

Wzorcowa ocena ryzyka wybuchu w branży przetwórstwa spożywczego

Tadeusz PIOTROWSKI* – Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2015, 69, 4, 225–236

Wprowadzenie

W Unii Europejskiej, w zakresie zagrożenia wybuchem w miejscu pracy, obowiązuje Dyrektywa 1999/92/WE [1], a państwa członkowskie opracowują na jej bazie własne rozwiązania legislacyjne, które mogą wykraczać poza minimalne wymagania sformułowane w tej dyrektywie. W Polsce jest to rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej [2]. Stan wiedzy i praktyki w tej dziedzinie w kraju rozszerzyła realizacja w latach 2011-2013 projektu nr VI.B.12 [3], a także duży wkład miała realizacja projektu nr 5.R.07 [4] w latach 2008-2010 oraz innych projektów wykonanych w części B programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”. Szczególnie wymienić tu należy opracowania Adama S. Markowskiego i R. Żyły z Politechniki Łódzkiej wykonane w latach 2011-2012 w ramach projektu nr VI.B.11 [5].

Sytuacja w krajowym przemyśle w ocenie Państwowej Inspekcji Pracy

Z przeprowadzonych w 2012 r. kontroli PIP opisanych w raporcie GIP [6] wynika, że wielu pracodawców nadal bagatelizuje potrzebę **sporządzania dokumentu zabezpieczenia przed wybuchem**. Potwierdza to fakt nieposiadania takiego dokumentu przez prawie połowę skontrolowanych pracodawców. Natomiast w 22% nowo skontrolowanych zakładach nie spełniono w sporządzonych dokumentach zabezpieczenia przed wybuchem wszystkich wymagań określonych w obowiązującym zapisie prawa, pomijając wiele ważnych zapisów, które powinny się w nich znajdować.

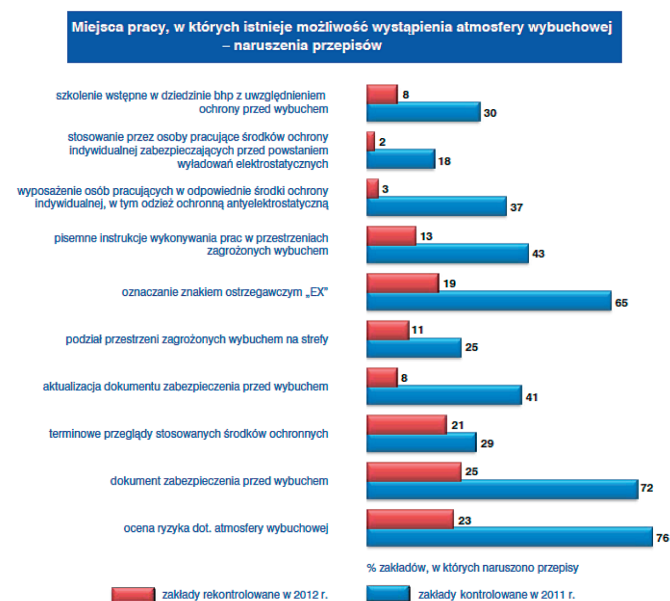
Z omawianego raportu GIP dowiadujemy się, że „brak stosowania szeregu środków ochronnych (technicznych i organizacyjnych) wymienionych w dokumencie zabezpieczenia przed wybuchem stwierdzono w co ósmym zakładzie pracy. Jeszcze częściej, bo w co czwartym zakładzie, **nie podzielono przestrzeni zagrożonych wybuchem na strefy**. W 19% nowo skontrolowanych zakładów **nie prowadzono systematycznych** (zgodnie z terminami określonymi w dokumencie zabezpieczenia przed wybuchem) **przeглядów urządzeń eksploatowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem**, co ma istotne znaczenie dla bezpieczeństwa procesowego. W ocenie inspektorów pracy **uchybiecia te były wynikiem lekceważenia problemu przez pracodawców**. Poprawy wymaga także wyposażanie osób – pracujących w miejscach, w których może wystąpić atmosfera wybuchowa w ilościach zagrażających bezpieczeństwu i zdrowiu – w odpowiednie środki ochrony indywidualnej, w tym odzież ochronną antyelektrostatyczną. Nie wyposażono w nie 8% osób pracujących w tych miejscach lub wyposażono niewłaściwie (ok. 6%)”.

Kontrole przeprowadzone w 2012 r. ujawniły bardzo zróżnicowany stan przestrzegania przez pracodawców przepisów dotyczących bezpieczeństwa pracy w miejscach, w których może występować

atmosfera wybuchowa. Istotne jest, iż rekontrole przyniosły w większości przypadków eliminację stwierdzonych nieprawidłowości. Natomiast w odniesieniu do zakładów kontrolowanych po raz pierwszy stwierdzono, że w **ok. 50–60%** z nich **występują różne problemy z wdrożeniem przepisów** znowelizowanego rozporządzenia dotyczącego bhp w miejscach pracy, na których może występować atmosfera wybuchowa.

