

Michał Górny

Bezpieczeństwo funkcjonalne systemów ochronnych

Functional safety of protective systems

Streszczenie:

W publikacji przedstawiono wymagania stawiane systemom ochronnym przez dyrektywę 94/9/WE (ATEX). Opisano sposób oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego systemów ochronnych, dla których nie sformulowano wymagań w normach zharmonizowanych. Omówiono w sposób ogólny podstawowe aspekty oceny.

Abstract:

This paper presents requirements for protection systems described in directive 94/9/UE (ATEX). Methodology for functional safety assessment of protective systems for potentially explosive atmospheres for which there are no EU standards was described. Short review of basic assessments methods was made in general.

1. WPROWADZENIE

Wraz z przyjęciem do systemu prawnego dyrektywy 94/9/WE pojęcie „urządzenia przeciwybuchowe” zostało rozszerzone (uzupełnione) m.in. o systemy ochronne. Korzystając z definicji podanej w dyrektywie można określić systemy ochronne jako urządzenia, których zadaniem jest natychmiastowe powstrzymanie powstające-



Rys. 1. Typowy przerywacz płomienia

go wybuchu lub ograniczenie skutecznego zasięgu wybuchu i które mogą być wprowadzane do obrotu oddzielnie, w celu zastosowania jako systemy samodzielne. Taka definicja systemu ochronnego pozwala na precyzyjne określenie jego funkcjonalności. Systemy ochronne są przeznaczone do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – w przeciwieństwie np. do urządzeń zabezpieczających, sterujących i regulacyjnych, które przeznaczone są do użytku poza przestrzeniami zagrożonymi wybuchem.

Sztandarowym przykładem systemu ochronnego są przerywacze płomienia. Mimo rozpowszechnionych wersji konstrukcyjnych (siatkowe, cieczkowe, płytkowe, z przegrodami z taśmy karbowanej itp.) pierwsze uregulowania techniczne, w tym również metody badawcze zawarto w normie PN-EN 12874 [1] wydanej w roku 2002. Nie oznacza to, że wcześniej nie prowadzono badań poprawności konstrukcji, ani że nie formułowano wymagań konstrukcyjnych. Przeprowadzane wcześniej badania w laboratoriach Kopalni Doświadczalnej „BARBARA” bazowały na własnych, przeważnie bardziej rygorystycznych metodykach.

Norma PN-EN 12874 miała zasięg jedynie europejski i została w roku 2010 zastąpiona normą PN-EN ISO 16852 [2] o zasięgu ogólnoświatowym.

Typowy przerywacz płomienia przedstawiono na rysunku 1. Przykładami innych systemów ochronnych, dla których opracowano odpowiednie normy są np. tamy wentylacyjne, przeciwybuchowe zapory wodne, czy też automatyczne systemy gaśnicze kombajnów chodnikowych, dla których wymagania zawarto w normach serii PN-EN 14591 [3], [4], [5].

Przytoczone powyżej przykłady systemów ochronnych, dla których opracowano szczegółowe normy zawierające wymagania konstrukcyjne i metodyki badań, nie dotyczą oczywiście wszystkich rozwiązań konstrukcyjnych. Można sobie łatwo wyobrazić wiele przykładów innych systemów ochronnych nieobjętych wymaganiami powyższych norm (np. system gaszenia wybuchu pyłu w silosie zbożowym).

2. WYMAGANIA PRODUCENTA I PROCEDURY OCENY ZGODNOŚCI

Zgodnie z wymaganiami dyrektywy ATEX największa odpowiedzialność ciąży na producencie. Odpowiedzialność producenta obejmuje:

