

Michał Górny

Systemy zraszania w kombajnach górniczych a funkcje bezpieczeństwa przeciwybuchowego

Water spray systems of shearers, continuous miners and coal cutters as an ignition safety system

Streszczenie:

Publikacja przedstawia omówienie wymogów stawianych systemom zraszania maszyn urabiających (kombajnów ścianowych, kombajnów chodnikowych, wrębiarek) stosowanym w celu zapobieżenia zapłonowi atmosfery wybuchowej. Publikacja porównuje wymagania i techniczne realizacje systemu zraszania jako część urządzenia kategorii M2 oraz jako system ochronny. Wskazano na konieczność stosowania zasad zintegrowanego bezpieczeństwa przeciwybuchowego. Jako najważniejsze uznano właściwe określenie przez producenta funkcji jaką system zraszania będzie pełnił.

Abstract:

Paper presents requirements for water spray systems using in shearers, continuous miners and coal cutters intended for preventing explosive mixture atmosphere ignition. Paper make a comparison of requirements and technical solutions water spraying systems as a part of equipment Category M2 and as a protective system. A necessity of principles of integrated explosion safety requirements using was indicated. As the most important, a property definition (by manufacturer) of main function of water spray system, was indicated.

1. Wstęp

Techniki eksploatacji górniczych w podziemiach kopalń, przy obecnym stanie wiedzy nie pozwalają uniknąć zagrożeń. Prowadzona eksploatacja z jednej strony skutkuje nagromadzeniem wielkiej liczby energochłonnych maszyn a z drugiej prowadzi do konieczności ujarzmiania coraz liczniejszych zagrożeń.

Nie da się niestety całkowicie uniknąć (wyliminować) występowania efektywnych źródeł zapłonu. O ile źródła zapłonu związane z konstrukcją urządzeń są skutecznie zabezpieczane przez stosowanie różnych zabezpieczeń przeciwybuchowych, to te związane z eksploatacją czy ruchem maszyn już nie.

W przeciwieństwie więc do rozwiązań stosowanych w przemyśle chemicznym, gdzie odpowiedni poziom bezpieczeństwa zapewniany jest przez sprowadzanie do akceptowalnego poziomu sumy prawdopodobieństw: występowania zagrożenia i jednoczesnego występowania efektywnych (aktywnych) źródeł zapłonu, w górnictwie, jako zabezpieczenie stosuje się wyłączanie urządzeń przy przekroczeniu uznanego za niebezpieczny poziomu zawartości metanu w powietrzu kopalnianym.

Ta zasadnicza różnica w podejściu do analizy zagrożeń nie pozwala na proste aplikowanie rozwiązań z przemysłu chemicznego w górnictwie i odwrotnie.

Stosowane techniki eksploatacji pokładów węgla oraz drążenia wyrobisk z użyciem maszyn urabiających obarczone są zagrożeniami wynikającymi m. in. z możliwości iskrzenia tarcowego podczas pracy maszyn. Zagrożenia

związane jedynie z urządzeniem analizowane, oceniane i zabezpieczane są przez producenta urządzenia. Natomiast warunki pracy maszyny są wspólnym obszarem odpowiedzialności na styku producent – użytkownik.

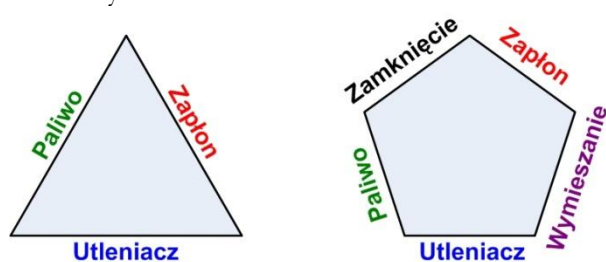
W polskim górnictwie stosowane są kombajny ścianowe i chodnikowe wyposażone w organy urabiające (bębny) ze zraszaniem wodnym lub mieszaniną woda-powietrze. Podstawową funkcją takiego rozwiązania jest ograniczenie ilości powstającego pyłu, który poza zagrożeniem wybuchowym (w przypadku pyłu węgla) stwarza zagrożenie dla zdrowia pracujących.

W roku 2004 wraz z wstąpieniem Polski w struktury Unii Europejskiej przyjęto nowe wymagania dla urządzeń przeciwybuchowych, obejmując wymaganiami również urządzenia nieelektryczne.

Zidentyfikowano więc w sposób jawny – ujęty w załączniku do dyrektywy 94/9/WE (tzw. ATEX)¹ [11] zagrożenia od iskrzenia tarcowego. Podczas pracy typowego kombajnu górniczego dochodzi do iskrzenia pomiędzy nożami organu urabiającego a urabianą skałą. Jednocześnie ze ściany oraz z urobku może wydobywać się możliwa do przewidzenia wielkość metanu. Ilość wydzielanego metanu związana jest z metanonośnością (parametr podawany w m³/Mg_{CSW}). Łącząc te zdarzenia można oczekiwać zagrożenia pożarowego lub nawet wybuchem.

