym rozróżnieniem rodzajów informacji przekazywanych społeczeństwu związanych z zagrożeniem spowodowanym przez działania przemysłowe jest związek pomiędzy komunikatem a zdarzeniem uwzględniający czas nadania i przekazywaną treść. Punktem granicznym dla tego podziału są dwa wydarzenia (rys. 1):

- **awaria hipotetyczna** będąca przedmiotem analizy,
- **awaria rzeczywista**, do której doszło w trakcie pracy zakładu.

Opierając się na tym podziale, można rozróżnić trzy rodzaje informacji:

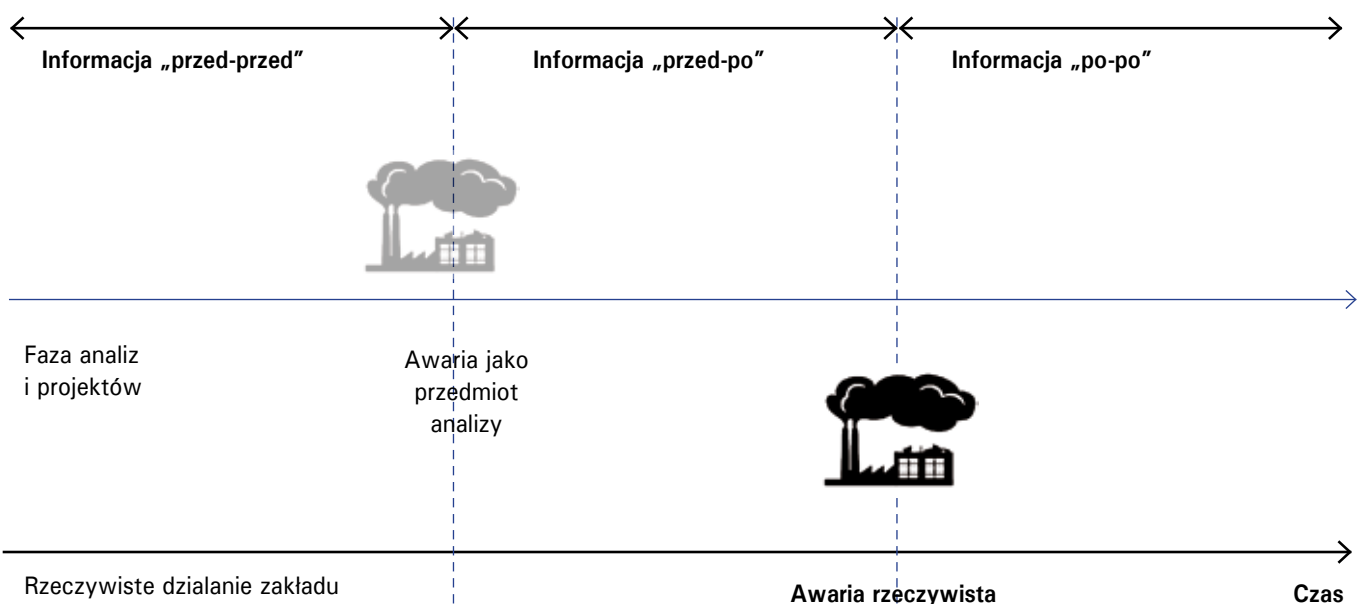
- **informacja „przed-przed”** – zapobiegawcza, przekazywana przed wystąpieniem hipotetycznej awarii, dotyczy środków zapobiegania awarii;
- **informacja „przed-po”** – zapobiegawcza, przekazywana przed wystąpieniem hipotetycznej awarii, a dotycząca zachowania po wystąpieniu awarii;
- **informacja „po-po”** – przekazywana społeczeństwu po wystąpieniu rzeczywistej awarii.

## Informacje typu „przed-przed”

Informacje te mają charakter zapobiegawczy i dotyczą środków zapobiegania awariom. Należy do tej kategorii zaliczyć zdecydowaną większość informacji przekazywanych w trakcie prac analitycznych, eksperckich, projektowych itp. związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa, jak również podczas normalnej eksploatacji zakładu.

## Informacje typu „przed-po”

Informacja ta ma również charakter zapobiegawczy i dotyczy konkretnych działań, jakie powinny zostać wdrożone po wystąpieniu awarii. Należy pamiętać, że odnoszą się one do zdarzeń hipotetycznych i mają na celu ograniczenie negatywnego oddziaływania tych zdarzeń na człowieka i środowisko w przypadku ich realnego wystąpienia. Informacje te powinny być przekazywane ostrożnie i z rozwagą, obejmując szeroki zakres scenariuszy awaryjnych i odpowiednich środków. Do tej kategorii informacji można zaliczyć m.in. informację przekazywaną społeczności narażonej na skutki poważnej awarii zgodnie z zapisami art. 8 dyrektywy Seveso III.



Rys. 1. Podział informacji ze względu na treść komunikatu

## Informacje typu „po-po”

Informacje te są przekazywane społeczeństwu po wystąpieniu rzeczywistej awarii, a więc w sytuacji kryzysowej.

- Informacje typu „po-po” można dalej analizować, dzieląc je na:
  - informacje dotyczące awarii (odpowiedź na pytanie: co się stało?),
  - informacje dotyczące zachowania w sytuacji kryzysowej (odpowiedź na pytanie: co należy zrobić?).

## Ze względu na odbiór społeczny

Inny, wydaje się bardziej pragmatyczny, podział informacji przekazywanych w ramach komunikacji ryzyka zaproponowali autorzy *Wytycznych OECD* [11]. Kryterium podziału informacji był społeczny kontekst komunikacji.

Wytyczne OECD wyróżniają cztery specyficzne sytuacje, w których ma miejsce komunikacja ryzyka.

Sytuacja	Charakterystyka
Rutynowe ryzyko	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zagrożenie dobrze rozpoznane</li> <li>• Pełna świadomość potencjalnych skutków</li> <li>• Znajomość metod zapobiegania awariom</li> </ul>
Ryzyko o wysokim stopniu niepewności	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zagrożenie nierozpoznane</li> <li>• Skutki wciąż dyskutowane</li> </ul>
Ryzyko wywołujące kontrowersje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wywołuje silne emocje społeczne, chociaż:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• zagrożenie może być dobrze rozpoznane</li> <li>• potencjalne skutki mogą być w pełni jasne</li> </ul> </li> </ul>
Sytuacja kryzysowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukierunkowana na zmniejszenie skutków awarii oraz uspokojenie społeczeństwa</li> </ul>

### Rutynowe ryzyko

W tej sytuacji wszystkie zagrożenia są dobrze rozpoznane, a menedżerowie są świadomi potencjalnych skutków stosowania substancji lub technologii, jak również metod zapobiegania awariom lub niepożądanym skutkom.

Komunikacja ryzyka w tej sytuacji wymaga zapewnienia, że ryzyko jest rzeczywiście rutynowe, a wszystkie zaangażowane organizacje posiadają wszelkie środki służące ochronie użytkowników/pracowników/mieszkańców.

### Ryzyko o wysokim stopniu niepewności

Ta sytuacja dotyczy zagrożeń mniej znanych, których skutki nie zostały jeszcze dostatecznie zbadane. Niektóre skutki oddziaływania dla zdrowia i środowiska mogą być wciąż przedmiotem dyskusji.

Przedmiotem komunikacji ryzyka w tej sytuacji jest lęk

przed nieznanym. W procesie komunikacji ryzyka należy uwzględnić:

- kompetencje organizacji zarządzającej ryzykiem,
- monitorowanie przez nią zagrożenia,
- zmianę decyzji, jeżeli negatywne skutki staną się widoczne.

Należy podkreślać ostrożne podejście do procesu, aby nie dopuścić do nieodwracalnych szkód.

### Ryzyko wywołujące kontrowersje

Ryzyko to może być zarówno niepewne, jak i dobrze zbadane – zawsze jednak wywołuje kontrowersje i silne reakcje emocjonalne, może też wzbudzać oburzenie opinii publicznej.

Przykładem może być ekspozycja na pola elektromagnetyczne ze stacji przekaźnikowych telefonii komórkowej. Wiele osób mimowolnie narażonych na to ryzyko obawia się długoterminowych skutków dla zdrowia i uważają narażenie na to promieniowanie jako niesprawiedliwość, gdyż to oni ponoszą

koszty wygody wszystkich osób korzystających z telefonów komórkowych. Innym przykładem może być lokalizacja spalarni śmieci albo elektrowni jądrowej.

Komunikacja ryzyka w takich sytuacjach wymaga dyskusji o wartościach społecznych, dobru wspólnym, stylu życia i światopoglądzie, a zaangażowanie zainteresowanych stron jest nieodłącznym elementem skutecznej komunikacji.

### Komunikacja w sytuacji kryzysowej

Według *Wytocznych OECD* [11] głównym wyzwaniem w zakresie komunikacji ryzyka w sytuacji kryzysowej jest ograniczenie czasowe. Istotna jest właściwa reakcja organizacji w pierwszym stadium kryzysu oraz dobrze przygotowany i wyszkolony zespół wyposażony w niezbędne materiały. Podstawowym celem komunikacji ryzyka w sytuacji kryzysowej jest zmniejszenie skutków awarii, a wtórnym – zapewnienie opinii publicznej, że odpowiednie służby są w stanie ochronić ludność i poradzić sobie ze skutkami awarii.

### Komunikacja ryzyka w prawie europejskim i polskim

W latach 70. ubiegłego stulecia (cezurą były tu katastrofy we Flixborough w roku 1974 i Seveso w 1976) zaznaczył się istotny wpływ opinii publicznej na prowadzenie działalności produkcyjnej, w której występują zagrożenia związane z wykorzystywaniem niebezpiecznych substancji. Skłoniło to władze do wprowadzenia odpowiednich regulacji prawnych, obejmujących m.in. informowanie społeczeństwa nt. środków bezpieczeństwa i właściwego postępowania na wypadek awarii. Kwestie te zostały ujęte w Dyrektywie Rady Wspólnoty Europejskiej 82/501/EWG z 24 czerwca 1982 r. w sprawie zagrożenia poważnymi awariami przez niektóre rodzaje działalności przemysłowej zwaną popularnie dyrektywą Seveso. W następstwie doświadczeń wynikających z kolejnych tragicznych katastrof (m.in. San Juanico w 1984, Bhopal w 1986) dyrektywa ta została zastąpiona Dyrektywą Rady 96/82/WE z dnia 9 grudnia 1996 roku w sprawie zarządzania zagrożeniami poważnymi awariami z udziałem substancji niebezpiecznych, zwaną dyrektywą Seveso II. Dyrektywa ta została zmieniona tylko raz przez dyrektywę 2003/105/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 2003 [14].

