

**Nauczycielem  
wszystkiego jest**

# **PRAKTYKA**

**GAJUSZ JULIUSZ CEZAR**

**Bezpieczeństwo wybuchowe w zakładach przemysłowych  
na przykładzie cukrowni**



– W wielu gałęziach przemysłu przetwarzane bądź magazynowane gazy, pary, pyły czy też włókna stanowią duże zagrożenie wybuchowe, a w konsekwencji także pożarowe. Eksperci na szkoleniach oraz konferencjach poświęconych tematyce związanej z bezpieczeństwem produkcji często przytaczają zdarzenia, jakie miały miejsce w cukrowni Imperial Sugar Refinery, w zakładach chemicznych PEPCON, czy Elektrowni Turów oraz Dolna Odra. Wiedza teoretyczna w zakresie bezpieczeństwa wybuchowego jest konieczna, ale aby pozostała ona w świadomości użytkowników instalacji potrzeba czegoś więcej niż tylko suche fakty – tym czymś jest praktyka – potwierdza Zbigniew Wolff, ekspert w obszarze bezpieczeństwa wybuchowego w GRUPIE WOLFF.

W pierwszej części artykułu przedstawimy nieco wiedzy merytorycznej z zakresu bezpieczeństwa wybuchowego na przykładzie branży cukrowniczej. Niemniej przywołane przykłady można rozszerzyć także na

zakłady z innych branż, które borykają się z problemem zagrożenia wybuchowego wynikającego z obecności w procesie produkcyjnym palnych pyłów. Następnie opiszemy anatomie katastrofy w cukrowni Imperial

Sugar Refinery. Ostatnia część artykułu pokaże, w jaki sposób Pfeifer & Langen – jeden z wiodących producentów cukru w Polsce – oraz GRUPA WOLFF – ekspert w dziedzinie bezpieczeństwa wybuchowego – podeszli do



Fot. 1. Imperial Sugar Refinery – do wybuchu doszło w budynku na pierwszym planie oraz w dwóch z trzech silosów za nim

zagadnienia praktycznego przekazania wiedzy pracownikom cukrowni.

### Podstawy, czyli trochę teorii

Służby BHP zakładów, w których użytkownicy mają do czynienia z palnymi gazami czy pyłami, powinny skupić swą uwagę na zapewnieniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa realizowanych procesów. Zgodnie z dyrektywą ATEX w pierwszej kolejności należy ograniczać ryzyko wystąpienia wybuchu (zapobiegać powstawaniu atmosfer wybuchowych, eliminować źródła zapłonu, zwiększać świadomość użytkowników instalacji itd.). Kolejnym krokiem jest minimalizowanie skutków wybuchu poprzez zastosowanie odpowiednich systemów przeciwybuchowych (tłumienie, odciążanie i odsprężanie wybuchu).

### Zagrożenie wybuchem pyłu

Przykładowo w przemyśle spożywczym stosuje się pozornie niegroźne substancje, jak mąka, cukier czy kakao, które w postaci pyłu stanowią poważne zagrożenie (patrz tab. 1). Przykładem branży szczególnie narażonej na wybuch pyłu jest przemysł cukrowniczy, realizowane w jego ramach procesy technologiczne generują znaczne ilości pyłu cukru.

Ponieważ w większości przypadków dane zaczerpnięte z literatury nie pozwalają jednoznacznie określić parametrów wy-

Pył	Temperatura samozapłonu		Minimalna energia zapłonu w obłoku [mJ]
	warstwy [°C]	obłoku [°C]	
Cukier	420-450	310-360	< 5-100
Mąka	330-500	380-460	> 100
Kakao	250-460	480-590	> 105

Tabela 1. Wybrane parametry wybuchowości dla pyłów – substancji powszechnie stosowanych w przemyśle spożywczym

buchowości danej substancji, niezbędne jest wykonanie odpowiednich badań przez jednostkę notyfikowaną. Badania te w szczególności powinny wyznaczyć takie parametry jak:

- stała wybuchowości ( $K_{st}$ ),
- maksymalne ciśnienie wybuchu ( $P_{max}$ ),
- minimalna energia zapłonu (MIE),
- minimalna temperatura zapłonu obłoku pyłu  $T_{Cl}$ ,
- minimalna temperatura zapłonu warstwy pyłu  $T_{5mm}$ ,
- dolna granica wybuchowości (LEL).

Są one podstawą do prawidłowego określenia skali zagrożenia i doboru niezbędnych zabezpieczeń przeciwybuchowych.