¹ W lutym 2014 przyjęto nową dyrektywę 2014/34/UE [12], która od 2016 roku zastąpi dyrektywę 94/9/WE

Trójkąt pożarowy i pięciokąt wybuchowości przedstawiono na rysunku 1.

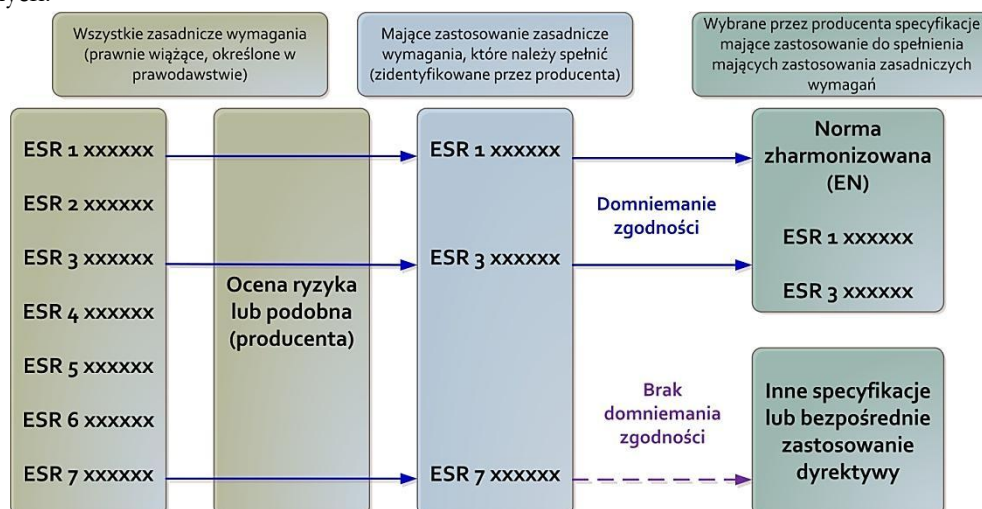


Rys. 1. Trójkąt pożarowy i pięciokąt wybuchowości.

W celu uniknięcia zagrożenia zapłonu metanu można wykorzystać stosowane systemy zraszania. Pojawia się jednak problem oceny takiego rozwiązania pod kątem spełnienia wymagań bezpieczeństwa przeciwwybuchowego. Niniejsza publikacja jest próbą analizy stosowanych rozwiązań lecz ogranicza się jedynie do analizy zagrożeń związanych z urządzeniami nieelektrycznymi.

2. Obowiązki producenta

Każde urządzenie powinno być przeznaczone do realizacji określonej funkcji. Producent powinien zdefiniować przeznaczenie urządzenia. Z jednej strony określenie zakresu funkcjonalnego urządzenia ogranicza jego możliwości stosowania tylko do tych zdefiniowanych ale z drugiej strony określa i ogranicza odpowiedzialność producenta tylko do zdefiniowanych funkcji (urządzenie powinno być używane tylko zgodnie z przeznaczeniem!). Konstruując urządzenie producent powinien przeprowadzić ocenę ryzyka (rys. 2) ujmując w niej (identyfikując) wszystkie zagrożenia. Do każdego zagrożenia należy przyporządkować środki zaradcze w pierwszej kolejności korzystając ze sprawdzonych – np. ujętych w normach zharmonizowanych.



Rys. 2. Ocena ryzyka i zastosowanie norm zharmonizowanych [13].
 ESR – zasadnicze wymagania bezpieczeństwa

Częścią oceny ryzyka powinna być wymagana przez normy zharmonizowane np. PN-EN 13463-1 [7], ocena zagrożenia zapłonem. Przeprowadzając ocenę zagrożenia zapłonem należy postępować w sposób metodyczny. Zasady przeprowadzania oceny zagrożenia zapłonem podano w PN-EN 13463-1 [7] oraz w PN-EN 15198 [5].