W raporcie GIP stwierdza się, że „najtrudniejsza jest sytuacja w zakładach posiadających pojedyncze stanowiska pracy, na których może występować atmosfera wybuchowa. **Wiedza pracodawców w zakresie prewencji przeciwybuchowej jest zbyt mała**. Z punktu widzenia osób kierujących tymi zakładami, **przepisy rozporządzenia w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej są niejednoznaczne i sprawiają trudności interpretacyjne**”. Także Państwowa Inspekcja Pracy ma wątpliwości dotyczące interpretacji niektórych przepisów wspomnianego rozporządzenia. Z tego powodu Główny Inspektor Pracy skierował w styczniu 2013 r. wystąpienie w tej sprawie do Ministra Gospodarki. Także pracodawcy wśród przyczyn nieprawidłowości wymieniają m.in. wysokie koszty sporządzanej przez specjalistów dokumentacji dotyczącej atmosfer wybuchowych oraz problemy z dostępem do opracowań pomocnych w zapewnieniu bezpiecznych warunków pracy w miejscach, gdzie może wystąpić atmosfera wybuchowa.

Przytoczony raport GIP ukazuje wciąż duże braki w edukacji pracodawców dotyczącej zagadnień bezpieczeństwa ogólnie, a w szczególności bezpieczeństwa pracy w obecności atmosfer wybuchowych w miejscu pracy. Na Rysunkach 1 i 2 pokazano przykładowe dane PIP o naruszeniu w 2012 r. przepisów w zakresie zabezpieczenia przed wybuchem. Analogiczne dane PIP za lata 2014-2015 nie są dostępne, gdyż w tym okresie PIP nie prowadziła kontroli przedsiębiorstw nakierowanych na spełnianie wymagań rozporządzenia [2].



Rys. 1. Przykładowe dane PIP za 2012 r.

Autor do korespondencji:

Dr Tadeusz PIOTROWSKI, e-mail: piotrowski@ipo.waw.pl

Miejsca pracy, w których istnieje możliwość wystąpienia atmosfery wybuchowej – naruszenia przepisów



Rys. 2. Przykładowe dane PIP za 2012 r.

Jak pracodawcy tłumaczą wykryte podczas kontroli i rekontroli nieprawidłowości? Tłumaczą je m.in. „brakiem szczegółowej znajomości przedmiotowej problematyki, trudnościami w ocenie poprawności działań w tym zakresie podejmowanych (w ich imieniu) przez osoby zajmujące się w zakładzie zagadnieniami związanymi z zagrożeniem wybuchem. W ocenie inspektorów pracy, sytuacja ta w wielu przypadkach jest wynikiem m.in. niedocenia wagi problemu przez pracodawców oraz niskiego poziomu wiedzy o tych zagrożeniach”. Właściwa organizacja pracy w miejscach, w których może wystąpić atmosfera wybuchowa, nie jest zagadnieniem prostym i wymaga znajomości zarówno przepisów BHP, jak też wiedzy z różnych dziedzin (np. fizyka, chemia, mechanika) umożliwiającej zapewnienie technicznych i organizacyjnych środków ochronnych zapobiegających tworzeniu się i wystąpieniu zapłonu atmosfery wybuchowej oraz ograniczenie szkodliwego efektu wybuchu odpowiednich do poziomu zagrożenia.

Wychodząc naprzeciw potrzebom pracodawców, opracowano i wydano dwa poradniki, które ankietowano w centralnych instytucjach państwowych, instytucjach w polskim systemie ochrony i bezpieczeństwa pracy (Państwowa Inspekcja Pracy, Państwowa Straż Pożarna), przedsiębiorstwach przemysłowych i firmach doradczo-usługowych z obszaru bezpieczeństwa:

„Poradnik Pracodawcy – Jak opracować dokument zabezpieczenia przed wybuchem w miejscu pracy”, zawierający zalecany wzór ramowy dokumentu zabezpieczenia przed wybuchem [7]

„Wytyczne techniczne – Metody oceny zagrożenia i ryzyka wybuchu oraz środki zabezpieczeń przeciwybuchowych” [8].

W ramach realizacji projektu [3], opracowano 11 dokumentów zabezpieczenia przed wybuchem (DZPW). Wykonano także 2 tzw. wzorcowe DZPW, dla gazowych i pyłowych atmosfer wybuchowych, mające wspomóc pracodawców w samodzielnym opracowaniu tego rodzaju dokumentów wymaganych prawem unijnym i krajowym [1, 2]. W artykule przedstawiono wyniki identyfikacji zagrożenia oraz ocenę ryzyka wybuchu linii technologicznych przygotowania wstępnego surowców (mielenie, zasyp, mieszanie, odpylanie) wykorzystywanych w jednej z krajowych wytwórni wyrobów czekoladowych.

Zwięzły opis procesu, w którym może powstawać atmosfera wybuchowa z udziałem stosowanych w przedsiębiorstwie substancji palnych

Powstanie atmosfery wybuchowej może nastąpić na instalacji załadunku i zasiewu cukru, surowców mlecznych oraz instalacji mielenia łuski kakaowej.

Cukier w postaci drobnych kryształów składowany jest w silosie o pojemności 70 m³. Silos cukru znajduje się na zewnątrz budynku. Za-

ładunek silosu cukru odbywa się pneumatycznie z autocysterny przez sito i magnes ferromagnetyczny, dalej do zbiornika dobowego, a następnie do miksera na hali produkcyjnej. Silos jest uziemiony i posiada instalację dźwiękową informującą o przepelnieniu.