Oprócz społeczności lokalnej, która z oczywistych względów zainteresowana była bezpieczeństwem zakładów działających w jej otoczeniu, coraz większy wpływ na politykę producentów i władz wywierały niezależne organizacje ekologiczne, takie jak np. Greenpeace. Pierwsze tzw. partie „Zielonych” powstały w latach 70. XX w. w związku ze wzrostem świadomości ekologicznej i nowymi ruchami społecznymi; obecnie posiadają już swoje reprezentacje parlamentarne, a nawet wchodzi do koalicji rządowych, np. w Niemczech w latach 2001–2005.

Dokumentem o międzynarodowym znaczeniu, który w sposób traktatowo wiążący wyraził te dążenia społeczne, stała

się *Konwencja o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostępie do sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska*, podpisana przez 35 państw (w tym Polskę) oraz Wspólnotę Europejską 25 czerwca 1998 r. w Aarhus w Danii [15]. Konwencja z Aarhus stanowi międzynarodowo-prawną gwarancję prawa udziału społeczeństwa w ochronie środowiska.

Postanowienia tej konwencji dotyczące udziału społeczeństwa w podejmowaniu decyzji dotyczących środowiska znalazły swoje odzwierciedlenie w Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi zwanej dyrektywą Seveso III [16], która zmieniła i uchylila poprzednią dyrektywę Seveso II z dniem 31 maja 2015 r. Dyrektywa ta została zaimplementowana do polskiego prawodawstwa poprzez ustawę z dnia 23 lipca 2015 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2015 r. poz. 1434), która wprowadziła zmiany wynikające z dyrektywy SEVESO III do następujących aktów prawnych:

- ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. z 2008 r. Nr 199, poz. 1227);
- ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. z 2003 r. Nr 80, poz. 717);
- ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2001 r. Nr 62, poz. 627);
- ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. z 1991 r. Nr 88, poz. 400);
- ustawa z dnia 20 lipca 1991 r. o Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (Dz.U. z 1991 r. Nr 77, poz. 335).

Oprócz wyżej wymienionej ustawy postanowienia dyrektywy Seveso III zostały zaimplementowane do polskiego prawa poprzez poniżej wymienione akty prawne niższego rzędu (stan na 1 września 2016 r.) [24]:

- rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r. w sprawie szczegółowego zakresu informacji wymaganych do podania do publicznej wiadomości przez właściwe organy Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. z 2015 r. poz. 2145);
- rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 29 stycznia 2016 r. w sprawie rodzajów i ilości znajdujących się w zakładzie substancji niebezpiecznych, decydujących o zaliczeniu zakładu do zakładu o zwiększonym lub dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej (Dz.U. z 2016 r. poz. 138);
- rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 23 lutego 2016 r. w sprawie raportu o bezpieczeństwie zakładu o dużym ryzyku (Dz.U. z 2016 r. poz. 287);
- rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 maja 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie poważnych awarii objętych obowiązkiem zgłoszenia do Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (Dz.U. z 2016 r. poz. 799);

rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać plany operacyjno-ratownicze (Dz.U. z 2016 r. poz. 821).

Przepisy prawne dotyczące informowania społeczeństwa nt. środków bezpieczeństwa i właściwego postępowania na wypadek awarii ujęte zostały w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2016 r. poz. 672 z późn. zm.).

Artykuł 261 ust. 5 ustawy określa adresatów informacji. Zgodnie z tym przepisem prowadzący zakład o dużym ryzyku (ZDR) jest obowiązany dostarczać co najmniej raz na 5 lat informacji na temat środków bezpieczeństwa i sposobu postępowania w przypadku wystąpienia awarii przemysłowych:

- jednostkom organizacyjnym systemu oświaty i pomocy społecznej,
- podmiotom leczniczym,
- obiektem określonym w wykazie zamieszczonym w wewnętrznym planie operacyjno-ratowniczym zakładu,
- innym podmiotom i instytucjom służącym społeczeństwu, które mogą zostać dotknięte skutkami tych awarii,
- społeczeństwu,
- zakładom sąsiednim.

Informacja ta powinna być uaktualniana w razie potrzeby i weryfikowana przynajmniej raz na 3 lata.

Artykuł 261 ust. 6 podaje sposób dostarczania tej informacji. Prowadzący ZDR realizuje obowiązek dostarczania informacji poprzez:

- 1) udostępnienie informacji na stronie internetowej zakładu;
- 2) ogłoszenie informacji w siedzibie zakładu;
- 3) przekazywanie informacji wójtowi, burmistrzowi lub prezydentowi miasta właściwemu ze względu na lokalizację zakładu;
- 4) poinformowanie, w szczególności w formie pisemnej lub elektronicznej, jednostek, podmiotów oraz instytucji, o których mowa w ust. 5 pkt 1, o udostępnieniu, ogłoszeniu i przekazaniu informacji w sposób, o którym mowa w pkt 1–3.

Według ust. 7 tego artykułu: wójt, burmistrz lub prezydent miasta po uzyskaniu informacji, o których mowa w ust. 5 pkt 1, a więc informacji na temat środków bezpieczeństwa i sposobu postępowania w przypadku wystąpienia awarii przemysłowych, podaje je do publicznej wiadomości w sposób zwyczajowo przyjęty na danym terenie. Według ust. 8 informacje te powinny być zrozumiałe dla przeciętnego odbiorcy.

Artykuł 261a ust. 1 określa zakres podawanej informacji. Zakłady zwiększonego ryzyka i zakłady dużego ryzyka obowiązane są do podania do publicznej wiadomości:

- 1) oznaczenia prowadzącego zakład;
- 2) potwierdzenia, że zakład podlega przepisom w zakresie

przeciwdziałania awariom przemysłowym oraz że prowadzący dokonał zgłoszenia, o którym mowa w art. 250 ust. 1, właściwym organom i przekazał im program zapobiegania awariom;

- 3) opisu działalności zakładu;
- 4) charakterystyki składowanych substancji niebezpiecznych decydujących o zaliczeniu zakładu do zakładu o zwiększonym ryzyku lub zakładu o dużym ryzyku, z uwzględnieniem ich nazw lub kategorii oraz zagrożeń, jakie powodują;
- 5) informacji dotyczących sposobów ostrzegania i postępowania społeczeństwa w przypadku wystąpienia awarii przemysłowej, uzgodnionych z właściwymi organami Państwowej Straży Pożarnej.

Zgodnie z art. 261a ust. 2 prowadzący zakład o dużym ryzyku podaje również do publicznej wiadomości:

- 1) informacje o opracowaniu i przedłożeniu właściwym organom raportu o bezpieczeństwie;
- 2) informacje dotyczące głównych scenariuszy awarii przemysłowej oraz środków bezpieczeństwa, które zostaną podjęte w przypadku wystąpienia awarii.

Informacje, o których mowa w ust. 1 i 2:

- 1) udostępnia się na stronie internetowej zakładu w formie zrozumiałej dla przeciętnego odbiorcy;
- 2) są stale dostępne i zgodne ze stanem faktycznym.

Artykuł 267 ustęp 1 punkt 8 zobowiązuje właściwe organy Państwowej Straży Pożarnej do udostępniania na swoich stronach podmiotowych w Biuletynie Informacji Publicznej instrukcji postępowania mieszkańców na wypadek wystąpienia awarii. Szczegółowy zakres tych instrukcji określa rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 grudnia 2015 r. w sprawie szczegółowego zakresu informacji wymaganych do podania do publicznej wiadomości przez właściwe organy Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. z 2015 r. poz. 2145).

Zgodnie z paragrafem 15 tego rozporządzenia instrukcja o postępowaniu mieszkańców na wypadek wystąpienia awarii zawiera w szczególności informacje dotyczące:

- 1) rodzajów zagrożeń możliwych do wystąpienia w zakładach o zwiększonym ryzyku lub o dużym ryzyku;
- 2) sposobów powiadamiania i alarmowania mieszkańców, właściwych dla każdego rodzaju zagrożenia, o którym mowa w pkt 1;
- 3) sposobów zachowania się mieszkańców na wypadek wystąpienia zagrożeń, o których mowa w pkt 1;
- 4) wykazu telefonów alarmowych oraz adresów i telefonów wojewódzkich, powiatowych i gminnych organów i służb odpowiedzialnych za podjęcie działań operacyjno-ratowniczych;
- 5) innych kwestii, ważnych dla bezpieczeństwa mieszkańców.