Ocena zagrożenia zapłonem składa się z czterech kroków:

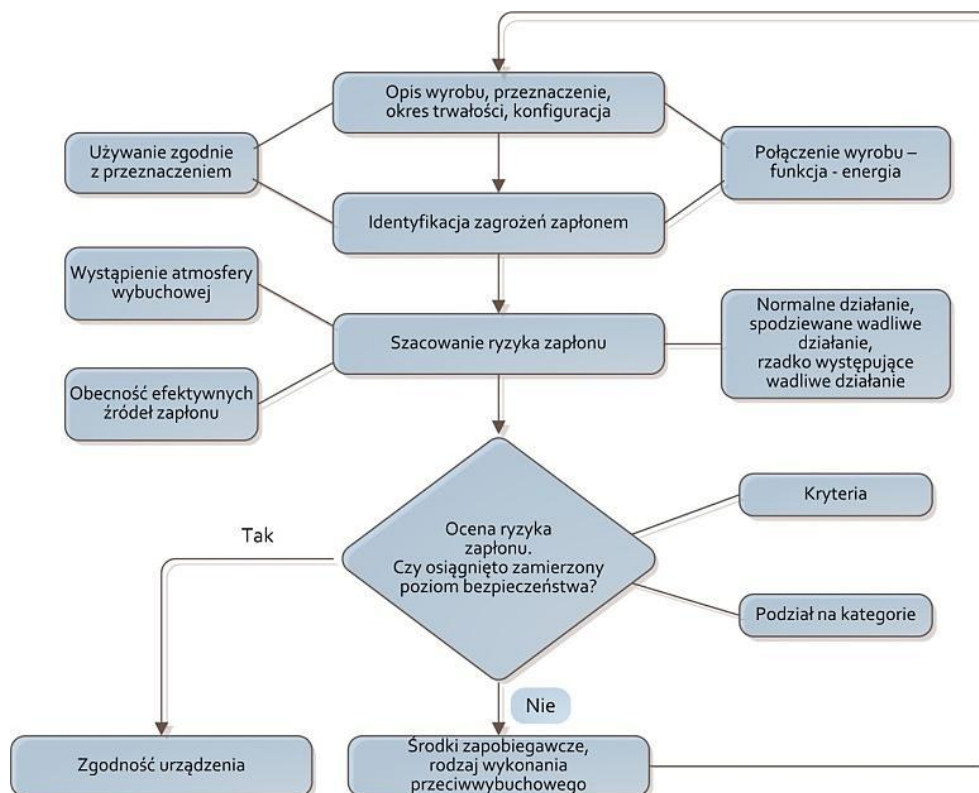
- opis wyrobu
- identyfikacja
- szacowanie
- ocena.

Opis wyrobu definiuje urządzenie. wprowadza granice pojęć takich jak przeznaczenie, okres trwałości, konfiguracja. Należy też odnieść się (w zależności od kategorii urządzenia) do użycia zgodnie z przeznaczeniem i do możliwego do przewidzenia użycia niezgodnie z przeznaczeniem.

Schemat postępowania podczas oceny zagrożenia zapłonem przedstawiono na rys. 3

Rzetelnie przeprowadzony zrealizowany opis wyrobu może być wykorzystywany w wielu późniejszych etapach oraz będzie pomocny przy ocenie nowych wariantów urządzenia.

Identyfikacja, jest etapem, w którym identyfikowane są wszystkie źródła zapłonu. Uwzględnia się wszystkie stany pracy urządzenia w tym stany przejściowe uwzględniające rozruch i zatrzymanie urządzenia. Przy identyfikacji pomocna jest norma PN-EN 1127-1 [8] (w przypadku górnictwa norma PN-EN 1127-2 [9]).



Rys. 3. Ocena zagrożenia zapłonem - schemat postępowania [5]

Dzięki identyfikacji powstaje lista źródeł zapłonu wraz z warunkami w jakich mogą się one stać efektywne. Zależność pomiędzy pojęciami:

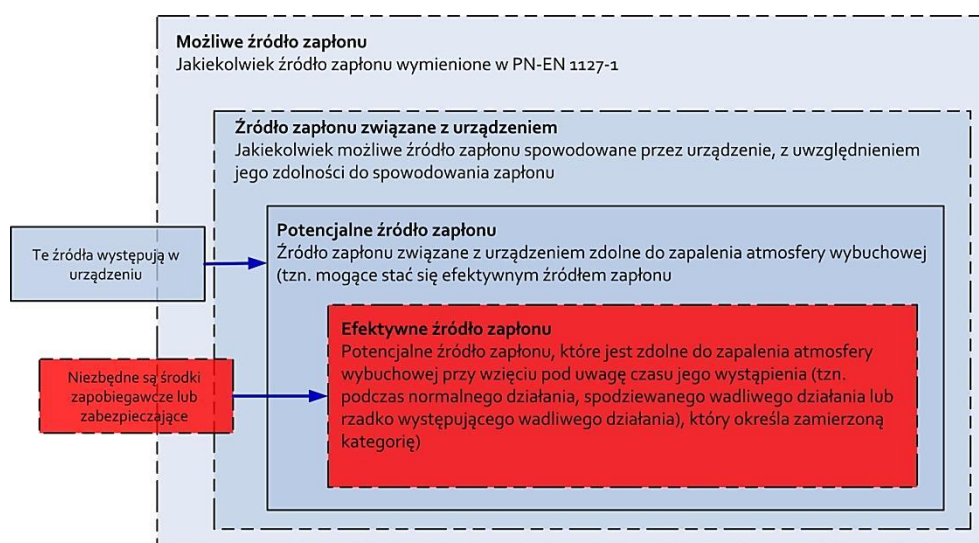
- możliwe źródło zapłonu;
- źródło zapłonu związane z urządzeniem;
- potencjalne źródło zapłonu;
- efektywne źródło zapłonu.

przedstawiono na rysunku 4.