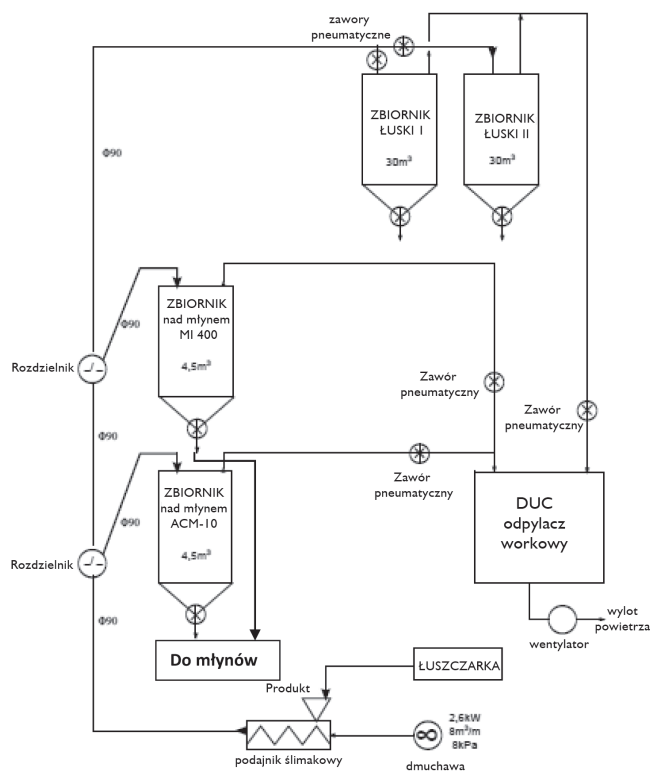
Zasiew surowców mlecznych odbywa się na stanowisku zasiewu w hali zbiorników. Surowce mleczne są ręcznie zasiewane przez pracownika produkcji do leja zasypowego, a następnie automatycznie i hermetycznie transportowane powietrzem do zbiornika dobowego i dalej do miksera na hali produkcyjnej. Surowce mleczne używane na tym stanowisku, to: laktoza, serwatka, mleko odtłuszczone, mleko pełne.

Mielenie łuski kakaowej odbywa się na dwóch niezależnych młynach znajdujących się w hali mielenia łuski. Schemat linii technologicznej zasypu łuski kakaowej do młynów MI 400 i ACM-10 przedstawiono na Rysunku 3, zaś dalej przytoczono elementy opisu technologicznego dotyczące operacji mielenia łuski kakaowej z użyciem stosowanej tam terminologii.

Młyn ACM10, to udarowy młyn wirnikowy ze zintegrowanym dynamicznym separatorem powietrznym. Transport poprzez pułapkę magnetyczną oraz sterowanie układem zaworów łuski kakaowej do zbiornika dobowego młyna ACM 10 oraz odpylania odbywa się w sposób automatyczny w zamkniętej instalacji pneumatycznej. Łuska zmielona w instalacji Młyna AMC 10 przechodzi przez pneumo-cyklon do tzw. workownicy.

Młyn MI400 jest udarowym młynem palcowym. Transport oraz sterowanie układem zaworów łuski kakaowej do zbiornika dobowego młyna MI400 oraz odpylania odbywa się w sposób automatyczny w zamkniętej instalacji pneumatycznej. Łuska przed trafieniem do młyna MI400 przechodzi przez separator ferromagnetyczny w uszczelnionym fartuchu leju zasypowego. Łuska kakaowa po zmieleniu w młynie MI400 wpada do komory rozprężnej, a następnie transportowana jest podajnikiem ślimakowym do workownicy.

Młyn ten stanowi też szczelną konstrukcję z podciśnieniem wewnątrz instalacji. Zastosowana w obu przypadkach wentylacja miejscowa nad wylotami produktu do worków w połączeniu z zasysaniem powietrza ogranicza zasięg tworzenia się stref zagrożenia wybuchem wokół instalacji obu młynów.



Rys. 3. Schemat linii technologicznej zasypu łuski kakaowej do młynów MI 400 i ACM-10

Ustalenie stref zagrożenia wybuchem w rozpatrywanej instalacji

W Tabelcy I przedstawiono klasyfikację stref zagrożenia wybuchem według PN-EN 60079-10-2:2009 [9]. W przypadku atmosfer pyłowo-powietrznych zastosowanie mają strefy oznaczane jako: 20, 21 i 22. Klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem uwzględnia wartości parametrów wybuchowości pyłów stosowanych surowców.

Parametry wentylacji, zdefiniowane wg normy PN-EN 60079-10-1:2009 [10]. Ustalono także stopnie emisji dla poszczególnych stanowisk. Wentylacji, która nie spełnia wymagań nawet dyspozycyjności słabej nie należy brać pod uwagę jako przyczyniającej się do wentylacji przestrzeni. Opis uwzględnionych parametrów wentylacji zamieszczono pod Tablicą I.