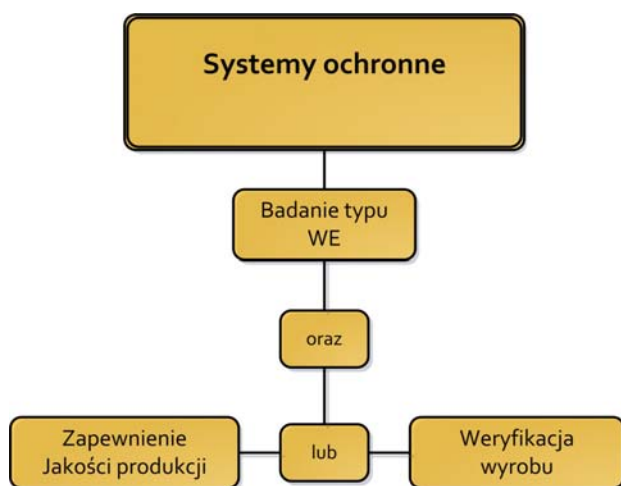
- przeprowadzenie analiz w celu stwierdzenia czy jego wyrób podlega dyrektywie 94/9/WE, i które z jej wymagań mają zastosowanie,
- zaprojektowanie oraz wytworzenie wyrobu zgodnie z zasadniczymi wymaganiami,
- przestrzeganie procedur oceny zgodności wyrobu z zasadniczymi wymaganiami,
- podpisanie deklaracji lub świadectwa zgodności;
- zapewnienie oznakowania i dołączenie instrukcji użytkownika, konserwacji itp.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że systemy ochronne podlegają dyrektywie niezależnie czy mają, czy nie własne źródło (źródła) zapłonu. Jeżeli mają (własne źródła zapłonu, np. elementy elektroniczne, elementy wykonawcze zainstalowane w obszarze zagrożenia wybuchem) – konieczne jest spełnienie (przez elementy ze źródłami zapłonu) zasadniczych wymagań bezpieczeństwa.

W przypadku systemów ochronnych dyrektywa przewiduje następujące moduły oceny zgodności:

- badanie typu WE,
- zapewnienie jakości produkcji (lub weryfikacja wyrobu).

Metodyka podejścia do oceny zgodności systemów ochronnych jest taka sama jak urządzeń o najwyższym poziomie zabezpieczenia (kategorii M1, 1G lub 1D).



Rys. 2. Procedury oceny zgodności systemów ochronnych

Schemat postępowania przedstawiono na rysunku 2.

W ramach badania typu Jednostka Notyfikowana przeprowadza badania potwierdzające skuteczność systemu ochronnego. W przypadku przerywaczy płomienia wymagane badania przedstawiono w normie PN-EN 16852 [2]. Zwykle obejmują one:

- weryfikację poprawności konstrukcji przerywacza,
- pomiar przepływu,
- badania przenoszenia płomienia (w warunkach detonacji lub deflagracji),
- badania w warunkach spalania krótkotrwałego.

W przypadku pozytywnych wyników prób oraz po uzgodnieniu dokumentacji wydawany jest certyfikat badania typu WE (rys. 2).

Wprowadzenie systemu ochronnego na rynek jako urządzenia autonomicznego wymaga zapewnienia przez producenta powtarzalności produkcji. Jednostka Notyfikowana przeprowadza ocenę systemu produkcji w oparciu o normę PN-EN ISO/IEC 80079-34 [6]. Załącznik A do tej normy określa wymagania dotyczące produkcji przerywaczy płomienia. Do normy w ramach prac europejskiego komitetu normalizacyjnego TC305 dodano załącznik ZB precyzujący wymagania dla systemów ochronnych w rozumieniu dyrektywy ATEX.

Oczywiście jest możliwe i nie jest to wcale rzadkością, że badania typu przynoszą rezultat negatywny. W przypadku przerywaczy płomienia dla wyższych grup wybuchowości (IIB3 lub IIC – wodór), poprawna konstrukcja wymaga dużego doświadczenia konstrukcyjnego.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy negatywny rezultat badań cieczowego przerywacza płomienia – wybuch ze strony niechronionej przeniósł się na stronę chronioną przerywacza.

Warto nadmienić, że w warunkach badania jako ciecz ochronną w przerywaczu zastosowano wodę w miejsce przewidywanej przez producenta benzyny.



Rys. 3. Badanie przerywacza płomienia (wynik negatywny)

Systemy ochronne są często mylone z systemami inertyzacji, które są przeznaczone do redukcji lub eliminacji atmosfery wybuchowej. Przeznaczeniem ich nie jest powstrzymywanie wybuchu w początkowym stadium. Nie są to więc systemy tłumienia wybuchu w rozumieniu dyrektywy ATEX.

Systemy inertyzacji używane podczas działania instalacji zwykle nie wchodzi w zakres dyrektywy ATEX, natomiast elementy tego systemu (np. detektory tlenu) mogą być nią objęte. System inertyzacji jako część zabezpieczenia przed zapłonem (izolowanie potencjalnych źródeł zapłonu) – podlega dyrektywie ATEX, ale nie jest to wtedy system ochronny.

Wymagania dla przerywaczy płomienia jako systemów ochronnych są więc sprecyzowane i praktyka ich stosowania jest powszechna.