Podczas **szacowania** ryzyka zapłonu, producent powinien określić prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia zapłonem.

Decyzja powinna opierać się na następujących trzech typach sytuacji:

- a. normalnej pracy i możliwym do przewidzenia niewłaściwym użyciu



Rys. 4. Identyfikacja źródeł zapłonu.

- b. często występujących zakłóceniach lub uszkodzeniu urządzenia (spodziewane wadliwe działanie)
- c. rzadkich wydarzeniach (rzadkie uszkodzenia).

Końcowa ocena ryzyka zapłonu jest porównaniem oszacowanego ryzyka zapłonu z podanymi kryteriami do określania zamierzonego poziomu zabezpieczenia.

Procedura szacowania ryzyka zapłonu w odniesieniu do konstrukcji urządzeń prowadzi do zdefiniowanego poziomu bezpieczeństwa, który umożliwia podział na kategorie według odpowiednich kryteriów.

Dokumentacja powinna dowodzić przeprowadzonej procedury oceny i powinna zawierać:

- opis urządzenia
- wszystkie poczynione istotne założenia
- informacje, na których bazuje ocena
- użyte dane oraz ich źródła (z niepewnościami)
- zidentyfikowane zagrożenia zapłonem
- właściwości substancji palnej (dla górnictwa parametry metanu i pyłu węglowego)
- prawdopodobieństwo wystąpienia atmosfery wybuchowej
- opis źródeł zapłonu
- pozostałe ryzyko związane z urządzeniem
- środki bezpieczeństwa zastosowane w celu wyeliminowania lub zredukowania ryzyka zapłonu (np. pochodzące z norm lub innych wymagań technicznych)
- wynik końcowej oceny ryzyka zapłonu
- wynikający podział na kategorie

3. Zraszanie z funkcją zabezpieczenia przeciwnybuchowego.

Odnosząc się do będącego przedmiotem niniejszej publikacji kombajnu, jedną z pozycji wymienionych w ocenie zagrożenia zapłonem powinno być iskrzenie tarciove podczas pracy (urabiania) kombajnu.

Środkiem zaradczym, zapewniającym, że tarcie nie będzie skutkowało iskrzeniem może być np. stosowanie zraszania wodnego lub wodno-powietrznego. Niestety takie rozwiązanie (zraszanie) nie zostało szczegółowo ujęte w normach zharmonizowanych. Konieczne więc są badania potwierdzające skuteczność takiego rozwiązania. W większości przypadków, dla urządzeń kategorii M2, wystarczające jest przeprowadzenie badań przez (na odpowiedzialność) producenta. Badania takie może producent wykonać we własnym zakresie lub zlecić ich wykonanie uznanej jednostce badawczej (laboratorium).

Przeprowadzając ocenę zagrożenia zapłonem należy odnieść się do uznanych (sprawdzonych) zasad konstruo-

wania systemu zraszania – patrz rys. 2. Producent może się posilkować własnymi doświadczeniami (spisanymi zasadami) lub korzystać z doświadczeń innych (grupy producentów, jednostki naukowe, jednostki badawcze). Należy jednak zwrócić uwagę na wiarygodność (rzetelność) zastosowanych rozwiązań.

Można wyróżnić kilka istotnych cech układu zraszania, które mogą mieć wpływ na poziom zabezpieczenia przeciwnybuchowego (zapewnienie braku iskrzenia):

- usytuowanie dysz natryskowych
- natężenie przepływu każdej dyszy
- wielkość i rodzaj dysz natryskowych
- prędkość liniowa noży (w funkcji średnicy i prędkości kątowej bębna);
- odległość pomiędzy nożami i dyszami;
- siła nacisku (prędkość posuwu vs. twardość skały)
- podatność na usterki (np. czy brak natrysku w jednej z dysz skutkuje utratą funkcji?)
- rodzaj zraszania (wodne, wodno-powietrzne).

Niektórzy producenci prowadzą własne badania [2] w tym zakresie. Problematyka bezpiecznego zraszania nie dotyczy jedynie polskiego górnictwa – warto więc zapoznać się z doświadczeniami innych krajów.