Tablica I

Kwalifikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem oraz wykaz źródeł emisji i zastosowanej wentylacji w czasie eksploatacji urządzenia

Lp.	Źródło emisji		Stopień emisji ¹⁾	Wentylacja			Strefa zagrożenia		
	Opis	Usytuowanie strefy zagrożenia wybuchem		Rodzaj ²⁾	Stopień ³⁾	Dyspozycyjność ⁴⁾	Strefa	Zasięg strefy	
								poziomy	pionowy
1.	Stanowiska młynów ACM10 oraz MI400 z zasypem łusek ze zbiorników dobowych łuski nad młynami o objętości 4,5 m ³ każdy	wewnątrz młyna	C	-	-	-	20	wewnątrz obu młynów	
		wokół młyna i zbiornika MI-400	P	WM	W	D	22	w promieniu 0,7 m od zabudowy młyna	w górę do stropu, w dół do posadzki podestu
2.	Cyklon zmielonej łuski ACM-10	wewnątrz cyklonu	C	-	-	-	20	wewnątrz cyklonu	
3.	Odpylacz (Reverse Jet Filter)	wewnątrz odpylacza	C	-	-	-	20	wewnątrz odpylacza	
		wylot odpylacza	S	WN	N	F	22	w promieniu 1 m od wylotu z odpylacza	
4.	Przewody transportu pneumatycznego zmielonej łuski	wewnątrz przewodów	C	-	-	-	20	wewnątrz przewodów	
5.	Łuszczarka Podajnik ślimakowy łuski	stanowisko zasypu łuski z łuszczarki do podajnika ślimakowego	P	WM	W	D	21	wewnątrz zasypu	wewn. pod. ślimak.
6.	Stanowisko zasypu cukru i mleka w proszku na podajnik ślimakowy	wokół stanowiska	P	WM	W	D	21	w promieniu 1 m od stanowiska	
Kwalifikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem oraz wykaz źródeł emisji i zastosowanej wentylacji w czasie czyszczenia, remontów i przeglądów urządzeń po ich zatrzymaniu									
7.	Stanowiska młynów ACM10 oraz MI400 z zasypem łusek ze zbiorników dobowych łuski nad młynami o objętości 4,5 m ³ każdy	wewnątrz młyna	P	-	-	-	21	wewnątrz obu młynów	
		wokół młyna i zbiornika ²⁷	S	WM	W	D	22	w promieniu 0,5 m od zabudowy młyna ACM-10 i 0,7 m wokół MI-400	w górę do stropu, w dół do posadzki podestu
8.	Odpylacz (Reverse Jet Filter)	wewnątrz odpylacza	P	-	-	-	21	wewnątrz odpylacza	
		na zewnątrz odpylacza	S	WN	N	F	22	przestrzeń zewnętrzna do 1 m od otwartych drzwi odpylacza	
9.	Odpylacz rękawowy: 0,43 m ³ 1,9 m ³	wewnątrz odpylaczy	P	-	-	-	21	przestrzeń wewnętrzna odpylaczy	
		na zewnątrz odpylaczy	S	-	-	-	22	przestrzeń zewnętrzna do 1 m od otwartych drzwi odpylaczy	

Opis emisji:

1) Stopnie emisji:

C – ciągly stopień emisji – emisja, która występuje stale, lub której występowanie można spodziewać się w długich okresach

P – pierwszy stopień emisji – emisja, której występowanie podczas normalnej pracy można spodziewać się okresowo lub okazjonalnie

S – drugi stopień emisji – emisja, której występowanie w warunkach normalnej pracy nie można spodziewać się, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to może tak się stać tylko rzadko i tylko na krótkie okresy.

W – emisja wtórna.

Opis wentylacji:

2) rodzaj wentylacji: **WN – naturalna; WM – mechaniczna**

3) stopień wentylacji: **W – wysoki; Ś – średni; N – niski**

4) dyspozycyjność wentylacji: **D – dobra; E – dostateczna; F – słaba.**

Stopnie wentylacji:

Wysoki (ang. VH) – „W”. Jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji niemal natychmiast, dając w wyniku stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości. W rezultacie otrzymuje się strefę o małym (nawet pomijalnym) zasięgu

Średni (ang. VM) – „Ś”. Jest w stanie wpływać na stężenie, czego rezultatem jest sytuacja stabilna, w której stężenie poza granicami strefy, w czasie trwania emisji, jest poniżej dolnej granicy wybuchowości i gdzie atmosfera wybuchowa nie zalega w nadmiarze po zakończeniu emisji. Zasięg i rodzaj strefy są ograniczone parametrami konstrukcyjnymi

Niski (ang.VL) – „N”. Nie jest w stanie wpływać na stężenie, w czasie trwania emisji i/lub nie może zabezpieczyć przed zbytnim zaleganiem atmosfery palnej po zakończeniu emisji.

Dyspozycyjności wentylacji:

Dobra – „D”: wentylacja działająca prawie zawsze

Dostateczna – „E”: wentylacja działająca w czasie normalnej pracy. Przerwy są dopuszczalne pod warunkiem ich rzadkiego występowania i w krótkich okresach

Słaba – „F”: wentylacja, która nie spełnia wymagań dotyczących wentylacji dostatecznej lub dobrej, lecz nie dopuszcza się występowania przerw o długich okresach.

Ustalenie efektywnych źródeł zapłonu i ocena atmosfer wybuchowych na stanowiskach pracy

Identyfikacja źródeł zapłonu potencjalnych atmosfer wybuchowych została przedstawiona w Tablicy 2, zaś w Tablicy 7 podano ocenę atmosfer wybuchowych na stanowiskach pracy z wykorzystaniem metody PRAM [11].