Inaczej jest w przypadku systemów ochronnych, dla których nie określono szczegółowych wymagań w normach. Takie systemy wymagają podejścia koncepcyjnego i „dopasowania” odpowiedniej metodyki badawczej.

Systemy ochronne inne niż przerywacze płomienia najczęściej są systemami rozłożonymi, z wyraźnym podziałem na część detekcyjną, część uruchamiającą działanie i część wykonawczą. Odnosząc się do podstawowej definicji systemu ochronnego można sobie wyobrazić najprostsz system ochronny jak zestawienie czujnika wybuchu, układu elektronicznego i realizującego gaszenie (w do-

wolny sposób) układu wykonawczego. Schemat funkcjonalny takiego systemu przedstawiono na rysunku 4.

W przypadku braku odpowiednich norm, odpowiedzialność za potwierdzenie skuteczności systemu ochronnego spoczywa na producencie oraz na Jednostce Notyfikowanej.

3. BEZPIECZEŃSTWO FUNKCJONALNE SYSTEMÓW OCHRONNYCH

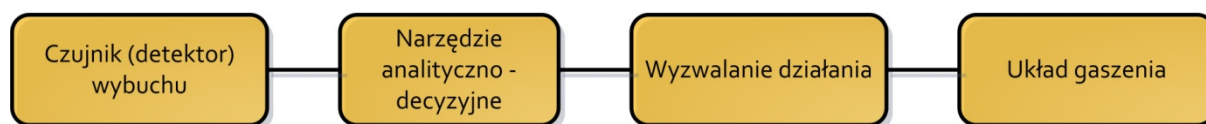
System normalizacji, a w tym również harmonizacja norm z dyrektywą ATEX wychodzi naprzeciw potrzebom producentów unikatowych systemów ochronnych.

Przyjęta w roku 2007, opracowana przez CEN norma PN-EN 15233 [7] podaje metodykę przeprowadzania oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego systemów ochronnych.

Jeżeli nie ma odpowiednich norm regulujących określony system ochronny, producent, do oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego danego systemu ochronnego, powinien stosować normę PN-EN 15233.

W celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa funkcjonalnego w procedurze powinny być brane pod uwagę następujące informacje:

- użytkowanie zgodne z przeznaczeniem,
- możliwe usterki działania,
- niezawodność systemów ochronnych,



Rys. 4. Schemat funkcjonalny przykładowego systemu ochronnego

- możliwe do przewidzenia użycie niezgodne z przeznaczeniem.

Wystarczający poziom bezpieczeństwa jest charakteryzowany przez następujące cele:

- System może powstrzymać wybuch w fazie początkowej lub zmniejszyć narażenie wybuchem do akceptowalnego poziomu.
- W przypadku uszkodzeń, niezdatności¹ lub zakłóceń zdolność do działania pozostaje efektywna przez zastosowanie np. pozytywnego bezpieczeństwa lub redundancji.

Norma PN-EN 15233 wprowadza pojęcie zakłócenia. Zakłóceniem w normalnym działaniu jest wszystko, co może przeszkadzać normalnemu działaniu systemu, na przykład fale elektromagnetyczne, ciepło, płomień lub fale ciśnienia.

Warto przytoczyć kilka definicji:

Bezpieczeństwo funkcjonalne – część bezpieczeństwa całościowego odnoszącego się do użytkowania zgodnie z przeznaczeniem w warunkach działania i integralności systemu ochronnego, w tym wszystkich urządzeń zabezpieczających, będących częścią funkcjonowania systemu ochronnego, przy czym bezpieczeństwo funkcjonalne pokrywa wszystkie aspekty, odnośnie do których bezpieczeństwo zależy od prawidłowego funkcjonowania systemu ochronnego oraz od innych technologicznych systemów zabezpieczających.

Szacowanie bezpieczeństwa funkcjonalnego – określanie prawdopodobieństwa wystąpienia niezdatności naruszających bezpieczeństwo funkcjonalne systemu ochronnego

Ocena bezpieczeństwa funkcjonalnego – procedura określania, czy bezpieczeństwo funkcjonalne systemu ochronnego spełnia uprzednio zdefiniowane kryteria akceptacji.

Zasadnicza idea (cel)

Ocena bezpieczeństwa funkcjonalnego jest ciągiem kroków logicznych i umożliwia konstruktorom oraz specjalistom ds. bezpieczeństwa sprawdzanie systematyczną metodą działania (funkcjonowania) systemu ochronnego lub jego części.