W latach '90 grupa producentów maszyn urabiających z wielu państw postanowiła zebrać własne doświadczenia w zakresie zwalczania zagrożenia zapłonem. Opracowanie zawierające zestawienie stosowanych rozwiązań zostało zredagowane pod kierownictwem prof. H. R. Philipsa z Wydziału Inżynierii Górniczej Uniwersytetu w Witwatersrand [1].

Do najważniejszych wniosków przedstawionych w powyższym opracowaniu należą [1]:

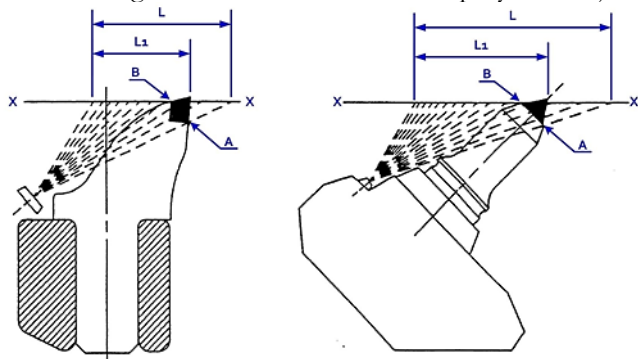
- a) Aby nastąpił zapłon na skutek tarcia, nóż skrawający musi wejść w kontakt z pokładem zawierającym kwarc lub piryt. Aby zagrożenie zapłonem było znaczące, skała kwarcowa musi zawierać co najmniej 30% gruboziarnistych wtrąceń kwarcu. Można więc przeprowadzić ocenę miejsca pracy (urabiania) z zastosowaniem technik petrograficznych lub innych.
- b) Źródłem zapłonu tarciowego nie są iskry lecz pozostająca na caliznie warstwa rozartego na skutek urabiania kwarcu. Zagrożenie zapłonem tarciowym gwałtownie wzrasta wraz ze zużywaniem się noży, które wymagają wtedy większych sił i zwiększonej energii. Najbardziej skutecznym środkiem zaradczym przeciwdziałającym zapłonom tarciowym powstającym podczas urabiania kombajnami ścianowymi, chodnikowymi i wrę-

- biarkami jest więc utrzymywanie noży w dobrym stanie technicznym i wymiana ich zanim się nadmiernie zużyją.
- c) Badania wykazały, że zmniejszając prędkość liniową noża zmniejsza się zagrożenie zapłonu tarcowego – zmniejsza się długość rozgrzanych miejsc (śląd nożowy) [...]
 - d) Najbardziej efektywnym środkiem zabezpieczającym przed zapłonem tarcowym podczas urabiania jest natrysk wody bezpośrednio za nożem, równoległe do noża i kierunku jego ruchu. Wygasza on rozgrzane miejsca (śląd nożowy) w czasie krótszym niż czas indukcji zapłonu metanu pod warunkiem, że zapewniono odpowiednie parametry zraszania takie jak czystość wody, wielkość kropeł oraz minimalna prędkość wylotowa wody.



Rys. 5. Zużyte noży urabiających [3].

Najbardziej precyzyjne i dobrze zdefiniowane są wymagania stawiane systemom zraszania przez władze górnicze w Wielkiej Brytanii. Parametry zraszania uznane za wystarczające do zapewnienia zabezpieczenia przed zapłonem tarcowym są dokładnie zdefiniowane. Zasady przyjęte w Wielkiej Brytanii bazują na założeniu, że pierwszą linią zabezpieczenia przed zapłonem tarcowym jest odpowiednia wentylacja przestrzeni roboczej (przyścianowej) zapewniająca odpowiednie rozrzedzenie uwalniającego się metanu (porównaj rys. 1). Systemy zraszania przyjęto stosować jako dodatkowe środki zabezpieczające. Zastosowanie systemu zraszania jest wymagane w ścianach, gdzie ze względu na wysoką koncentrację metanu (wysoka metanonośność) przewietrzanie jest niewystarczające w celu zagwarantowania braku odpowiednio niskiego stężenia metanu w strefie przyzwojowej.



Rys. 6. Objaśnienie parametrów zraszania [1].

Parametry systemu zraszania są dokładnie określone [1]:

- a) Każda dysza natryskowa powinna tworzyć jednorodny stożek;
- b) Dysze natryskowe, w celu zabezpieczenia przed zapchaniem, powinny być wyposażone w filtr zanieczyszczeń o zakresie 400 do 700 μm ;
- c) Konstrukcja dysz powinna zapewniać, odpowiedni natrysk przy zasilaniu wodą o ciśnieniu z zakresu 7 do 19 bar;
- d) Dysze natryskowe, w celu zabezpieczenia przed niewłaściwym użyciem powinny być oznakowane kolorem wyróżniającym wielkość otworu;
- e) Maksymalna szerokość (W) i długość (L) natrysku powinna być określona na płaszczyźnie przechodzącej przez najwyższy punkt ostrza (płaszczyzna X-X na rysunku 6);
- f) Krawędź tworząca stożka natrysku powinna przechodzić przez, lub co się zaleca, poniżej punktu A krawędzi roboczej ostrza (rysunek 6);
- g) Długość natryskiwana (L1) za ostrzem powinna wynosić co najmniej 40 mm;
- h) Szerokość natrysku mierzona na powierzchni X-X w punkcie B powinna być większa od dwukrotnej szerokości stalowej obsady ostrza mierzonej w punkcie obsadzenia krawędzi roboczej;
- i) System sterowania natryskiem uznaje się za odpowiedni gdy:

$$\sigma P^{0,3} \geq 12 \quad (1)$$

gdzie: σ – gęstość natrysku (l/s/m^2)
P – ciśnienie dyszy natryskowej (bar)

Gęstość natrysku definiuje się jako:

$$\sigma = \frac{Q \cdot 10^6}{15 \cdot \pi \cdot W \cdot L} \quad (2)$$

gdzie: Q – wielkość przepływu wody (l/min)
W – szerokość natrysku (mm)
L – długość natrysku (mm)

przy czym W oraz L mierzone na płaszczyźnie X-X.

Producent urządzenia decydując się na konkretne rozwiązanie techniczne może opierać się na własnych doświadczeniach lub też wykorzystać doświadczenia poprzedników. Pamiętać jednak należy o tym, że nikt nie zna tak dokładnie rozwiązań technicznych zastosowanych w urządzeniu jak jego producent (autor).

4. Zraszanie jako system ochronny

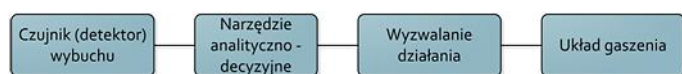
Funkcją systemu ochronnego - i tak jest on definiowany - jest natychmiastowe powstrzymanie powstającego wybuchu lub ograniczenie jego zasięgu [11]. Można więc wyobrazić sobie rozwiązanie zastosowane w górniczych maszynach urabiających polegające na zastosowaniu układu zraszania, który nie tyle zabezpiecza przed zapłonem iskrowym ile tłumi powstające wybuchy (zapłony) w zarodku ale po ich powstaniu (więc nie eliminuje zapłonu w strefie przynożowej).

Takie rozwiązanie jest technicznie realizowalne, ale jest to jednak obcowanie z aktywnymi źródłami zapłonu a całe bezpieczeństwo jest oparte na skuteczności systemu zraszania. Wspomniana skuteczność zawiera również pojęcie niezawodności. Bezpieczeństwo oparte na takim systemie ochronnym jest jeszcze bardziej podatne na wszelkiego rodzaju niezdatności – odstępstwa funkcjonowania od założonych jako normalne. O ile w przypadku systemu wykluczającego iskrzenie (zraszanie w celu wyeliminowania powstawania zapalających śladów nożowych), gdzie nie każde przekroczenie temperatury doprowadzi do zapłonu, o tyle w przypadku braku dyspozycyjności systemu ochronnego rozprzestrzenienie się wybuchu należy uznać za pewne.

Projektując taki system bezpieczeństwa należy odnieść się do wymagania zapewnienia funkcjonalności systemu we wszystkich przewidywanych warunkach. Systemy ochronne dla których nie określono indywidualnych norm zharmonizowanych (systemy zraszania są takim przykładem) powinny być poddane ocenie bezpieczeństwa funkcjonalnego.

Odpowiednia metodyka takiej oceny podana jest w normie PN-EN 15233 [6].

Rozpatrując system ochronny jako ciąg decyzyjny: detekcja – analiza – decyzja – działanie (patrz rys. 7) należy przeanalizować podatność każdego z elementów na zakłócenie.



Rys. 7. Struktura decyzyjna systemu ochronnego.

Wystarczający poziom bezpieczeństwa jest charakteryzowany przez następujące cele:

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

Producent zobowiązany jest do przeprowadzenia metodycznej oceny takiego systemu – więcej informacji podano w [4].

5. Zraszanie zabezpieczające przed powstaniem zapłonu tarcowego czy system ochronny – implikacje dla producenta.

Pomijając różne podejście do oceny, i różnice w sposobie oceny poszczególnych rozwiązań warto podkreślić różnice prawne i różnice w systemach produkcji i ocenie zgodności będące implikacją podjętej decyzji.

Zastosowanie układu zraszania jako zabezpieczenia przed powstawaniem zapłonu tarcowego (zabezpieczenia przed powstawaniem iskrzenia) najczęściej skutkuje zdefiniowaniem urządzenia jako kategorii M2. W takim przypadku, producent zgodnie z postanowieniami dyrektywy ATEX ma do dyspozycji procedury oceny zgodności przedstawione na rys. 8.