Tablica 2

Identyfikacja źródeł zapłonu potencjalnych atmosfer wybuchowych

Lp.	Lokalizacja strefy Rodzaj źródła zapłonu	Gorące powierzchnie (1x10 ³)	Iskry mechaniczne (1x10 ⁴)	Urządzenia elektryczne (1x10 ³)	Wyladowania elektrostatyczne (1x10 ⁻³)
1.	Stanowiska młynów ACM10 oraz MI400 z zasypem łuski ze zbiorników dobowych łuski nad młynami o obj. 4,5 m ³ każdy	X	X	X	X
2.	Cyklon zmielonej łuski		X	X	X
3.	Przewody transportu pneumatycznego zmielonej łuski / cukru i mleka / wentylacyjne Φ90				X
4.	Łuszczarka i Podajnik ślimakowy łuski	X	X	X	
5.	Stanowisko zasypu cukru i mleka w proszku na podajnik ślimakowy	X		X	X
6.	Odpylacze rękawowe: 0,43 m ³ i 1,9 m ³ oraz DUC odpylacz workowy z instalacji mielenia łuski				X
7.	Zbiorniki cukru i mleka o obj. po 10,6 m ³ każdy			X	X
8.	Silos zewnętrzny cukru o obj. 70 m ³			X	X

W Tablicy 2 źródła zapłonu opisano wg normy PN-EN 1127-1 [12]:

1. **Gorące powierzchnie,**
2. Płomienie i gorące gazy (włącznie z gorącymi cząstkami)
3. **Iskry wytwarzane mechanicznie**
4. **Urządzenia elektryczne**
5. Prądy błędzące, katodowa ochrona przed korozją
6. **Elektryczność statyczna**
7. Uderzenie pioruna
8. Fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (RF) od 10⁴ Hz do 3 x 10¹² Hz
9. Fale elektromagnetyczne od 3 x 10¹¹ Hz do 3 x 10¹⁵ Hz
10. Promieniowanie jonizujące
11. Ultradźwięki
12. Sprężanie adiabatyczne i fale uderzeniowe
13. Reakcje egzotermiczne, łącznie z samozapaleniem pyłów.

Źródła zapłonu wymienione pod pozycjami: 2, 5, 7÷13 wyeliminowano w wyniku analizy zastosowanych urządzeń technologicznych w procesie przetwórstwa surowców do produkcji czekolady. Nie mogą one wystąpić w rozpatrywanych operacjach, ani przy zastosowaniu zabezpieczeń organizacyjnych funkcjonujących w przedsiębiorstwie.

Pozostałe 3 rodzaje źródeł zapłonu (pozycje: 1, 4 i 6) uznano za „tylko sporadycznie możliwe” z przypisaną wartością prawdopodobieństwa wystąpienia $P = 1 \times 10^{-3}$.

Natomiast źródło zapłonu z pozycji 3 (Iskry wytwarzane mechanicznie) uznano za tylko „możliwe do pomyślenia” (1×10^{-4}) w sytuacji awarii elektromagnesów separujących części metalowe z ziarna kakaowego.

Ocena wartości ryzyka procesowego związanego z możliwością wybuchu na stanowisku pracy przy rozpatrywanym procesie według metody „PRAM”

Opracowana w IPO na początku XXI w. metoda PRAM (*Process Risk Assessment Method*) jest opisana w [11]. Ponieważ sama publikacja może być trudno dostępna, dalej zostaną przedstawiono jej najważniejsze elementy (Tab. 3 – 6). Jest to metoda ekspercka, która operuje wskaźnikami liczbowymi i związanymi z nimi opisami sytuacyjnymi i która ewoluowała w zakresie oceny strat oraz ekspozycji pracownika na zagrożenie. Jest ona bardzo podobna do opisanej w publikacjach [13, 14]. Poziom ryzyka oblicza się w umownej skali wartości według wzoru:

$$R_w = S_w \times E_p \times P_w \quad (1)$$

gdzie: R_w – wskaźnik poziomu ryzyka wybuchu

S_w – potencjalne skutki wybuchu

E_p – ekspozycja na zagrożenie (sposób realizacji procesu)

P_w – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia wybuchem (dla realizacji przyjętego scenariusza awaryjnego).

Tablica 3

Wartości wskaźnika ryzyka wybuchu R_w dla metody PRAM

Wartość wskaźnika R_w	Opisowa ocena poziomu ryzyka wybuchu i wymaganych działań nadzoru
$R_w < 20$	Znikome (ryzyko akceptowalne), wskazana kontrola
$20 \leq R_w < 70$	Małe (ryzyko akceptowane), potrzebna kontrola, wskazane zwrócenie uwagi szczególnie na eliminowanie tzw. zdarzeń potencjalnie wypadkowych i inicjujących
$70 \leq R_w < 200$	Istotne , potrzeba szybkiej poprawy poziomu bezpieczeństwa i obniżenia wartości ryzyka wybuchu (ryzyko czasowo tolerowane, obszar ALARP)
$200 \leq R_w < 400$	Duże , potrzeba natychmiastowej, znacznej poprawy poziomu bezpieczeństwa i obniżenia wartości ryzyka wybuchu (ryzyko czasowo tolerowane, obszar ALARP)
$R_w \geq 400$	Bardzo duże (ryzyko nieakceptowalne), rozważ wstrzymanie eksploatacji procesu lub zastosowanie bezzwłocznych działań skutkujących znaczącym obniżeniem wartości ryzyka wybuchu (co najmniej do obszaru ALARP)

Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, czyli realizacji przyjętego scenariusza awaryjnego skutkującego wybuchem, P_w , od chmury paliwowo-powietrznej wytworzonej w wyniku drobnej awarii, można określić jako:

$$P_w = P_A \times P_Z \quad (2)$$

gdzie: P_A – prawdopodobieństwo wytworzenia chmury pyłowo-powietrznej; P_Z – prawdopodobieństwo wystąpienia efektywnego źródła zapłonu powodującego wybuch wytworzonej chmury.