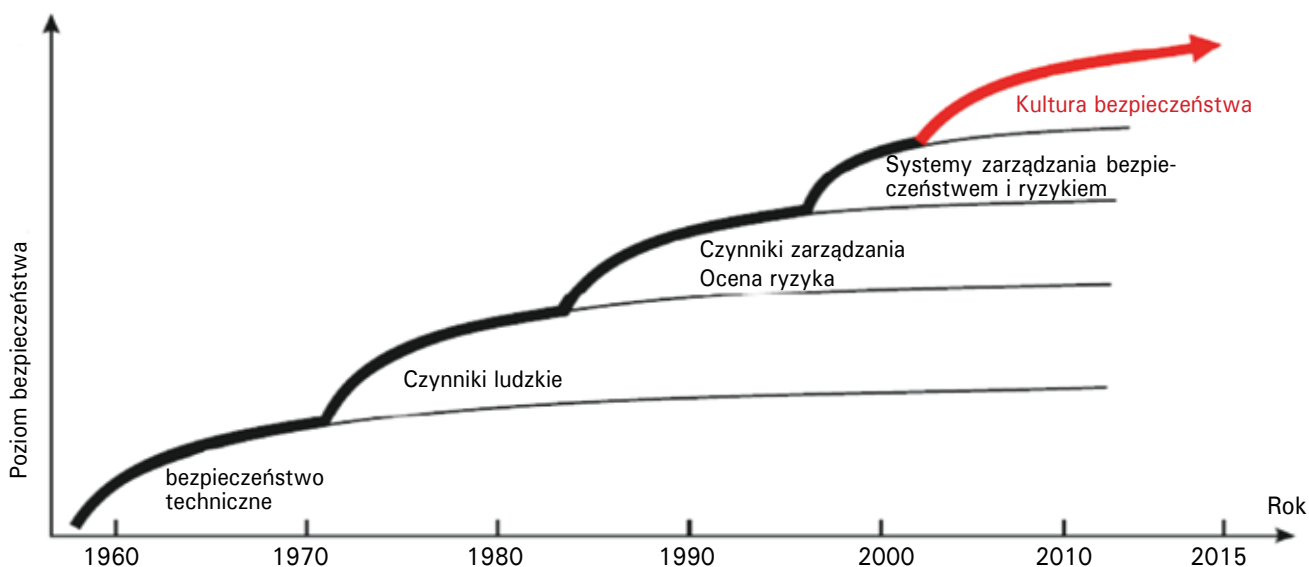


Instrukcję, o której mowa w ust. 1, sporządza się w zwartej i czytelnej formie opisowej z wykorzystaniem tabel i rysunków.

## Komunikacja ryzyka w organizacji o pozytywnej kulturze bezpieczeństwa

Pojęcie „kultury bezpieczeństwa” po raz pierwszy pojawiło się w raporcie Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w roku 1986 po wybuchu w elektrowni atomowej w Czarnobylu. Kolejne raporty z dochodzeń po serii katastrof przemysłowych i komunikacyjnych w Wielkiej Brytanii w latach 1986–88 również wskazywały na błędy w strukturach organizacyjnych i podkreślały znaczenie kultury bezpieczeństwa.

Panuje powszechne przekonanie, że kultura bezpieczeństwa ma obecnie najbardziej istotny wpływ na poziom bezpieczeństwa w zakładach, w których występują zagrożenia związane z wykorzystywaniem niebezpiecznych substancji (rys. 2) [1].



Rys. 2. Dominujący czynnik w rozwoju bezpieczeństwa procesowego

W środowiskach naukowo-technicznych, mimo licznych prac na ten temat, wciąż trwają dyskusje co do właściwej definicji kultury bezpieczeństwa [19], niemniej obecnie powszechnie przyjęła się definicja opracowana przez UK Health and Safety Commission – brytyjską agencję zdrowia i bezpieczeństwa [13].

Kultura bezpieczeństwa organizacji jest zespołem uznawanych wspólnie, indywidualnie i grupowo: wartości, sposobu postrzegania rzeczywistości, kompetencji, akceptowalnych zachowań i postaw w odniesieniu do systemu zorganizowania spraw zdrowia i bezpieczeństwa.

Organizacje o pozytywnej kulturze bezpieczeństwa charakteryzują się komunikacją opartą na wzajemnym zaufaniu,

w ramach wspólnego postrzegania znaczenia bezpieczeństwa i zaufania co do skuteczności zastosowanych środków zapewnienia bezpieczeństwa<sup>1</sup>.

Raporty powstałe po wspomnianych wyżej katastrofach zawierały zazwyczaj od kilkudziesięciu do kilkuset zaleceń związanych z poprawą bezpieczeństwa (295 po katastrofie

<sup>1</sup> Podaję w interpretacji Ireneusza Rogali [19]. Tekst oryginalny brzmi: „The product of individual and group values, attitudes, perceptions, competencies, and patterns of behaviour that determine the commitment to, and the style and proficiency of, an organisation’s health and safety management. Organisations with a positive safety culture are characterized by communications founded on mutual trust, by shared perceptions of the importance of safety and by confidence in the efficacy of preventive measures”.

komunikacyjnej w Landbroke Grove). Aby organizacja mogła ukształtować pozytywną kulturę bezpieczeństwa, konieczne więc stało się ustalenie priorytetów – kluczowych obszarów, na których powinna się skupić organizacja, chcąc podnieść poziom kultury bezpieczeństwa. Badacze zajmujący się kulturą bezpieczeństwa opracowali (i opracowują nadal) różne – aczkolwiek zasadniczo zbieżne – listy priorytetowych obszarów funkcjonowania organizacji, w których przejawia się kultura bezpieczeństwa (bądź jej brak). Bardzo praktyczny charakter ma 5 wskaźników kultury bezpieczeństwa opracowane przez HSE [13] na podstawie licznych raportów dochodzeniowych po katastrofach z lat 1988–2000.

Wskaźniki kultury bezpieczeństwa wg raportu HSE to:

- Przywództwo (*Leadership*),
- Dwukierunkowa komunikacja (*Two-way communication*),
- Zaangażowanie załogi (*Employee involvement*),
- Kultura uczenia się (*Learning culture*)<sup>2</sup>,
- Podejście do winy (*Attitude toward blame*)<sup>3</sup>.

Warto wspomnieć w tym miejscu, że komunikacja w organizacji jako jeden z głównych wyznaczników kultury bezpieczeństwa podawana jest praktycznie u wszystkich badaczy.

Dochodzenia przeprowadzone po głośnych katastrofach w Wielkiej Brytanii pod koniec XX w. wskazały na istnienie wielu braków w dziedzinie komunikacji wewnątrz organizacji odpowiedzialnych za zdarzenia. Należały do nich: brak otwartej i szczerzej dyskusji o kwestiach związanych z bezpieczeństwem, brak informacji oraz informacji zwrotnych, niewystarczające akcentowanie znaczenia niewłaściwych zachowań i niebezpiecznych działań.

W roku 1998 opublikowano wyniki badań porównujących dziesięć instalacji off-shore, gdzie doszło w ciągu minionych dwóch lat do wypadków, z instalacjami, w których nie odnotowano w tym samym okresie żadnego wypadku. Badania wykazały, że respondenci z instalacji, w których nie było zdarzeń wypadkowych, zgłaszali lepszą komunikację w pracy (*job communication*) niż ankietowani z instalacji z wypadkami.

Jak już wspomniano wcześniej, komunikacja w organizacji przebiega na trzech zasadniczych kierunkach: pionowym „z góry na dół”, pionowym „z dołu do góry” oraz poziomym.

## Komunikacja pionowa „w dół”

Ten rodzaj komunikacji przebiega od samego zarządu poprzez poziom zarządzający i kierowniczy do pracowników operacyjnych zatrudnionych bezpośrednio na instalacji. Służy on do przekazywania celów i zadań związanych z polityką bezpieczeństwa, stanowiska zarządu firmy, jak również wszelkich informacji związanych z kwestiami bezpieczeństwa. Tą drogą przepływają także odpowiedzi zarządu na zgłaszane przez pracowników problemy związane z bezpieczeństwem.

Raport HSE podaje kilka kluczowych wskaźników efektywnej komunikacji pionowej „w dół”:

- Dobrze widoczne deklaracje polityki bezpieczeństwa zakładu. Powinny być one umieszczane w różnych, dobrze widocznych miejscach i upubliczniać zobowiązanie dyrekcji w kwestiach związanych z bezpieczeństwem.
- Używanie różnych – werbalnych i niewerbalnych – narzędzi komunikacji do podkreślania zarządzeń związanych z bezpieczeństwem, zagrożeń i znaczenia bezpieczeństwa.
- Systemowe ujęcie komunikacji ryzyka związanego z wystąpieniem poważnej awarii, zarówno wobec personelu zakładu, jak i pracowników zewnętrznych (podwykonawców) – wraz z upewnieniem się, że informacje o tych zagrożeniach zostały przez nich dobrze zrozumiane.
- Wizytowanie instalacji przez dyrekcję. Wizytacje mogą stanowić dość skuteczny sposób przekazywania informacji o bezpieczeństwie, jeżeli są zorientowane na rozmowę z pracownikami i ich wysłuchiwanie.

## Komunikacja pionowa „w górę”

Pozytywna kultura bezpieczeństwa wymaga efektywnego raportowania dyrekcji przez pracowników operacyjnych problemów związanych z bezpieczeństwem. W zakładzie powinien funkcjonować system zgłaszania przez personel nieprawidłowości w zakresie bezpieczeństwa. Jednak jego formalne funkcjonowanie nie rozwiązuje problemu.

Badania przeprowadzone wśród maszynistów kolei brytyjskich w następstwie licznych katastrof komunikacyjnych wskazały, że głównym powodem, dla którego pracownik nie zgłasza przełożonym zaistnienia niebezpiecznego incydentu, jest argument, że „stanowi on część codziennej pracy”. Wynika z tego, że w świadomości badanych pracowników niebezpieczna sytuacja była czymś normalnym. Innym często podawanym powodem braku sygnalizowania przez pracowników zdarzenia było stwierdzenie, że „kierownictwo nic z tym nie robi”. Jeszcze inną przyczyną, dla której znaczna część badanych nie zgłosiła incydentu, była obawa przed przysporzeniem komuś kłopotów.

Raport HSE poddaje pod rozważenie zastosowanie następujących zaleceń służących poprawie zgłaszania nieprawidłowości

<sup>2</sup> Kultura uczenia się (*Learning culture*) rozumiana jest jako umiejętność pracowników organizacji wyciągania wniosków z wypadków bądź zdarzeń potencjalnie wypadkowych, uczenia się na błędach innych, reakcji na niewłaściwe zachowania, analizę procesów w celu zwiększenia bezpieczeństwa itp.