Rys. 8. Moduły oceny zgodności w przypadku urządzeń nieelektrycznych kategorii M2.

W przypadku urządzeń nieelektrycznych kategorii M2 udział Jednostki Notyfikowanej jest bierny. Ogranicza się do przechowywania dokumentacji urządzenia.

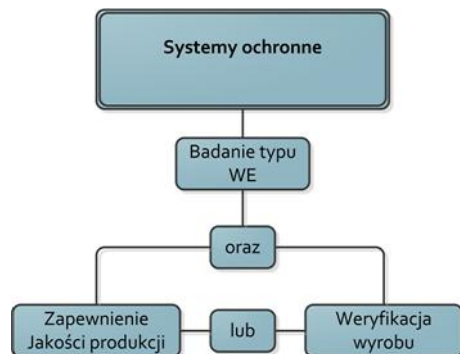
Jednostka Notyfikowana nie jest również zaangażowana w proces produkcji urządzenia nieelektrycznego kategorii M2 – nie sprawuje nadzoru nad produkcją. Jak wcześniej podano, projektowanie, badania, próby wyrobu, ocena i produkcja realizowane są na odpowiedzialność producenta.

Producent przeprowadza własne oceny i badania korzystając z uznanych przez siebie laboratoriów – w tym własnych.

Takie podejście znacznie upraszcza procedurę oceny zgodności ale jednocześnie nakłada na producenta odpowiedzialność za przeprowadzone oceny.

Definiując układ zraszania jako system ochronny procedury oceny zgodności są inne. Systemy ochronne są traktowane przez dyrektywę ATEX jak urządzenia o najwyższym poziomie bezpieczeństwa.

Procedury oceny zgodności w przypadku systemu ochronnego przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Moduły oceny zgodności w przypadku systemów ochronnych.

Systemy ochronne podlegają obowiązkowemu badaniu typu WE – wszystkie badania i oceny przeprowadzane są przez Jednostkę Notyfikowaną (JN).

Ponadto JN pełni nadzór nad systemem produkcji lub weryfikuje każdą sztukę wyprodukowanego wyrobu.

Takie (bardziej rygorystyczne) podejście do oceny systemów ochronnych jest odzwierciedleniem roli jak te systemy pełnią w zapewnieniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa przeciwwybuchowego.

Producent, decydując się na wybrane przez siebie podejście (urządzenie kategorii M2 vs. system ochronny) musi zdawać sobie sprawę z wynikających z tej decyzji konsekwencji w tym różnic w ocenie wyrobu.

Znane są konstrukcje kombajnów chodnikowych wyposażonych w system ochronny - zabezpieczający przed rozwinięciem się wybuchu w chodniku. [3]. Szczegóły takiego rozwiązania podano w normie zharmonizowanej PN-EN 14591-4 [10], która precyzuje wymagania techniczne i warunki badania dla takich właśnie systemów. Producenci powinni pamiętać, że stosowanie norm zharmonizowanych jest najprostszą drogą do spełnienia wymagań dyrektyw (patrz rys. 2).

6. Zasady zintegrowanego bezpieczeństwa przeciwwybuchowego

Dyrektywa 94/9/WE [11] nakłada na producenta obowiązek konstruowanie urządzeń (oraz systemów ochronnych) z zastosowaniem zasad zintegrowanego bezpieczeństwa przeciwwybuchowego.

W związku z tym producent jest zobowiązany podjąć środki, aby:

- przede wszystkim, o ile to możliwe, zapobiec tworzeniu atmosfery wybuchowej przez same urządzenia i systemy ochronne – w przypadku przedmiotowego urabiania kombajnem jest to wymóg zagwarantowania odpowiedniej wentylacji zapobiegającej powstawaniu atmosfery wybuchowej (odpowiednie rozrzedzenie wydzielanego metanu w powietrzu do akceptowalnych wartości)
- zapobiec powstaniu zapłonu w atmosferze wybuchowej, uwzględniając charakter każdego występującego źródła zapłonu, elektrycznego lub nieelektrycznego – czyli wyeliminowaniu źródeł zapłonu, więc w przypadku kombajnu odpowiednie zraszanie zapobiegające powstawaniu iskrzeń zapalających,
- w przypadku gdyby mimo wszystko doszło do wybuchu zdolnego zagrozić swym działaniem bezpośrednim lub pośrednim bezpieczeństwu osób [...] lub mienia, natychmiast go powstrzymać lub ograniczyć zasięg płomienia i ciśnienia wybuchu do wystarczającego poziomu bezpieczeństwa – czyli dopiero wtedy zastosowanie systemu ochronnego.