Tablica 4

Ocena ekspozycji na zagrożenie E_p

Wartość wskaźnika E _p	Charakterystyka działania
10	Stale narażenie na zagrożenie, tzn.: procesy prowadzone regularnie, całorocznie, wielozmianowo (całodobowo)
6	Częste (codziennie), tzn.: procesy prowadzone regularnie, co najmniej 6 – 8 miesięcy w roku, jedno- i dwuzmianowo
3	Sporadyczne (raz dziennie), tzn.: procesy prowadzone regularnie, tylko na jednej zmianie i trwające nie dłużej niż 1 zmiana
2	Okazjonalne (w trakcie tygodnia), tzn.: procesy o różnej zmienności i regularności, trwające nie dłużej niż do pół zmiany
1	Minimalne (w trakcie miesiąca), tzn.: procesy prowadzone rzadko, o różnej zmienności i regularności, trwające nie dłużej niż 1 zmiana
0,5	Znikome (w trakcie roku), tzn.: procesy prowadzone bardzo rzadko, o różnej zmienności i regularności, trwające nie dłużej niż 2 zmiany

Tablica 5

Ocena potencjalnych skutków zagrożenia S_w

Wartość wskaźnika S _w	Rodzaj skutków (strat)	Charakterystyka skutków (strat)*	
		Ludzkich	Materiałnych
100	Poważna katastrofa	Wiele ofiar śmiertelnych	Powyżej 50 mln PLN
70	Duża katastrofa	Kilka (powyżej 10) ofiar śmiertelnych	30 – 50 mln PLN
40	Katastrofa	Kilka (powyżej 2) ofiar śmiertelnych	20 – 30 mln PLN
25	Poważna awaria	Do 2 ofiar śmiertelnych	10 – 20 mln PLN
15	Poważne	1 ofiara śmiertelna	1 – 10 mln PLN
7	Duże	Ciężki uraz ciała	0,5 – 1 mln PLN
5	Znaczące	Średnie urazy ciała, pobyt w szpitalu, kilku poszkodowanych	100 – 500 tys. PLN
3	Średnie	Lekkie urazy ciała, pomoc medyczna, absencja w pracy	30 – 100 tys. PLN
2	Lekkie, miejscowe	Drobne urazy ciała, pierwsza pomoc, absencja w pracy	10 – 30 tys. PLN
1	Zdarzenie wypadkowe skutki małe, miejscowe	Pierwsza pomoc, mała absencja w pracy, wymaga wymiany	Poniżej 10 tys. PLN
0,5	Incydent skutki znikome	Przerwa w pracy, wymaga naprawy lub wymiany	Według cennika części i usług

* Ze względu na brak typowych czynników chemicznych w ocenianej technologii nie zamieszczono w tabeli opisu możliwych skutków dla środowiska naturalnego, związanego z potencjalnymi skażeniami chemicznymi

Tablica 6

Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia wybuchu P_w

Wartość wskaźnika P _w	Opis prawdopodobieństwa	Szansa wystąpienia zdarzenia, %	Prawdopodobieństwo zdarzenia (P) w skali: 0 – 1
10	Bardzo prawdopodobne	10 – 50	0,1 – 0,5
6	Całkiem możliwe	1 – 10	0,01 – 0,1
3	Mało prawdopodobne, ale możliwe	0,1 – 1	0,001 – 0,01
1	Tylko sporadycznie możliwe	0,01 – 0,1	10 ⁻⁴ – 10 ⁻³
0,5	Możliwe do pomyślenia	0,001 – 0,01	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁴
0,2	Praktycznie niemożliwe	0,0001 – 0,001	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁵
0,1	Tylko teoretycznie możliwe	poniżej 0,0001	poniżej 1 × 10 ⁻⁶

Tablica 7

Ocena atmosfer wybuchowych na stanowiskach/miejscach pracy z oszacowanymi dla nich poziomami ryzyka wg metody PRAM