<sup>3</sup> Podejście do winy (*Attitude toward blame*) rozumiane jest jako nastawienie organizacji (zwłaszcza jej kierownictwa), które nie koncentruje się na szukaniu winnych i odpowiedzialnych za błąd, ale raczej stara się zrozumieć okoliczności, które doprowadziły do zaistnienia tego błędu, i wykorzystać tę wiedzę do poprawy funkcjonowania zakładu.

przez personel zatrudniony na instalacji:

- Pracownik, który stworzył zagrożenie i został wskazany w zgłoszeniu, powinien być chroniony przed procedurą dyscyplinarną, aczkolwiek w niektórych sytuacjach, w przypadku świadomych, pozbawionych rozsądku, lekomyślnych zaniedbań, wszczęcie procedury dyscyplinarnej byłoby wskazane.
- Zgłoszenia powinny być tajne, anonimowe i uniemożliwiające identyfikację pracownika (zespołu) wskazanego w zgłoszeniu.
- Dział zbierający i analizujący zgłoszenia powinien być odseparowany od struktur uprawnionych do sankcji dyscyplinarnych. Wskazane byłoby zaangażowanie do tego zadania niezainteresowanej trzeciej strony, np. firmy konsultingowej lub jednostki naukowej.
- Pracownicy obiektu/instalacji, z którego zgłoszono nieprawidłowość, powinni otrzymać szybką, użyteczną i zrozumiałą odpowiedź, np. poprzez ogłoszenie albo newsletter.
- Zgłoszenie powinno być proste do napisania. Wzór zgłoszenia powinien być pozbawiony urzędowego stylu, utrzymany w pozytywnej formie i zawierać proste pytania.

## Komunikacja pozioma

W tego rodzaju komunikacji informacje przepływają pomiędzy poszczególnymi pracownikami pracującymi na tym samym bądź adekwatnym poziomie organizacyjnym lub pomiędzy działami lub jednostkami organizacyjnymi.

Raport HSE podaje następujące zalecenia wynikające z dobrych praktyk:

- Ustalenie jasnych zasad i odpowiedzialności za bezpieczeństwo. Komunikacja pozioma jest konieczna, kiedy należy uzgodnić, która firma, dział lub osoba jest odpowiedzialna za poszczególny obszar bezpieczeństwa.
- Organizowanie narad osób odpowiedzialnych za bezpieczeństwo razem z przedstawicielem dyrekcji ds. bezpieczeństwa.
- Podawanie informacji związanych z bezpieczeństwem (np. pełnych raportów powypadkowych) do wiadomości publicznej, a nie tylko przekazywanie informacji zainteresowanym działom/osobom.
- Stworzenie skutecznego systemu komunikacji bezpieczeństwa, który zbierałby, analizował i rozpowszechniał informacje związane z wypadkami i zdarzeniami potencjalnie wypadkowymi.

## Narzędzia komunikacji ryzyka

Gwałtowny rozwój techniczny w zakresie urządzeń i infrastruktury służących komunikacji, który nastąpił pod koniec XX w. i trwa do tej pory, pozwala mówić o prawdziwej rewolucji w zakresie komunikacji społecznej. Należy w tym kontekście wymienić rozwój sieci komórkowych, upowszechnienie Internetu oraz stałe udoskonalanie i coraz większą dostęp-

ność urządzeń mobilnych – smartfonów. Coraz więcej osób ze wszystkich grup społecznych i przedziałów wiekowych posiada i wykorzystuje urządzenia, dzięki którym może się natychmiast skomunikować z dowolnego miejsca, wykonać i przesłać zdjęcie lub krótki film. Następnie, dzięki mediom społecznościowym, informacja ta może zostać błyskawicznie zmnożona i dotrzeć do masowego odbiorcy. Działanie mediów społecznościowych w komunikacji ryzyka okazało się nieocenione, zwłaszcza podczas katastrof naturalnych, np. podczas huraganu Katrina w roku 2005, trzęsienia ziemi na Haiti oraz podczas awarii w elektrowni atomowej w Fukushima w roku 2011.

Dobór odpowiednich narzędzi komunikacji [7] zależy od:

- kontekstu, w jakim odbywa się komunikacja,
- możliwości organizacyjnych,
- stopnia dostępności i umiejętności posługiwania się przez odbiorców nowoczesnymi narzędziami komunikacji,
- kultury odbiorców,
- różnych poziomów dyskusji.

## Narzędzia komunikacji stosowane wewnątrz organizacji

Skuteczny sposób komunikowania się w organizacji wymaga zaprojektowania i wdrożenia odpowiedniego systemu przepływu informacji. Od strony technicznej na system taki składają się między innymi następujące narzędzia: przewodnik dla pracowników, wewnątrzorganizacyjna tablica ogłoszeń, biuletyn zakładowy, Intranet, newsletter zakładowy, mailing, megafony, zakładowy portal internetowy, Social media (np. zakładowy fanpage na Facebooku), forum internetowe, interaktywne programy komputerowe, monitory wyświetlające komunikaty, narady i dyskusje, prezentacje, szkolenia, listy (maile) do członków organizacji, plakaty i broszury, tzw. gorąca linia telefoniczna, anonimowe skrzynki do przekazywania informacji, anonimowe komunikatory elektroniczne, filmy, ankiety, grupy dyskusyjne, sesje „burzy mózgów” itp.

Narzędzia komunikacji stosowane na zewnątrz organizacji

Do komunikacji zewnętrznej, zwłaszcza z przedstawicielami społeczności lokalnej, można z powodzeniem wykorzystać wiele narzędzi służących do komunikacji wewnątrz organizacji. Dobór odpowiednich narzędzi zależy oczywiście od kontekstu socjokulturowego. Dla celów komunikacji ryzyka można rozważyć m.in. poniższe narzędzia komunikacji zewnętrznej:

- broszury i ulotki,
- prezentacje wideo,
- megafony,
- tablice i gabloty informacyjne,
- strony i portale internetowe,
- newslettery,
- social media (np. fanpage na Facebooku),
- aplikacje na smartfony,
- publiczne prezentacje i dyskusje,
- szkolenia,
- działania edukacyjne: wystawy, wizyty w szkołach,

- dyżury specjalistów,
- akcje typu „drzwi otwarte”,
- badania, wywiady i grupy fokusowe,
- doradztwo obywatelskie.

## Narzędzia komunikacji w relacji z mediami

Odrębny charakter mają narzędzia komunikacji z mediami. Do podstawowych narzędzi komunikacji z dziennikarzami należą:

- informacja prasowa,
- konferencja prasowa.

## Media społecznościowe

Według raportu OECD poświęconego mediom społecznościowym (social media) [20] posiadają one trzy podstawowe zalety dla komunikacji ryzyka:

- angażują uczestników we współpracy i współuczestnictwie w akcji kryzysowej,
- są zdecentralizowane, a informacja może błyskawicznie przepływać pomiędzy uczestnikami,
- są bardzo powszechne i łatwo dostępne.

Następujące aplikacje mediów społecznościowych (tabela 1.) można skutecznie wykorzystać w komunikacji ryzyka:

Tabela 1. Zastosowanie mediów społecznościowych w komunikacji ryzyka

Narzędzie	Zastosowanie w komunikacji ryzyka
Twitter	Pozwala przekazywać niezwłocznie krótkie informacje oraz dzielić je między uczestnikami i szybko multiplikować w czasie rzeczywistym
Facebook	Poprawia koordynację między wolontariatem a służbami, pozwala dzielić się informacją wewnątrz społeczności, dostarcza aktualizacji w zakresie sytuacji kryzysowej
You Tube Flickr Instagram	Poprawia świadomość sytuacji poprzez wymianę zdjęć i filmów, może pomóc w identyfikacji miejsc zagrożonych i ofiar
Wikipedia Fora dyskusyjne	Wzmacnia i uzupełnia kontakt między ludnością zagrożoną i służbami
Blogi	Dostarczają zaleceń, udzielają rad, jak zachowywać się w danej sytuacji
Mapy, np. Google Maps	Ułatwiają orientację w terenie oraz położenie centrów ratunkowych

## Strategia komunikacji ryzyka

Aby komunikacja ryzyka mogła być w skuteczny sposób przeprowadzona, wcześniej powinna zostać opracowana odpowiednia strategia. Wszelkie działania związane z komunikacją ryzyka wobec wszystkich adresatów powinny być w miarę możliwości przemyślane, zaplanowane i przygotowane. Po wdrożeniu działań komunikacyjnych powinna zostać oceniona ich skuteczność.

Autorzy poradnika *Komunikacja i partycypacja społeczna* [7], biorąc pod uwagę polskie realia, proponują poniższy porządek planowania działań komunikacyjnych, które są na tyle uniwersalne, że można je z powodzeniem wykorzystać przy opracowaniu strategii komunikacji ryzyka.

Elementy planowania sprawnego systemu komunikacji według [7] to:

1. określenie celu komunikacji ryzyka;
2. określenie adresata działań komunikacyjnych;
3. określenie, co ma być wynikiem komunikowania (jakie chcemy wywołać zachowanie);
4. wybór kanałów informacyjnych i narzędzi wykorzystanych w komunikacji;
5. zidentyfikowanie podmiotu wdrażającego działania komunikacyjne;
6. wypracowanie systemu mierników pozwalających na badanie efektów komunikowania i modyfikowanie założeń wyjściowych.

Nieco inne podejście do opracowania strategii komunikacji ryzyka proponują autorzy *Wytycznych OECD dotyczących komunikacji ryzyka w zarządzaniu ryzykiem chemicznym* [11]. O ile autorzy polskiego poradnika skupiają się na kwestiach technicznych i organizacyjnych, *Wytyczne* zalecają podczas planowania strategii komunikacyjnej również analizę socjologicznych aspektów komunikacji.



Zalecenia *Wytycznych OECD* [11] przy planowaniu komunikacji ryzyka są następujące:

1. Określ wspólny mianownik między nadawcą a odbiorcą.
2. Określ kontekst społeczny i kulturowy.
3. Rozważ koszty i zasoby niezbędne w komunikacji.
4. Upewnij się, że program komunikacji ryzyka jest ujęty w planach organizacji i ma poparcie kierownictwa.
5. Upewnij się, że zamierzone metody komunikacji są spójne i wzajemnie się uzupełniają.
6. Używaj takich rozwiązań, co do których skuteczności jesteś sam mocno przekonany.
7. Znajdź czas i środki na próbę i weryfikację różnych podejść komunikacyjnych.
8. Oceń skuteczność swojego planu.

Obydwa sposoby planowania komunikacji ryzyka można i należy połączyć, co pozwoli znacząco zwiększyć efektywność komunikacji.