Rekapitulując, kolejność eliminowania zagrożenia powinna przebiegać następująco:

1. Zapewnienie odpowiedniego przewietrzania rejonu urabiania,

a jeśli nie jest to wystarczające w celu wyeliminowania zagrożenia to:

2. Zastosowanie odpowiedniego systemu zraszania zapewniającego wyeliminowanie iskrzeń zapalających;

a jeśli nie jest to wystarczające w celu wyeliminowania zagrożenia (na przykład ze względu na rodzaj urabianej kopaliny) to dopiero wtedy:

3. Zastosowanie systemu ochronnego zabezpieczającego przed rozprzestrzenieniem się wybuchu na pozostałą część wyrobiska.

Taki tryb postępowania zapobiegnie jednocześnie nadmiernym obciążeniom finansowym producenta i spowoduje dopasowanie zastosowanych rozwiązań technicznych (zabezpieczeń) do warunków w miejscu pracy.

7. Podsumowanie

W niniejszej publikacji nie omówiono tematyki związanej z badaniami wyrobów, tzn. nie przeprowadzono dyskusji nad metodyką badań potwierdzającą odpowiedni poziom bezpieczeństwa wyrobu (urządzenia kategorii M2) oraz systemu ochronnego. Jest to temat na oddzielne opracowanie

Przedstawiono natomiast różnice pomiędzy poszczególnymi rozwiązaniami włączając w to różnice wymagań prawnych.

Jako najważniejsze należy uznać konieczność określania przez producenta wyrobu funkcji jaką system zraszania będzie pełnił, tzn.:

- czy będzie zapobiegał powstawaniu iskrzenia tarcowego, które może doprowadzić do zapłonu, czyli będzie stanowił część urządzenia kategorii M2;
- czy też. będzie pełnił funkcję systemu ochronnego tłumiącego powstałe wybuchy (zapłony).

Dobrze zdefiniowana funkcja pozwoli wybrać właściwą drogę oceny zastosowanego rozwiązania.

Pamiętać jednak należy, że systemy ochronne muszą być poddane ocenie bezpieczeństwa funkcjonalnego, która wymaga oparcia się na historii wypadków i sprawdzonych (rzetelnych) danych dotyczących niezawodności.

Korzystniejszym rozwiązaniem wydaje się traktowanie systemu zraszania jako część urządzenia kategorii M2.

8. Literatura

- [1] Phillips, H.R., 1997, "To establish the current status of research, development and operational experience of wet head cutting drums for the prevention of frictional ignitions" SIMRAC Report, COL 426, South Africa.
- [2] Belle B.K., Clapham S., 2001, "An Improved Wet-Head System: Prevention of Incendive Ignitions and Dust Control" (www.hydramining.com)
- [3] Belle B., Carey D., Robertson B., 2012 "Prevention of frictional ignition in coal mines using chilled water sprays" Coal Operators' Conference, Faculty of Engineering and Information Sciences, University of Wollongong
- [4] Górny M. *Bezpieczeństwo funkcjonalne systemów ochronnych.* Bezpieczeństwo przeciwwybuchowe – wybrane zagadnienia.

Praca zbiorowa. Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2013, (s. 108 - 116)

- [5] PN-EN 15198:2009 *Metodyka oceny ryzyka zapłonu od nieelektrycznych urządzeń oraz części i podzespołów przeznaczonych do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa
- [6] PN-EN 15233:2009 *Metodyka oceny bezpieczeństwa funkcjonalnego systemów ochronnych do przestrzeni zagrożonych wybuchem*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa
- [7] PN-EN 13463-1:2010 *Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem -- Część 1: Podstawowe założenia i wymagania*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa
- [8] PN-EN 1127-1:2011 *Atmosfery wybuchowe -- Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem -- Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa
- [9] PN-EN 1127-2:2014-08 *Atmosfery wybuchowe -- Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem -- Część 2: Pojęcia podstawowe i metodologia dla górnictwa*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa
- [10] PN-EN 14591-4:2009 *Ochrona przeciwwybuchowa w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych -- Systemy ochronne -- Część 4: Automatyczne systemy gaszące kombajnów chodnikowych*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa
- [11] dyrektywa 94/9/WE: *Dyrektywa 94/9/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 marca 1994 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich dotyczących urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem*, Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich nr L 100/1 z 19.4.1994
- [12] dyrektywa 2014/34/UE: *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/34/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (wersja przekształcona)*, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej nr L 96/309 z 29.3.2014
- [13] *Niebieski przewodnik – wdrażanie przepisów dotyczących produktów w Unii Europejskiej*, www.KDBEx.eu

Informacje dodatkowe o autorze.

dr inż. Michał Górny, kierownik Zakładu Bezpieczeństwa Przeciwwybuchowego Kopalni Doświadczalnej „BARBARA” GIG.

m.gorny@gig.eu
www.KDBEx.eu

* K O N I E C *