Celem powinno być osiągnięcie odpowiedniego poziomu funkcjonalności i niezawodności, zgodnie z aktualnym w czasie konstruowania stanem wiedzy oraz wymaganiami technicznymi i ekonomicznymi.

Na ocenę składają się następujące cztery kroki:

- opis systemu ochronnego,
- identyfikacja niezdatności,
- szacowanie bezpieczeństwa funkcjonalnego,
- funkcjonalność,
- niezawodność,
- ocena bezpieczeństwa funkcjonalnego.

Jeżeli wymagana funkcja oraz poziom niezawodności nie zostały osiągnięte, konieczne jest ulepszenie systemu ochronnego lub właściwe zdefiniowanie użytkowania zgodnego z przeznaczeniem.

Zakres oceny:

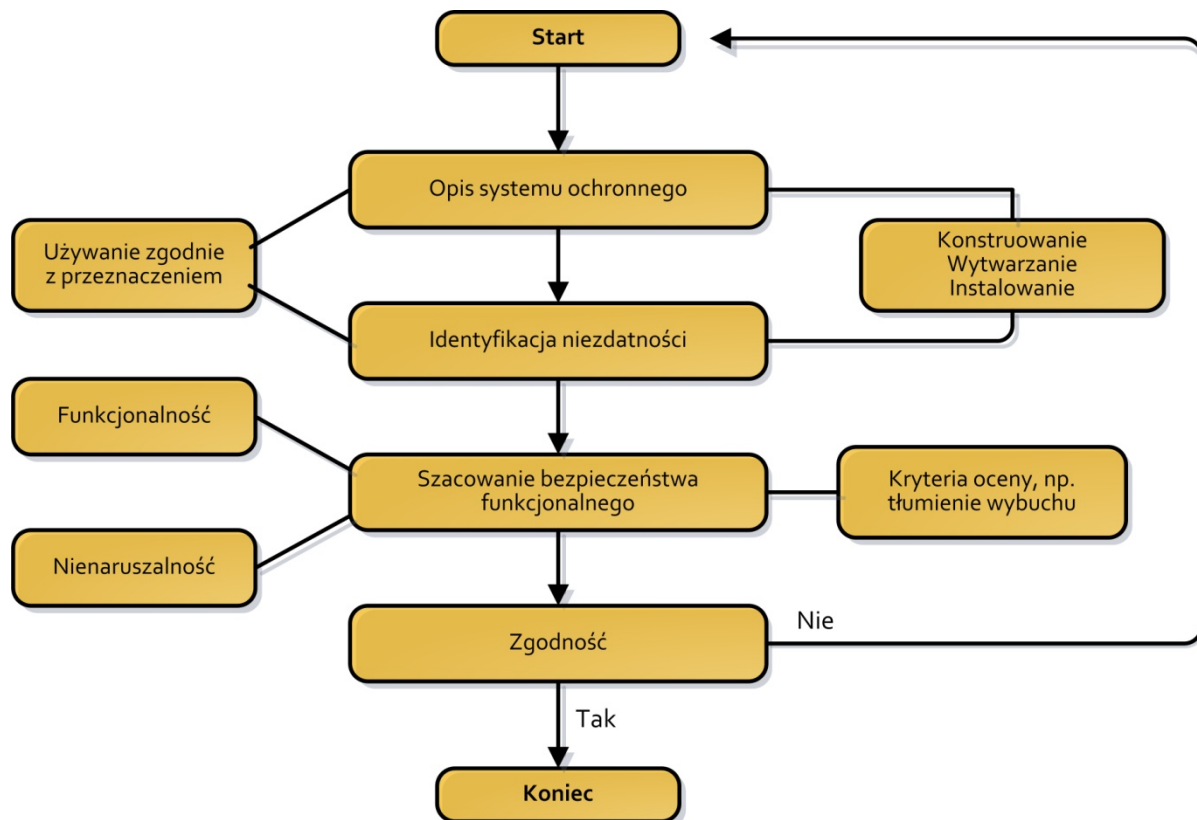
Ocena bezpieczeństwa funkcjonalnego powinna być ograniczona do użytkowania zgodnego z przeznaczeniem oraz właściwego dla danego systemu ochronnego, możliwego do przewidzenia użycia niezgodnego z przeznaczeniem.

Możliwe do przewidzenia użycie niezgodne z przeznaczeniem oznacza niewłaściwe użycie i/lub zastosowanie systemu ochronnego przez operatora spowodowane niebłałością lub niezrozumieniem.