## Przygotowanie skutecznej informacji o ryzyku

Komunikat dotyczący ryzyka, zagrożeń, środków zapobiegania awariom, bezpieczeństwa itp. stanowi szczególną postać komunikatu formułowanego przy każdej innej sytuacji społecznej. Podczas przygotowywania informacji o ryzyku należy stosować te same zasady, które obowiązują w innych sytuacjach społecznych. Niemniej przekazywanie informacji o ryzyku, ze względu na emocje towarzyszące odbiorowi takiego komunikatu oraz istotne różnice w rozumieniu określenia ryzyka, wymagają specyficznego podejścia.

Bardzo konkretne i praktyczne zalecenia dotyczące przygotowania skutecznej informacji o ryzyku zawierają *Wytyczne OECD* [11].

### Zasady ogólne

1. Jasno wyrażaj swoje intencje i uczynj je głównym punktem twojego komunikatu.
2. Maksymalnie upraszczaj swój komunikat, ale bez utraty tego, co istotne.
3. Główną informację zamieść na początku, a potem stopniowo ją rozwijaj i dodawaj więcej szczegółów.
4. Zawsze przyjmuj, że odbiorca nie posiada specjalistycznej wiedzy, chyba że jesteś pewny, że zwracasz się do specjalistów w zakresie ryzyka.
5. Staraj się przewidzieć, co interesuje twojego odbiorcę i dostosuj komunikację ryzyka do jego potrzeb.
6. Umieszczaj ryzyko w kontekście społecznym i zamiast wartości liczbowych podawaj odpowiedniki słowne.
7. Bądź ostrożny w porównywaniu różnych ryzyk. Jeżeli jednak chcesz to zrobić, to raczej:
  - porównuj ryzyko zrobienia czegoś do ryzyka niezrobienia niczego;
  - porównuj różne rozwiązania tego samego problemu;
  - porównuj to same ryzyko w różnych miejscach lub różnych okresach czasu;
  - porównuj do standardów.

8. Odnoś informację o ryzyku do realnego świata odbiorcy.

## Zasady przygotowania informacji związanych z ryzykiem dla osób podejmujących decyzje

Komunikat dotyczący ryzyka kierowany do osób podejmujących decyzje ma charakter szczególny i powinien być sformułowany tak, aby ułatwić im wybór optymalnej z ich punktu widzenia opcji. Autorzy opracowania *SHAPE RISK* [12] zalecają, aby komunikat skierowany do decydentów spełniał poniższe warunki:

- odnosił się do przepisów prawnych i skali ważności określonych działań;
- podawał konsekwencje sytuacji, jeżeli działania związane z ograniczeniem ryzyka nie zostaną podjęte;
- brał pod uwagę głównych interesariuszy, jak również liczbę ludzi narażonych na potencjalne skutki awarii;
- podawał wielkość/skalę potencjalnych zagrożeń;
- podawał poziom wiarygodności analiz ryzyka;
- porównywał zyski/straty decyzji opartych na różnych opcjach zarządzania ryzykiem;
- powinien mieć postać graficzną, wykorzystującą diagramy, grafy i proste tabele.

## Zasady przygotowania informacji dla osób zagrożonych skutkami awarii

Jak już wcześniej wspomniano, można rozróżnić informację techniczną, spełniającą strictly wymagania prawne, oraz informację pragmatyczną, realnie dostarczaną zagrożonej społeczności, uwzględniającą kontekst socjokulturowy. *Wytyczne OECD* [11] podają swego rodzaju check-listę koniecznego minimum informacyjnego niezbędnego w skutecznej komunikacji ryzyka dla osób narażonych na zagrożenia, związane nie tylko z awarią, ale generalnie z wszelkiego rodzaju zagrożeniami wynikającymi z wykorzystywania niebezpiecznych substancji chemicznych.

- Na samym początku oświadcz, że zobowiązujesz się do stałego udzielania informacji w kwestiach, które budzą obawy społeczne.
- Rozróżnij wyraźnie zagrożenie (potencjalna właściwość powodowania szkód) i ryzyko (prawdopodobieństwo wystąpienia tych szkód).
- Jeżeli występuje zagrożenie budzące szczególny lęk i obawy, należy o nim powiedzieć i potwierdzić jego istnienie.
- Określ, co wiadomo na temat narażenia na oddziaływanie czynnika zagrożeń, a zwłaszcza, w jakim stopniu oddziaływanie to wpływa na dzieci.
- Oceń wartość źródeł wiedzy na temat zagrożeń, jak i kiedy można spodziewać się powiększenia zakresu tej wiedzy poprzez dalsze badania, jaki podmiot odpowiada za pogłębienie wiedzy w tym zakresie.
- Podaj, czego jeszcze nie wiadomo nt. wpływu zagrożeń oraz jakie działania mogą zmniejszyć istniejące braki wiedzy i kiedy może to nastąpić.

- Podaj zarówno jakościową, jak i ilościową ocenę ryzyka, a jeżeli szacunki te nie są dostępne, to określ, kiedy będzie można je uzyskać.
- Uzasadnij, dlaczego w konkretnym przypadku dany poziom ryzyka może być uważany za tolerowany/akceptowalny.
- Podaj jasne i przekonujące uzasadnienie dla wybranych/zaleconych działań zapobiegawczych w konkretnych przypadkach.
- Podaj dane kontaktowe do osób, które udzielą odpowiedzi na pytania.

## Zasady przygotowania informacji dla prasy

Informacja prasowa stanowi podstawowe narzędzie warsztatu dziennikarskiego [21]. Przygotowując informacje dla prasy, warto pamiętać, że redakcje otrzymują codziennie od kilkunastu do kilkudziesięciu notatek publikowanych przez specjalne firmy PR, dlatego temat musi być szczególnie ciekawy i ważny. Należy także pamiętać o specyfice mediów, których znacznie bardziej interesuje zagrożenie niż bezpieczeństwo.

Przygotowanie notatki prasowej powinno być poprzedzone analizą odbiorców: inny tekst powinien być kierowany do pisma specjalistycznego/technicznego, a inny do popularnej gazety lub portalu. W notatce kierowanej do medium czytanego przez niewyrobionych odbiorców należy unikać długich zdań, a trudne wielosylabowe wyrazy należy zastępować krótszymi (do trzech sylab) synonimami. Dobrze jest wstawić w tekst notatki odpowiednio wyróżnioną, np. kursywą, krótką osobistą wypowiedź ważnej osoby, dzięki czemu przekaz zostanie spersonalizowany.

Informacja prasowa powinna odpowiedzieć na pytania: kto, co, gdzie, kiedy, jak, dlaczego i z jakim skutkiem (można odpowiedzieć na niektóre z tych pytań pomijając). Najważniejsze elementy informacji powinny być ujęte w pierwszym akapicie (leadzie), w dalszej kolejności powinno następować rozwinięcie notatki o dodatkowe, mniej ważne szczegóły. Notatka prasowa nie powinna przekraczać 1200 znaków.

Akapity powinny być krótkie, bez marketingowych przymiotników, względnych odniesień czasowych (wczoraj, w zeszłym tygodniu). Tytuł i lead nie mogą streszczać artykułu, lecz przyciągać i zaciekawiać. Kilkuwyrazowy tytuł powinien nieść odpowiedź na przynajmniej dwa podstawowe pytania: najlepiej „gdzie” i „co” [22].

Należy pamiętać, że w komunikacji ryzyka odbiorcy oczekują informacji prawdziwej, jasnej i kompletnej. Należy usuwać wszelkie marketingowe dodatki i unikać koloryzowania.

Na końcu notatki należy podać imię i nazwisko, telefon oraz adres e-mail osoby udzielającej szczegółowych informacji.

## Komunikacja w sytuacji kryzysowej

Sytuację kryzysową definiuje się jako zdarzenie bądź ciąg zdarzeń, które powstają w otoczeniu zakładu (organizacji),

których nie da się w pełni przewidzieć oraz sprawować nad nimi kontroli [23]. Przyczyną sytuacji kryzysowej może być awaria techniczna lub błąd ludzki, które spowodowały uwolnienie niebezpiecznej substancji i w konsekwencji wybuch lub pożar, ale także zdarzenie zewnętrzne (zjawisko naturalne lub pogodowe, akt terroryzmu, sabotażu itp.) bądź nieoczekiwana reakcja społeczna spowodowana nieprawdziwą lub zniekształconą informacją.

Działania w sytuacji kryzysowej przebiegają w warunkach ekstremalnych ograniczeń czasowych oraz silnego stresu wewnętrznego i zewnętrznego. Podstawowym zadaniem w sytuacji kryzysowej jest minimalizacja strat. Aby skutki kryzysu były jak najmniejsze dla ludzi, środowiska i majątku, organizacja powinna być na nie przygotowana i wcześniej opracować plan zarządzania sytuacją kryzysową. Istotne miejsce tego planu powinna zajmować komunikacja w sytuacji kryzysowej – zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz zakładu.

W niniejszym rozdziale zostaną omówione działania związane z komunikacją w sytuacji kryzysowej podejmowane przez kierownictwo zakładu przemysłowego (nie obejmuje on działań związanych z komunikacją społeczną podejmowaną przez służby ratownicze, np. straż pożarną, policję, służby medyczne, wojsko itp. oraz organy administracji rządowej lub samorządowej).

Spoglądając na sytuację kryzysową w aspekcie komunikacji ryzyka, można wyodrębnić jej najbardziej charakterystyczne cechy:

- pojawia się w niespodziewanym momencie, stale się pogłębia, a zdarzenia następują jedno po drugim,
- powstaje wokół niej szum informacyjny,
- pojawia się rażąca dysproporcja pomiędzy szukającymi a dostarczającymi informacji,
- w organizacji pojawia się uczucie osaczenia i niepewności, które skutkuje blokadą informacji ze strony pracowników.

Plan zarządzania sytuacją kryzysową powinien stanowić element systemu zarządzania organizacją. Jednym z elementów tego planu powinien być plan komunikacji kryzysowej.