Lp.	Lokalizacja strefy	Efektywne źródło zapłonu	Prawdopodobieństwo zagrożenia wybuchem $P_w = P_A * P_Z /$ ocena P _w	Eks- po- zy- cja ocena E _p	Poten- cjalne straty ocena S _w	Poziom ryzyka wybuchu ocena R _w	Uwagi
1.	Stanowiska młynów ACM10 oraz M1400 z zasypem łusek z zbiorników dobowych łuski nad młynami o obj. 4,5 m ³ każdy	gorące powierzchni, wylądowania elektrostacyjne	$P_w = 10^{-3}$ 1	Regu- larna 6	Duże 7	Małe ryzyko 42	potrzebna kontrola
		urządzenia elektryczne	$P_w = 10^{-6}$ 0,1	Regu- larna 6	Duże 7	Znikome ryzyko 4,2	wskazana kontrola
2.	Cyklon mielonej łuski	urządzenia elektryczne	$P_w = 10^{-6}$ 0,1	Regu- larna 6	Duże 7	Małe ryzyko 4,2	wskazana kontrola
		wylądowania elektrostacyjne	$P_w = 10^{-4}$ 0,5	Regu- larna 6	Duże 7	Małe ryzyko 21	potrzebna kontrola
		iskry mechaniczne	$P_w = 10^{-4}$ 0,5	Regu- larna 6	Duże 7	Małe ryzyko 21	potrzebna kontrola
3.	Przewody transportu pneumatycznego mielonej łuski / cukru i mleka / wentylacyjne φ90	iskry mechaniczne	$P_w = 10^{-4}$ 0,5	Regu- larna 6	Zna- czące 5	Znikome ryzyko 15	wskazana kontrola
		wylądowania elektrostacyjne	$P_w = 10^{-3}$ 1	Regu- larna 6	Zna- czące 5	Małe ryzyko 30	potrzebna kontrola
4.	Łuszczarka i Podajnik ślimakowy łuski	urządzenia elektryczne, gorące powierzchni	$P_w = 10^{-5}$ 0,5	Regu- larna 6	Śred- nie 3	Znikome ryzyko 9	wskazana kontrola
		iskry mechaniczne	$P_w = 10^{-6}$ 0,2	Regu- larna 6	Śred- nie 3	Znikome ryzyko 3,6	wskazana kontrola
5.	Stanowisko zasypu cukru i mleka w proszku na podajnik ślimakowy	wylądowania elektrostacyjne, gorące powierzchni	$P_w = 10^{-5}$ 0,5	Regu- larna 6	Śred- nie 3	Znikome ryzyko 9	wskazana kontrola
6.	Odpylacze rękawowe: 0,43 m ³ i 1,9 m ³ oraz DUC odpylacz workowy z instalacji mielenia łuski	wylądowania elektrostacyjne	$P_w = 10^{-3}$ 1	Regu- larna 6	Zna- czące 5	Małe ryzyko 30	potrzebna kontrola
		urządzenia elektryczne	$P_w = 10^{-6}$ 0,2	Regu- larna 6	Śred- nie 3	Znikome ryzyko 3,6	wskazana kontrola
7.	Zbiorniki cukru / mleka o obj. po 10,6 m ³ każdy	wylądowania elektrostacyjne	$P_w = 10^{-6} \div 10^{-3}$ 0,2 ÷ 1	Regu- larna 6	Zna- czące 5	Małe ryzyko 6 ÷ 30	potrzebna kontrola
8.	Silos zewnętrzny cukru o obj. 70 m ³	wylądowania elektrostacyjne, urządzenia elektryczne	$P_w = 10^{-5}$ 0,5	Oka- zjo- nalna 2	Po- ważne 15	Znikome ryzyko 15	wskazana kontrola

Dane odnośnie oszacowanych poziomów ryzyka wybuchu, (Tab.7) wskazują, że **ryzyko jest głównie na poziomie małym i znikomym**. Jest to więc, zgodnie z zasadami metody PRAM, **ryzyko akceptowalne**.

Ponieważ oszacowane ryzyko jest na poziomie akceptowalnym, niewymagane są żadne dodatkowe działania organizacyjne czy techniczne, redukujące jego poziom. Sytuacja w miejscach pracy przedstawia się w taki sposób, iż przy regularnej ekspozycji pracowników na potencjalne zagrożenie, prawdopodobieństwo wybuchu przyjmuje ogólnie niskie wartości, natomiast możliwe straty są przeważnie duże i znaczące, a w jednym przypadku nawet mogą być poważne. Wiąże się to z głównie z wartością aparatów i urządzeń technologicznych na ocenianych miejscach pracy, ale także z możliwością urazów ciała pracowników i wynikającymi z nich ewentualnymi odszkodowaniami. Pomimo tego, iż procesy prowadzone są regularnie, pracownicy nie przebywają cały czas w potencjalnie zagrożonych miejscach pracy, gdyż nadzór nad pracą ciągów technologicznych sprawowany jest ze sterowni. Pomimo małych i znikomych wartości umownych ryzyka wybuchu, metoda PRAM zaleca regularne kontrole na tych stanowiskach/miejscach pracy.

Dane dotyczące wartości ocen parametrów S_w , E_p oraz P_z ustalono z osobą odpowiedzialną w przedsiębiorstwie za sprawy technologiczne i BHP. Wartości ocen parametru P_A zależne są od rodzaju strefy zagrożenia wybuchem w danym miejscu.

Podsumowanie

We współpracującym w projekcie badawczo-rozwojowym przedsiębiorstwie branży przetwórstwa spożywczego dokonano identyfikacji zagrożenia występowaniem atmosfery wybuchowej oraz oceny poziomu ryzyka wybuchu w miejscach pracy związanych z liniami technologicznymi przerobu surowców spożywczych. Przeprowadzono w nim szkolenie kadry technicznej i pracowników produkcyjnych oraz opracowano dokument zabezpieczenia przed wybuchem (DZPW), którego elementy przedstawiono w niniejszej publikacji. Ocena ryzyka wybuchu wypadła dla przedsiębiorstwa pozytywnie, ponieważ poziom ryzyka był głównie mały i znikomy. Okazało się więc ryzykiem w pełni akceptowalnym, dla którego potrzebna jest tylko regularna kontrola. Przedsiębiorstwo okazało się być poprawnie zarządzanym od strony technicznej i organizacyjnej z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy.