Użycie niezgodne z przeznaczeniem nie jest częścią normalnego działania.

Przeprowadzając ocenę nie zakłada się celowego użycia niezgodnego z przeznaczeniem.

¹ Na użytek niniejszej publikacji pojęcia niezdatność, uszkodzenie, defekt stosowane są zamiennie.



Rys. 5. Zasada podstawowa oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego

Do przeprowadzenia prawidłowej oceny konieczne są następujące informacje:

- określenie (opis) użytkowania zgodne z przeznaczeniem,
- charakterystyczne cechy bezpieczeństwa zastosowane do konstrukcji systemu bezpieczeństwa,
- wymagania odnośnie do obsługi,
- aktualne i możliwe do przewidzenia warunki otoczenia,
- odpowiednie rysunki konstrukcyjne,
- wyniki przeprowadzonych obliczeń konstruktorских, przeprowadzonych badań,
- wyniki badań,
- historia wypadków,
- publikacje dotyczące odpowiednich aspektów bezpieczeństwa.

Należy jednak zaznaczyć, że zarówno brak historii wypadków, mała liczba wypadków, jak i małe nasilenie wypadków, nie mogą automatycznie stawać się podstawą domniemania niskiego ryzyka.

Do oceny ilościowej powinny być użyte dane z baz danych, podręczników, specyfikacji technicznych laboratoriów i dane producenta, pod warunkiem że istnieje pewność co do ich prawidłowości. W dokumentacji powinny

być odnotowane wszystkie niepewności związane z danymi.

Dane są stosowane do określania wymagań możliwych do przewidzenia warunków pracy odnośnie do niezawodności, przydatności do użytku, trwałości, dyspozycyjności, nieistotnych usterek i właściwości nieuszkodzalności oraz oznakowania, oznakowania ostrzegawczego, identyfikacji, wymagań identyfikowalności oraz instrukcji. Dane oparte na zgodnej opinii ekspertów, pochodzące pośrednio z doświadczenia jako przeciwstawne wobec danych pomiarowych, mogą być zastosowane do uzupełnienia oceny ilościowej.

Opis systemu ochronnego

Użytkowanie zgodnie z przeznaczeniem powinno odnosić się, na przykład, do następujących elementów:

- cykli życia systemu ochronnego,
- ograniczenia pojęć: stosowanie, czas, obszar,
- precyzyjnego określenia funkcjonowania,
- wyboru materiałów konstrukcyjnych,
- osiągow, okresu trwałości i konfiguracji,
- określenie rodzajów wybuchów (medium, szybkość, detonacja, deflagracja itp.),
- ograniczania warunków procesowych,
- wymagania odnośnie do obsługi.

Możliwa niezdatność powinna być oceniana z użyciem analizy funkcjonalnej i systematycznej oraz rozważana niezależnie w odniesieniu do całego czasu życia.

Szacowanie częstości warunków niezrealizowania funkcji

Należy oszacować częstość wystąpienia warunków, które mogą powodować, że dana funkcja zabezpieczająca może nie być zrealizowana, biorąc pod uwagę:

- rodzaj działania (działanie na przywołanie/działanie ciągłe),
- uśrednione stopnie przywołania,
- strukturę/ograniczenie struktury,
- niezdatności systematyczne
- niezdatność jednego rodzaju,
- średni czas przywrócenia zdadności (MTTR),
- odstęp czasu między badaniami (testami)/przeглядami,
- pokrycie diagnostyczne oraz wielkość części odpornej na niezdatność.

Rezultatem powinno być prawdopodobieństwo uszkodzenia na przywołanie (PFD) lub prawdopodobieństwo niebezpiecznej niezdatności na godzinę (PFH_D). Wyniki powinny być częścią dokumentacji.

4. OCENA BEZPIECZEŃSTWA FUNKCJONALNEGO SYSTEMÓW OCHRONNYCH

W celu opracowania rzetelnej oceny niezawodności systemu można oszacować prawdopodobieństwo niezadziałania. Powszechnie stosowaną metodą jest analiza rodzajów, skutków i krytyczności niezdatności (FMECA).

Dane odnośnie do intensywności uszkodzeń poszczególnych zidentyfikowanych elementów składowych systemu powinny być dostarczone przez producentów danych elementów. Stąd konieczność korzystania z rzetelnych dostawców komponentów, którzy potrafią w sposób wiarygodny wykazać odpowiednie parametry. Skutki i krytyczność poszczególnych uszkodzeń (niezdatności) należy poddać klasyfikacji w następujący sposób:

Krytyczność 1: Bardzo poważne uszkodzenie. Niezdatność całego systemu.