Plan komunikacji kryzysowej powinien uwzględniać następujące elementy:

- stworzenie zespołu kryzysowego, w którego skład weszli by pracownicy o strategicznym znaczeniu dla zakładu;
- wyznaczenie osoby (najlepiej tylko jednej) będącej źródłem informacji, z którą będą się kontaktowali dziennikarze; nie musi to być rzecznik prasowy, ale powinien być to komunikatywny i cechujący się otwartością członek ścisłego sztabu kryzysowego;
- identyfikacja środków przekazu, stworzenie bazy danych dziennikarzy, zwłaszcza tych, którzy cechują się profesjonalizmem i obiektywnością; do nich należy w pierwszej kolejności kierować komunikaty;
- identyfikacja osób kształtujących opinię, ekspertów

- i autorytetów, którzy mogą pomóc w medialnym rozwiązywaniu kryzysu;
- identyfikacja kanałów i narzędzi komunikacyjnych, jakimi zespół kryzysowy dotrze do pracowników (osób zagrożonych) i przekaze im informacje o zaistniałej sytuacji;
- przygotowanie materiałów informacyjnych o zakładzie, zastosowanych środkach bezpieczeństwa, certyfikatach, badaniach itp., przygotowanie roboczych notatek prasowych oraz listy użytecznych stwierdzeń, które mogą się okazać przydatne w kontakcie z mediami;
- przygotowanie i przećwiczenie scenariuszy najbardziej prawdopodobnych sytuacji kryzysowych;
- przygotowanie awaryjnych zasad komunikowania się na zewnątrz i wewnątrz zakładu.

W trakcie sytuacji kryzysowej powinny być przestrzegane następujące zasady:

- Osoby kontaktujące się z mediami muszą posiadać wiedzę nt. pracy dziennikarza i jego potrzeb. Nawet wobec agresywnej postawy przedstawicieli mediów powinni traktować ich jako siłę wspomagającą, a nie wrogów.
- Należy unikać języka technicznego, biurokratycznego czy legalistycznego, natomiast należy okazywać empatię i współczucie poszkodowanym. Oczywiście osoba występująca publicznie powinna być świadoma możliwych konsekwencji prawnych swoich oświadczeń.
- Media powinny być informowane rzetelnie i stale w obliczu zmieniającej się sytuacji.
- Należy prezentować wyłącznie fakty i sprawdzone informacje bez jakichkolwiek interpretacji.
- Należy uruchomić specjalny telefon bądź e-mail dla mediów.
- Osoba udzielająca informacji powinna mieć jasną wizję tego, jakie informacje nie mogą być w żadnym wypadku ujawniane.
- Nie należy spekulować na temat przyczyn zaistniałej sytuacji, wskazywać odpowiedzialnych, szukać winnych czy szacować finansowo straty.

Kiedy sytuacja kryzysowa ulegnie poprawie lub będzie można uznać, że kryzys się zakończył, należy pozostawać w dalszym kontakcie z mediami oraz otoczeniem zewnętrznym, aby informować o bieżących przedsięwzięciach związanych z likwidacją skutków kryzysu. Należy także wykorzystać zaistniałą sytuację jako obszar do nauki: przejrzeć wszystkie procedury oraz skorygować plan komunikacji kryzysowej, tak aby został lepiej wykorzystany w przyszłości.

### Podsumowanie

Komunikacja ryzyka ma bardzo duży wpływ na bezpieczeństwo. Jej znaczenie będzie stale rosło, gdyż obecnie, przy wysokim stopniu zaawansowania techniki i sprawdzonych, dopracowanych procedurach, najbardziej istotny wpływ na poziom bezpieczeństwa zakładów ma kultura bezpieczeństwa,

której zasadniczym determinantem jest właśnie komunikacja ryzyka.

Wartość i znaczenie komunikacji ryzyka wymaga od kadry menedżerskiej i inżynierskiej zakładów przemysłowych nowych, tzw. „miękkich” umiejętności, związanych z właściwym przekazywaniem ważnych informacji dotyczących bezpieczeństwa, zagrożeń i ryzyka. Dotyczy to zwłaszcza komunikacji pionowej w organizacji, z czego szczególnie ważny jest kierunek „z dołu do góry” – wszystkie informacje o zagrożeniach płynące ze strony pracowników będących najbliższej linii produkcyjnej.

Równie ważnym kierunkiem w komunikacji ryzyka jest kontakt z otoczeniem kooperującym: podwykonawcami, dostawcami itp, których standardy bezpieczeństwa powinny korelować z wymaganiami zakładu.

Właściwa komunikacja ryzyka ma bardzo ważny wymiar biznesowy. Dobra komunikacja wewnątrz firmy o pozytywnej kulturze bezpieczeństwa pozwala eliminować zdarzenia potencjalnie niebezpieczne, a co się z tym wiąże – ograniczyć straty spowodowane wypadkami i awariami. Straty spowodowane błędami w komunikacji ryzyka w sytuacji kryzysowej mogą być bardzo wysokie, niekiedy przekraczające koszty samej awarii i ponoszone w długim okresie. Lekceważenie konsultacji społecznych wymaganych przez prawo w przypadku nowej inwestycji (modernizacji) lub ich niewłaściwe traktowanie może doprowadzić do poważnych strat wizerunkowych, które w dłuższym dystansie czasowym również przełożą się na straty ekonomiczne.

Komunikacja ryzyka w bezpieczeństwie procesowym stanowi temat wciąż rzadko podejmowany w polskim przemyśle, natomiast od pewnego czasu szeroko analizowany w krajach tzw. starej Unii. Z dużą pewnością można założyć, że znaczenie komunikacji ryzyka dla inżynierów zajmujących się bezpieczeństwem procesowym będzie stale rosło i wymagało od nich nowych umiejętności w tym zakresie.

### Bibliografia

- [1] A. S. Markowski, *Zarządzanie bezpieczeństwem procesowym. Wykłady*, Łódź: Politechnika Łódzka, 2015.
- [2] A. S. Markowski, *Zarządzanie bezpieczeństwem instalacji przemysłowych*, w: *Zapobieganie stratom w przemyśle*, Łódź: Politechnika Łódzka, 2000.
- [3] S. Mannan, *Lee's Loss Prevention in the Process Industries*, Burlington USA: Elsevier, 2005.
- [4] F. Macleod, *Impressions of Bhopal*, „Loss Prevention Bulletin”, pp. 3–9, 12/2014.
- [5] A. Staliński, „Bojkot BP za wyciek ropy w Zatoce Meksykańskiej – studium przypadku,” *The Newpr Post*, 2.05.2014. [Online]. Available: <http://newpr.pl/bojkot-bp>

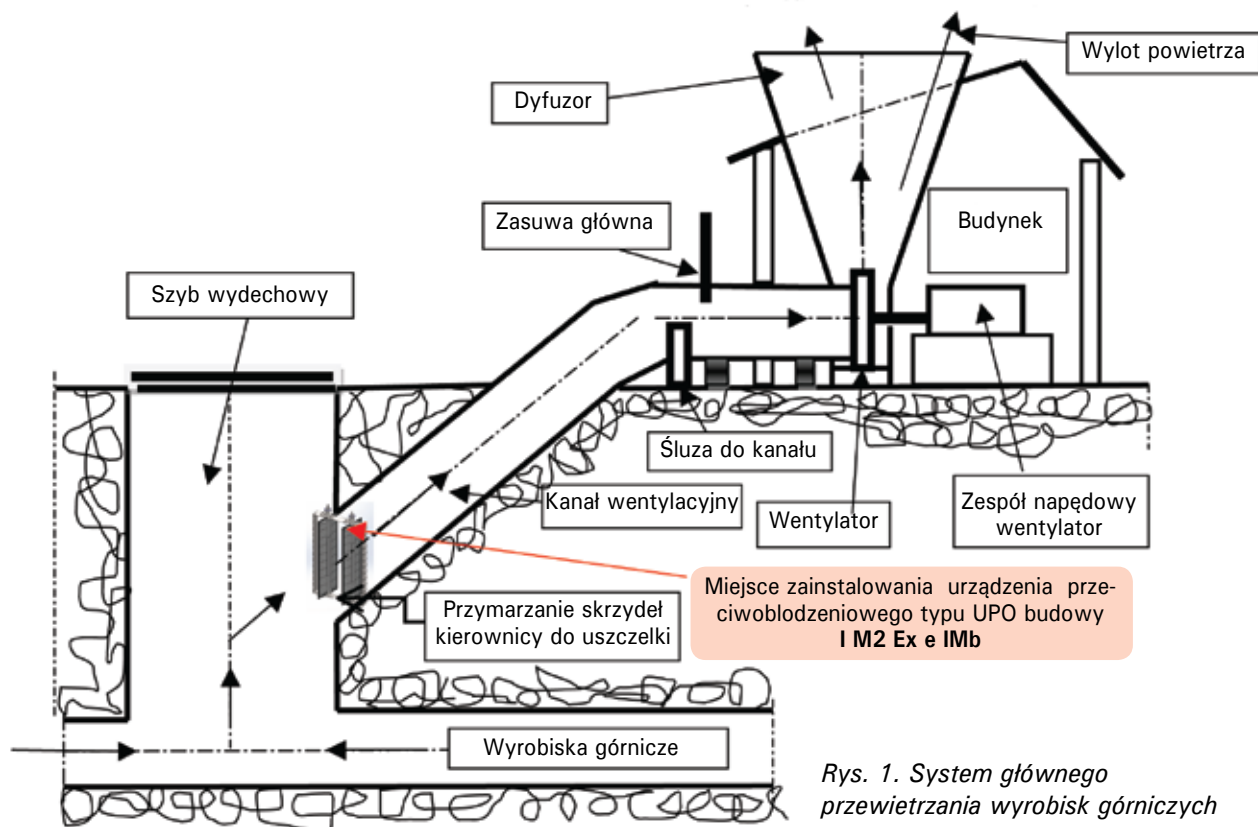
- za-wyciek-ropy-w-zatoce-meksykańskiej-studium-przy-padku/. [Data uzyskania dostępu: 5.09.2015].
- [6] B. Dobek-Ostrowska, *Podstawy komunikowania społecznego*, Wrocław: Wydawnictwo ASTRUM, 1999.
- [7] J. Hausner (red.), J. Górniak, S. Kołdras i S. Mazur, *Komunikacja i partycypacja społeczna – poradnik*, Kraków: Małopolska Szkoła Administracji Publicznej Akademii Ekonomicznej, 1999.
- [8] F. Schultz von Thun, *Wprowadzenie i coś o sobie, Sztuka rozmawiania 1.*, Kraków: Wydawnictwo WAM, 2005.
- [9] L. Korzeniowski, *Menedżment. Podstawy zarządzania*, Kraków: EAS, 2010.
- [10] Norma PN-ISO 31000:2012 „Zarządzanie ryzykiem. Zasady i wytyczne”, Warszawa: PKN, 2012.
- [11] OECD, *OECD Guidance Document on Risk Communication for Chemical Risk Management*, OECD Environment Directorate, ENV/JM/MONO(2002)18, Paris, 2002.
- [12] L. Fabri, *Sharing Experience On Risk Management (Health, Safety And Environment) To Design Future Industrial Systems. Synthesis Document of WP6*, European Commission within the Sixth Framework Programme (2002–2006) Contract: CA 505555-1, <http://www.ineris.fr/centredoc/w7.pdf> (dostęp 6 września 2015), 2006.
- [13] Human Engineering for the Health and Safety Executive, *A review of safety culture and safety climate literature for the development of the safety culture inspection toolkit*, HSE BOOKS, Bristol, 2005.
- [14] A. Gajek, *System przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym. Polskie przepisy, Dyrektywa Seveso II i Dyrektywa Seveso III*, Warszawa: CIOP-PIB, 2013.
- [15] *Konwencja o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostępie do sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska, sporządzona w Aarhus dnia 25 czerwca 1998 r.*, Dz.U. z 2003 r. Nr 78, poz. 706.
- [16] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi, Dz.U.UE.L.2012.197.1.
- [17] S. Funtowicz i B. De Marchi, *General guidelines for content of information to the public Directive 82/501/EEC*, tłumaczenie CIOP, Joint Research Centre, 1994.
- [18] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska, Dz.U. z 2016 r. poz. 672 z późn. zm.
- [19] I. Rogala, *Kultura bezpieczeństwa w rozwoju firm i przemysłu*, „Magazyn Ex”, pp. 51–55, 1 2015.
- [20] J. Wendling, J. Radisch i S. Jacobzone, *The Use of Social Media in Risk and Crisis Communication*, OECD Working Papers on Public Governance No. 24, 2013.
- [21] W. Pisarek, *Retoryka dziennikarska*, Kraków: Ośrodek Badań Prasoznawczych RSW Prasa-Książka-Ruch, 1988.
- [22] B. Miś, *Dziennikarstwo internetowe*, w: *Seminarium Dziennikarstwo internetowe organizowane przez CPI*, Warszawa, 2007.
- [23] A. Grzegorzczak i A. Kościańczuk, *Komunikowanie w sytuacjach kryzysowych*, w: *Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych niepewności*, red. K. Kubiak, tRozdział 2., Warszawa, Wyższa Szkoła Promocji, 2012.
- [24] *Serwis Informacji Prawnej LEX*. Wolters Kluwer 2016. Stan prawny: 1 września 2016 r.