Autor ma nadzieję, iż rezultaty podjętych w ramach projektu działań będą służyć podniesieniu poziomu bezpieczeństwa pracy w strefach zagrożenia wybuchem oraz propagowaniu ogólnej kultury bezpieczeństwa pracy w małych i średnich przedsiębiorstwach.

Literatura

1. Dyrektywa 1999/92/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1999 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (piętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG) (Dz. U. L 23, z 28.1.2000, str. 57), ostatnie sprostowanie z dnia 7 czerwca 2000 r. (Dz. U. L 134, 7.6.2000, str. 36).
2. Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz. U. Nr 138, poz. 931 z 2010 r.).
3. Projekt badawczo-rozwojowy nr VI.B.12 pt.: „Opracowanie wzorcowych dokumentów zabezpieczenia przed wybuchem dla małych i średnich zakładów przemysłowych zagrożonych występowaniem atmosfer wybuchowych.” Biblioteka Instytutu Przemysłu Organicznego, Warszawa.
4. Projekt badawczo-rozwojowy nr 5.R.07 pt.: „Metody oceny ryzyka na stanowiskach pracy zagrożonych wystąpieniem atmosfery wy-

chowey i opracowanie projektu wzoru dokumentu zabezpieczenia przed wybuchem.” Biblioteka Instytutu Przemysłu Organicznego, Warszawa.

5. Projekt badawczo-rozwojowy nr VI.B.11 pt.: „Opracowanie metody generowania typowych scenariuszy awaryjnych występujących w zakładach dużego i zwiększonego ryzyka w celu zintegrowanej oceny ryzyka za pomocą analizy warstw zabezpieczeń.” Biblioteka Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, Państwowego Instytutu badawczego, Warszawa.
6. Sprawozdanie Głównego Inspektora Pracy z działalności Państwowej Inspekcji Pracy w roku 2012 (http://www.pip.gov.pl/html/pl/sprawozd/12/spraw_12.htm)
7. Piotrowski T.: *Poradnik Pracodawcy. Jak opracować dokument zabezpieczenia przed wybuchem w miejscu pracy*. Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa, 2011.
8. Piotrowski T.: *Wytyczne Techniczne. Metody oceny zagrożenia i ryzyka wybuchu oraz środki zabezpieczeń przeciwybuchowych*. Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa, 2011.
9. PN-EN 60079-10-2:2009 - Atmosfery wybuchowe - Część 10-2: Klasyfikacja przestrzeni - Atmosfery zawierające pył palny (oryg.).
10. PN-EN 60079-10-1:2009 Atmosfery wybuchowe - Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni - Gazowe atmosfery wybuchowe (oryg.)
11. Piotrowski T., Głowiński J.: *Technology&Media Classification and Evaluation System - Temclev. System Construction and Examples of Its Practical Use*. 11th International Symposium Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries “Loss Prevention 2004”, Praha, Czech Republic, 2004. Paper Full texts, thematic Section A, 1268-1277, PCHE - PetroChemEng, Praha 2004, ISBN 80-02-01574-6.
12. PN-EN 1127:2011 Atmosfery wybuchowe - Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem - Część 1: pojęcia podstawowe i metodyka.
13. Milczarek A.: - *Ocena ryzyka związanego z możliwością wystąpienia w miejscach pracy atmosfery wybuchowej*. Atest 11/2012, 60-61
14. Milczarek A.: *Wyznaczenie kategorii ryzyka pracownika produkcji na stanowisku pracy, na którym możliwe jest wystąpienie atmosfery wybuchowej*. Atest 12/2012, 60-61.

Praca wykonana w ramach realizacji projektu badawczo-rozwojowego nr VI.B.12 p.t.: „Opracowanie wzorcowych dokumentów zabezpieczenia przed wybuchem dla małych i średnich zakładów przemysłowych zagrożonych występowaniem atmosfer wybuchowych”, finansowanego przez NCBiR.

*Dr Tadeusz PIOTROWSKI jest absolwentem Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego (1975). Doktorat w Instytucie Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej (1993) wyróżniony nagrodą. Obecnie pracuje w Instytucie Przemysłu Organicznego w Warszawie. Jest Przewodniczącym KT 269 ds. Bezpieczeństwa Chemicznego w PKN. Zainteresowania naukowe: fizyko-chemia procesów spalania, badanie właściwości materiałów niebezpiecznych w użytkowaniu, obrocie i transporcie, badanie i ocena zagrożeń procesowych w przemyśle chemicznym (w tym zagrożeń wybuchem i pożarem). Był kierownikiem projektu zamawianego PBZ 030-07, 2 grantów NCN i 2 projektów badawczo-rozwojowych NCBiR oraz współwykonawcą 2 projektów badawczych KBN. Jest autorem ponad 80 artykułów w prasie naukowo technicznej i autorem lub współautorem kilkunastu referatów i posterów na konferencjach krajowych i zagranicznych opublikowanych drukiem w materiałach konferencyjnych.

e-mail: piotrowski@ipo.waw.pl