Krytyczność 2: Poważne uszkodzenie. Bez bezpośredniej niezdatności systemu.

Krytyczność 3: Mniej poważne uszkodzenie. Jedynie mniejsze wpływy na funkcjonowanie systemu.

Krytyczność 4: Mniejsze uszkodzenie. Bez wpływu na funkcjonowanie systemu.

W dokumentacji oceny należy podać zarówno opis skutków jak i krytyczność. Najlepiej przedstawić wyniki w postaci tabelarycznej, podając dla każdego elementu:

- opis funkcjonowania,
- typ niezdatności,
- intensywność uszkodzeń (na godzinę),
- efekt (skutek) niezdatności,
- krytyczność
- ewentualne uwagi.

Na podstawie przeprowadzonych analiz (FMECA, FMEA) przygotowanych w odniesieniu do poszczególnych elementów składowych systemu (układ gaszenia, układ sterujący z czujnikiem wybuchu) można oszacować prawdopodobieństwo niezdatności systemu tłumienia i izolowania wybuchu.

Jako wynik analizy należy podać PFD realizacji funkcji całego układu.

Tak zdefiniowany system ochronny realizuje swoją funkcję z określoną pewnością działania. W przypadku modyfikacji układu, np. wymiany przez użytkownika niektórych elementów składowych – system ochronny należy poddać powtórnej ocenie.

Pewne istotne informacje powinny być przekazane użytkownikowi (przez producenta systemu ochronnego), np.

- dane techniczne, ograniczenia, zakres stosowania zgodnie z przeznaczeniem, opis funkcjonowania systemu ochronnego,
- dodatkowe informacje, na których oparto ocenę bezpieczeństwa funkcjonalnego,
- wynik końcowej oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego.

5. Podsumowanie

Projektując złożone systemy ochronne, dla których nie określono szczegółowych wymagań w normach zharmonizowanych, producent jest zobowiązany przeprowadzić ocenę bezpieczeństwa funkcjonalnego. Metodę przeprowadzania takiej oceny określa norma PN-EN 15233 [7].

Zgodnie z dyrektywą 94/9/WE (ATEX) systemy ochronne są traktowane jak urządzenia o najwyższym poziomie zabezpieczenia (patrz rys. 2). Powinny być poddane badaniu typu WE, a system produkcji powinien być oceniony przez Jednostkę Notyfikowaną.

Zgodnie z definicją podaną w dyrektywie ATEX, wszelkie układy, których zadaniem jest natychmiastowe powstrzymanie powstającego wybuchu lub ograniczenie skutecznego zasięgu wybuchu, i które mogą być wprowadzane do obrotu oddzielnie, w celu zastosowania jako systemy samodzielne, są systemami ochronnymi.

Literatura

- [1] PN-EN 12874:2002 Przerwywacze płomienia – Wymagania konstrukcyjne, metody badań i zakres stosowania.
- [2] PN-EN ISO 16852:2010 Przerwywacze płomienia – Wymagania konstrukcyjne, metody badań i zakres stosowania.
- [3] PN-EN 14591-1:2006 Ochrona przeciwybuchowa w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych – Systemy ochronne – Część 1: Tama wentylacyjna przeciwybuchowa o wytrzymałości 2 bar.
- [4] PN-EN 14591-2:2009 Ochrona przeciwybuchowa w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych – Systemy ochronne – Część 2: Przeciwybuchowe zapory wodne.
- [5] PN-EN 14591-4:2009 Ochrona przeciwybuchowa w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych – Systemy ochronne – Część 4: Automatyczne systemy gaszące kombajnów chodnikowych.
- [6] PN-EN ISO/IEC 80079-34:2013 Atmosfery wybuchowe -- Część 34: Zastosowanie systemów zarządzania jakością przy produkcji urządzeń.
- [7] PN-EN 15233:2009 Metodyka oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego systemów ochronnych do przestrzeni zagrożonych wybuchem.

Informacje dodatkowe o autorze

dr inż. Michał Górny, kierownik Zakładu Bezpieczeństwa Przeciwybuchowego Kopalni Doświadczalnej „BARBARA” GIG.
m.gorny@gig.eu
www.kdbex.eu

* K O N I E C *