kontakt: g.kulczykowski@ase.com.pl  
tel. 601 480 291



Edward Pęcak – Automatic Systems Engineering Sp. z o.o.  
Jerzy Waler – Elektrometal SA

## Elektryczny system grzewczy firmy Pentair/ASE w innowacyjnych urządzeniach przeciwoblodzeniowych typu UPO zastosowany w zakładach górniczych (grupa I)



Rys. 1. System głównego przewietrzania wyrobisk górniczych

## Cel i znaczenie przewietrzania kopalń

Głównym zadaniem przewietrzania kopalń jest dostarczenie świeżego powietrza do wszystkich czynnych wyrobisk górniczych za pomocą wentylatorów, które budowane są w pobliżu szybów. System wentylatorów musi być poprawnie zaprojektowany i wykonany oraz w sposób ciągły nadzorowany, gdyż ich niezawodna praca ma bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo pracy, zdrowie i życie górników.

W kanałach wentylacyjnych wentylatorów głównego przewietrzania (rys. 1), w szybie wydechowym w kopalniach węgla kamiennego, częstym problemem w jesienno-zimowym okresie jest przymarzanie skrzydeł klap do uszczelek w przylgni ramy nośnej. Powstałe oblodzenie utrudnia swobodne sterowanie skrzydłami klap wentylatora wydechowego, to zaś ma istotny wpływ na zapewnienie poprawnie działającej wentylacji pomieszczeń wyrobisk górniczych (rys. 2 i 2a).

## Rozwiązanie problemu nieuszczelności klap w wentylatorze wydechowym

W celu rozwiązania tego istotnego problemu konstruktorzy firmy Elektrometal SA w Cieszynie przy współpracy z konstruktorami firmy ASE zaprojektowali, wykonali oraz wdrożyli do eksploatacji w KWK Szczygłowice pilotażowe urządzenie przeciwoblodzeniowe typu UPO z przeznaczeniem do ogrzewania:


- przylgni ramy głównej klap obrotowych wentylatora w szybie wydechowym (rys. 3),
- studzienek kanalizacyjnych w kanałach dolotowych i rewersyjnych wentylatorów głównych (rys. 5),
- rury odpływowej odprowadzającej wodę kondensacyjną w kanałach wentylacyjnych głównego przewietrzania powstałą w wyniku depresji naturalnej (rys. 6).

W oparciu o pozyskane od konstruktorów firmy Elektrometal SA z Cieszyna założenia dotyczące technicznych wymagań, jakie postawili dla urządzenia przeciwoblodzeniowego, konstruktorzy firmy ASE zaprojektowali oraz dobrali odpowiedni elektryczny system grzewczy z wykorzystaniem taśmy samoregulującej, która samoistnie dostosowuje moc grzewczą w zależności od temperatury otoczenia z możliwością jej termostatowania zgodnie z projektem.

Jest to pierwszy w kraju, a być może na świecie, elektryczny system grzewczy firmy **Pentair/ASE**, który spełnia obowiązujące wymagania dotyczące bezpieczeństwa ochrony zdrowia pracowników obsługujących **urządzenia w podziemnych zakładach górniczych zaliczanych do grupy I**.

Urządzenie przeciwoblodzeniowe typu UPO było prezentowane dla pracowników kopalni Lubelski Węgiel „Bogdanka”, którzy wstępnie wyrazili zainteresowanie wdrożeniem niniejszego urządzenia do eksploatowanych systemów wentylacji pomieszczeń wyrobisk górniczych.



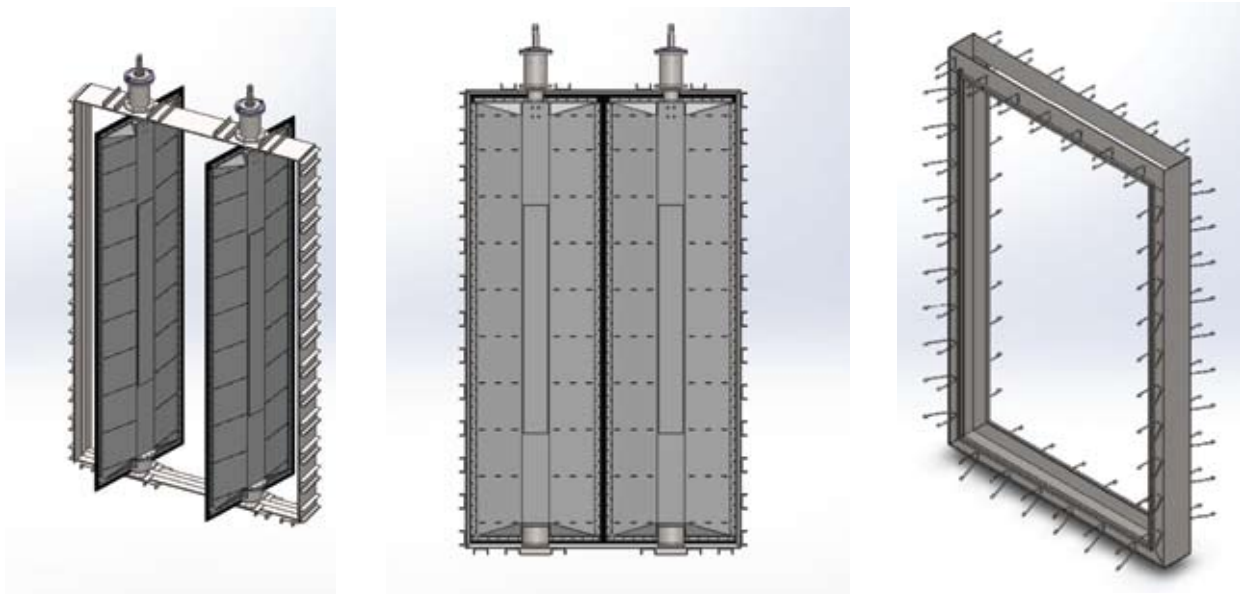
W oparciu o postanowienia dyrektywy 94/9/WE urządzenie typu UPO jako kompletne urządzenie systemowe uzyskało **Certyfikat Badania Typu WE nr TEST 14 ATEX 0074X** i zostało oznakowane  **I M2 Ex e I Mb**.