Jak pokazują dane w tabeli 1., pył cukru należy do grupy pyłów bardzo łatwo zapalnych (stosunkowo niska temperatura zapłonu obłoku pyłu oraz bardzo niska minimalna energia zapłonu) i bez zastosowania należytych zabezpieczeń stwarza potencjalne ryzyko wystąpienia wybuchu i pożaru, których skutki mogą być katastrofalne (w dalszej części artykułu przedstawimy skutki wybuchu pyłu cukrowego w Imperial Sugar Refinery).

W przypadku wielu katastrof wywołanych wybuchem pyłów scenariusz jest dość zbliżony: źródło wybuchu występuje we wnętrzu stosunkowo niewielkiej kubatury (np. w filtrze powietrza, silosie czy obudowie przenośnika taśmowego – jak to miało miejsce w Imperial Sugar Refinery). Następnie fala wybuchu poprzez kanały, przesypy i rurociągi rozprzestrzenia się na sąsiednie elementy instalacji, gdzie dochodzi do wybuchów wtórnych. W pewnym momencie następuje rozerwanie urządzeń i rozprzestrzenienie się wybuchu z wnętrza instalacji do przestrzeni budynku. Drgania wywołane eksplozjami oraz podmuch fali wybuchu powodują wzbicie się pyłu zalegającego na powierzchniach urządzeń oraz konstrukcjach wsporczych – dochodzi do kolejnych wybuchów wtórnych, tym razem na zewnątrz instalacji.

### Wybuch w cukrowni Imperial Sugar Refinery

Przykładem, który należy w tym miejscu przytoczyć, jest tragiczne zdarzenie sprzed 8 lat. Kompleks Imperial Sugar w Port Wentworth rozpoczął działalność w 1917 roku. Stał się jednym z największych zakładów rafinacji i pakowania cukru w USA. Cukier granulowany po rafinacji

składowano w trzech silosach o wysokości 30 metrów. Produkt odbierano z silosów i transportowano za pomocą złożonego systemu podajników kubelkowych, ślimakowych, a także przenośników taśmowych, co generowało duże ilości drobnego pyłu. Do kruszenia zgranulowanego cukru używano młynów młotkowych, które z natury rzeczy również wytwarzały pył.

Tylko część urządzeń pracujących w zakładzie podłączona była do systemu odpylania, który i tak nie miał odpowiedniej wydajności i był w złym stanie technicznym.

Pracownicy cukrowni do czyszczenia maszyn do pakowania stosowali sprężone powietrze, co prowadziło do dyspersji pyłów cukru w budynku. Powierzchnie, na których mógł odkładać się pył, nie były czyszczone odpowiednio często, spowodowało to powstawanie na nich warstw pyłu osiadłego.

Cukier wysypywany był z silosów poprzez metalowe zsypy na długi podajnik taśmowy, który zlokalizowany był w betonowym tunelu tuż pod zbiornikami. Co pewien czas zbrylenia zakleszczały się pomiędzy wylotem zsyków a taśmą podajnika, powodując rozsypywanie się cukru na ziemię oraz tworzenie obłoków pyłu. Ponieważ tunel był duży i wentylowany, pył zawieszony w powietrzu nie osiągał niebezpiecznych stężeń wybuchowych.

Rok przed tragicznym zdarzeniem zdecydowano o szczelnym obudowaniu jednego z przenośników taśmowych. Zastosowane w tym celu stalowe panele miały chronić produkt przed potencjalnymi zanieczyszczeniami. Obudowa nie została jednak wyposażona w system odpylania, przez co stężenie zawieszzonego w powietrzu pyłu mogło przekroczyć dolną granicę wybuchowości. Jak się później okazało, było to poważnym błędem.

Dnia 7 lutego 2008 roku zbrylenia cukru zablokowały jeden z zsyków, powodując rozsypywanie się cukru oraz znaczne pylenie. Około godziny 19:15, prawdopodobnie w wyniku kontaktu cukru z przegrzonym elementem przenośnika, doszło do zapłonu i wybuchu pyłu. W pierwszej fazie rozerwaniu uległa obudowa tunelu. Nagromadzony w tunelu pył został uniesiony i zapalony przez przyspieszające kule ognia. Obłoki pyłu stanowiły paliwo dla re-

akcji łańcuchowej wtórnego wybuchu, który rozprzestrzenił się w budynku fabryki.