## Opis techniczny urządzenia przeciwoblodzeniowego do stosowania w podziemnych zakładach górniczych (grupa I)

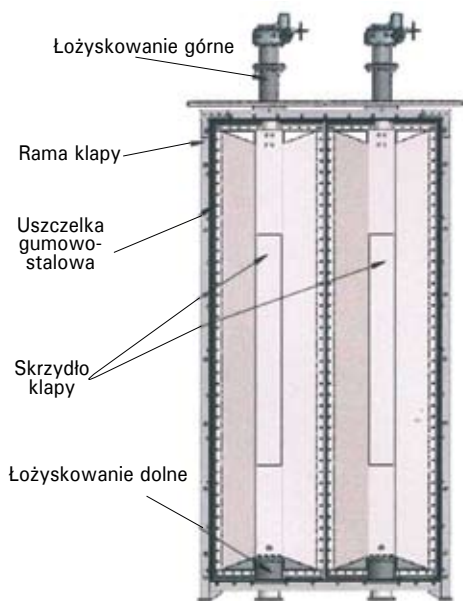
1. Do ogrzewania przeciwoblodzeniowego przylgni klap obrotowych (rys. 3) została zastosowana taśma samoregulująca 20QTVR2-CT\_ASE o mocy grzewczej 64W/m (rys. 4) wraz z przynależnym osprzętem elektrycznym budowy wzmocnionej Ex e II. Element grzewczy został rozłożony po obwodzie na zewnętrznych ścianach ramy głównej klapy o przekroju ceownika oraz dodatkowo osłonięty został kątownikiem stanowiącym przylgnię uszczelki skrzydła klapy. Konstrukcja mocująca umożliwia rewizję i ewentualną wymianę taśmy grzewczej w przypadku jej uszkodzenia.

W pozycji zamkniętej uszczelka skrzydła bezpośrednio dolega do przylgni, w której na jednej ze ścian przymocowana jest taśma samoregulująca, której zadaniem jest podgrzewanie przylgni uszczelki.

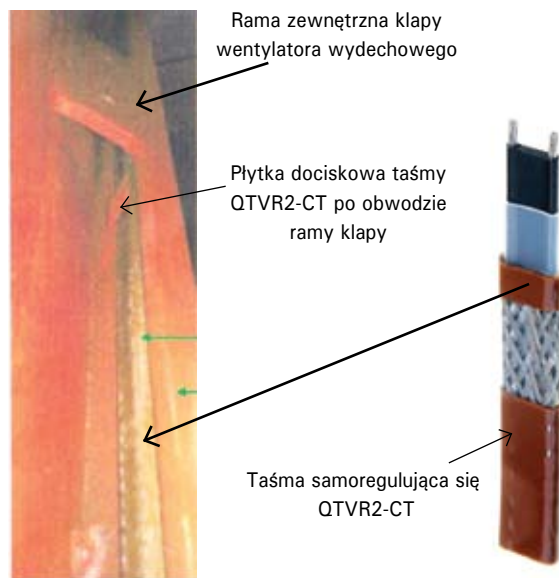
2. Do ogrzewania studzienek kanalizacyjnych w kanałach dolotowych i rewersyjnych wentylatorów głównych oraz rur odprowadzających wodę kondensacji w pomieszczeniu czepni rewersyjnej została zastosowana taśma samoregulująca



Rys. 2a. Skrzydła klap kierownicy w szybie w fazie otwartej i zamkniętej wydechowym



Rys. 2



Rys.3

Rys.4

oznakowana 15QTVR2-CT\_ASE o mocy grzewczej 51 W/m (rys. 5 i 6) wraz z przynależnym osprzętem elektrycznym.

Taśma grzewcza samoregulująca została ułożona w rurach ochronnych, które zostały zalane betonem w posadzce fundamentowej. Zasilana jest napięciem 230 V, ze skrzynki przyłączeniowej budowy wzmocnionej Ex e II typ JBU-100-L-E z zewnętrznej linii, tj. z pomieszczenia niezagrażonego wybuchem metanu. Elementy zabezpieczające obwody grzewcze umieszczone są w rozdzielni zasilającej, w tym m.in. wyłącznik zwarciový instalacyjny C25A oraz wyłącznik różnicowo prądowy o znamionowym prądzie 30 mA, które spełniają wymagania ochrony przeciwporażeniowej. Końce taśmy grzew-

czej poprzez dławik uszczelniający budowy Ex e II wprowadzane są do skrzynek przyłączających, a następnie zarobione są za pomocą zestawu termokurczliwego C25-21 lub zestawu przyłączeniowego do montażu na zimno C25-20 produkcji Raychem/Pentair oferowanego przez ASE.

Sposób działania, montaż i eksploatacja wraz z identyfikacją zagrożeń, jakie mogą być spowodowane przez urządzenie UPO w **podziemnych zakładach górniczych zaliczanych do grupy I** zostały zapisane w szczegółowej instrukcji obsługi „Urządzenie przeciwoblodzeniowe wentylatorów głównego przewietrzania typu UPO” opracowanej przez konstruktorów firmy Elektrometal SA.



Rys.5



Rys.6

Szczegółowe dane techniczne elementów konstrukcyjnych stanowiących wyposażenie elektrycznego obwodu grzewczego znajdują się na stronie [www.ase.com](http://www.ase.com) lub można je otrzymać bezpośrednio, kontaktując się ze współkonstruktorem i współautorem artykułu Edwardem Pęcakiem.

Konstruktorzy z firm Elektrometal SA oraz ASE będą wspólnie podejmować kolejne zadania związane z modernizacją instalacji w podziemnych zakładach górniczych, których celem będzie zwiększenie bezpieczeństwa pracy szczególnie w tzw. obszarach „mokrych”, w tym m.in. w obszarach:

- ogrzewania urządzeń pompowych,
- wysuszania wnętrza szaf zasilających i sterowniczych,
- wysuszania kanałów odwadniających,
- innych pomieszczeniach zgłaszanych przez użytkownika.

Eksperti techniczni firmy ASE współpracują z wieloma biurami projektowymi oraz systematycznie wprowadzają do obrotu nowe produkty i systemy ochronne, jak również innowacyjne rozwiązania techniczne światowych producentów.

Sukcesywnie podejmujemy działania w zakresie wspólnego rozwiązywania problemów technicznych występujących u klientów. Działania te podejmowane są na etapie projektowania, doboru i montażu wraz z opracowaniem dokumentu *Kompleksowego Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem* dla każdego stanowiska pracy.

Zapraszam do zgłaszania nam problemów technicznych oraz współpracy w ich rozwiązywaniu, czego celem będzie bezpośrednio przełożenie na zwiększenie bezpieczeństwa zdrowia i życia pracowników, jak również bezpieczeństwa mienia i środowiska.

kontakt: [e.pecak@ase.com.pl](mailto:e.pecak@ase.com.pl)  
tel. 723 00 06 00





# Bezpłatna prenumerata „Magazynu Ex”

Dane Czytelnika i adres wysyłki kwartalnika:

Imię ..... Nazwisko .....

Stanowisko .....

E-mail ..... Telefon .....

Firma .....

Ulica .....

Miejscowość ..... Kod pocztowy .....

Rodzaj firmy:

- Produkcyjna  
  Integrator systemów  
  Producent maszyn  
  Biuro projektów  
  Edukacja  
  Handlowa  
  Osoba prywatna  
 Inna (jaka)? .....

<p>Jestem zainteresowany następującymi zagadnieniami zamieszczanymi w „Magazynie Ex”:</p> <p> <input type="checkbox"/> Produkty i nowości  <input type="checkbox"/> Strefy gazowe  <input type="checkbox"/> Strefy pyłowe  <input type="checkbox"/> Oświetlenie w strefach  <input type="checkbox"/> Elektrotechnika do stref  <input type="checkbox"/> Automatyka do stref Ex  <input type="checkbox"/> Aplikacje w przemyśle  <input type="checkbox"/> Regulacje prawne  <input type="checkbox"/> Ubezpieczenia obiektów w strefach Ex  <input type="checkbox"/> Szkolenia z zakresu bezpieczeństwa w strefach Ex  <input type="checkbox"/> Nauka i technika  <input type="checkbox"/> Relacje z konferencji, targów, itp.  <input type="checkbox"/> Inne (jakie) .....            .....            .....            .....            .....         </p>	<p>Jestem zainteresowany specjalistycznymi szkoleniami z zakresu:</p> <p> <input type="checkbox"/> Bezpieczeństwo pracowników w strefach zagrożonych wybuchem  <input type="checkbox"/> ATEX – Technika przeciwwybuchowa  <input type="checkbox"/> ATEX – Eksploatacja urządzeń elektrycznych i nieelektrycznych w strefach Ex  <input type="checkbox"/> Urządzenia nieelektryczne w strefach Ex  <input type="checkbox"/> Ochrona odgromowa i przepięciowa obiektów w strefach Ex  <input type="checkbox"/> Ochrona przed elektrycznością statyczną  <input type="checkbox"/> Iskrobezpieczeństwo  <input type="checkbox"/> Detekcja gazów wybuchowych i toksycznych oraz wycieków  <input type="checkbox"/> Dokument zabezpieczenia przed wybuchem  <input type="checkbox"/> Dyrektywa maszynowa  <input type="checkbox"/> Remonty urządzeń elektrycznych Ex  <input type="checkbox"/> Inne (jakie) .....            .....            .....            .....            .....         </p>	<p>O „Magazynie Ex” dowiedziałem/am się z:</p> <p> <input type="checkbox"/> Byłem prenumeratorem Magazynu Ex  <input type="checkbox"/> Targów branżowych (jakich?) .....  <input type="checkbox"/> Prasy technicznej lub innej (jakiej?) .....  <input type="checkbox"/> Polecenia znajomej osoby  <input type="checkbox"/> Przesyłki pocztowej  <input type="checkbox"/> Konferencji pt. ....  <input type="checkbox"/> Internetu, ze strony www.  <input type="checkbox"/> Innego źródła (jakiego?) .....  <input type="checkbox"/> Innego wydziału mojej firmy (jakiego?) .....  <input type="checkbox"/> Inne uwagi: .....            .....            .....            .....         </p>
--	--	--

Zgodnie z ustawą z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych (Dz. U. Nr 103, poz. 883) wypełniając ten formularz zgadzam się na przetwarzanie podanych przeze mnie danych osobowych w bazie danych firmy Automatic Systems Engineering Sp. z o.o. Wyrażam zgodę na otrzymywanie informacji dotyczących „Magazynu Ex” drogą elektroniczną na podany w formularzu adres e-mail.

Data i miejscowość ..... Podpis i pieczęć .....

Formularz należy odesłać pod nr fax: fax. 58 346 43 44 lub e-mail: redakcja@magazynex.pl. Telefon kontaktowy: 58 520 77 39 (20)

Adres wydawcy: ASE Sp. z o.o., ul. Narwicka 6, 80-557 Gdańsk