Fala uderzeniowa działała destrukcyjnie na wszystkie napotkane przeszkody. Betonowe stropy zawały się, uwalniając tony cukru w płomienie. Kolejne wybuchy odcięły zasilanie większości oświetlenia. W zakładzie nie przeprowadzano ćwiczeń z ewakuacji. Pracownicy desperacko próbowali wydostać się z piekła poprzez labirynt ciemnych, uszkodzonych klatek schodowych i korytarzy.

W wyniku katastrofy śmierć poniosło 14 osób, a 40 zostało rannych. Zakład Imperial Sugar został doszczętnie zniszczony (fot. 1).

#### Jak to robią inni

Jak łatwo można zauważyć, przyczyną tragedii w Imperial Sugar była seria błędów wynikających z niewiedzy personelu. Jak jednak podnosić świadomość pracowników zakładów produkcyjnych w zakresie bezpieczeństwa wybuchowego? Najlepszymi rozwiązaniami są audyty oraz szkolenia. W tym ostatnim przypadku występuje jednak pewna bariera – teoretyczne wykłady nie są w stanie uświadomić uczestnikom szkolenia, z jak poważnym zagrożeniem spotykają się na co dzień. W konsekwencji lekceważą je i nie przestrzegają procedur bezpieczeństwa, co nierzadko prowadzi do poważnych wypadków. Złoty środek leży w połączeniu wiedzy teoretycznej i praktycznej.

To właśnie praktyczne aspekty były najważniejszym elementem szkolenia, jakie inżynierowie GRUPY WOLFF wspólnie z działem BHP firmy Pfeifer & Langen Polska S.A. przygotowali dla kilkudziesięciu kluczowych pracowników kilku cukrowni. – W zapewnieniu wysokiego poziomu bezpieczeństwa w zakładach istotną rolę odgrywa pogłębianie wiedzy w zakresie ochrony przeciwybuchowej i przeciwpożarowej – potwierdza Zbigniew Wolff, ekspert w obszarze bezpieczeństwa wybuchowego w GRUPIE WOLFF.

Bardzo ważnym elementem pierwszej części szkolenia, pt. „Kompedium wiedzy na temat zagrożenia wybuchowego”, był blisko 20-minutowy film, prezentujący anatomię wspomnianej wcześniej katastrofy w Imperial Sugar Refinery.

# Zgodnie z prawem

Wedle rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2012 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz. U. 2010 Nr 138, poz. 931), każdy pracodawca zobowiązany jest do wykonania oceny ryzyka, której fundamentem jest poznanie parametrów wybuchowości pyłów palnych, jakie występują w miejscu pracy.

Pyły palne - wedle definicji stanowią go małe cząstki ciała stałego, o rozmiarze nominalnym 500 µm lub mniejszym, które mogą przez pewien czas pozostać zawieszone w powietrzu, osiadać pod wpływem swojego ciężaru oraz mogą palić się lub żarzyć w powietrzu i tworzyć mieszaniny wybuchowe z powietrzem w warunkach atmosferycznych. Należy w tym miejscu wspomnieć, że Norma PN-EN 60079 określa termin *combustible flyings*, do którego definicji, oprócz cząstek ciała stałego, dodaje także włókna.

Drugą część spotkania stanowiły pokazy wybuchów pyłu cukru pochodzącego z cukrowni należących do Pfeifer & Langen. To był najważniejszy element całego szkolenia, na który czekali wszyscy uczestnicy. Dzięki pokazom mogli się oni przekonać, jak potężna siła drzemie w pozornie bezpiecznym produkcie, jakim jest pył cukrowy.

– Gdy człowiek naocznie doświadcza skutków wybuchu, może poczuć falę wybuchu lub zobaczyć, z jaką łatwością ciśnienie rozrywa panel dekompresyjny, natychmiast nabiera respektu dla tego zjawiska. Myślę, że godzinny pokaz przynosi lepsze skutki niż dziesiątki godzin tradycyjnych szkoleń. To właśnie z tego względu zdecydowaliśmy się realizować tego typu działania. Zaczęliśmy od demonstracyjnych pokazów podczas, organizowanej przez naszą firmę, konferencji INDEX nt. bezpieczeństwa procesowego i wybuchowego. Później zaczęły się do nas zgłaszać duże koncerny z prośbą o zrealizowanie podobnych pokazów na terenie ich zakładów – komentuje Bartosz Wolff, prezes GRUPY WOLFF. – Szerzenie wiedzy na temat bezpieczeństwa wybuchowego w przemyśle to część naszej misji – kończy. ■