

## **Systemy monitoringu przeznaczone do obiektów przechowalnictwa produktów zbożowych z zagrożeniem wybuchowym**

### **Monitoring system of the grain elevator for explosive atmosphere**

There is described the most important parameters for the characteristics of the dust atmosphere in the grain elevators, as well the technical data for the intrinsically temperature cables. This cables are used in the monitoring systems for to prevent hazardous area.

#### **1. WSTĘP**

Wysokie stężenie pyłu w mieszaninie z powietrzem, w magazynach zbożowych, stanowi w dużym stopniu, zagrożenie wybuchowe. Jeśli wystąpi czynnik inicjujący zapłon mieszaniny np. iskra, łuk elektryczny lub powstanie samozapłon następuje eksplozja spowodowana gwałtownym spalaniem połączonym ze wzrostem ciśnienia. Zniszczeniu ulega duży obszar magazynu, a bezpośrednim niebezpieczeństwem utraty życia lub kalectwa narażona jest obsługa. Zagrożenia są realne ponieważ wybuchy w elewatorach zbożowych, zdarzają się statystycznie raz w roku w Europie, a w USA w ciągu ostatniego dziesięciolecia było ponad 1000 eksplozji, zginęło ponad 500 osób a straty szacowane były na ponad 100 mln USD. Ostatnia, duża eksplozja w kraju zdarzyła się w elewatorze w Ujazdowie Górnym, gdzie przyczyną było zatarcie łożysk w wewnętrznym transporcie pionowym. Ryzyko wybuchu może być zmniejszone przez ciągłą kontrolę temperatur wewnątrz składowanej masy zboża oraz pomiar temperatury urządzeń technologicznych. Systemy i układy monitoringu powinny spełniać wymagania metrologiczne, a także, co jest bardzo ważne w tej atmosferze, nie powinny być same przyczyną eksplozji. Wymaga to konstrukcji iskrobezpiecznej wielu elementów tych systemów udokumentowanych odpowiednimi atestami. Do nich zaliczane są wieloczułkowe sondy temperatury, których rezultaty badań nad ich iskrobezpieczeństwem zostaną szerzej przedstawione.

#### **2. PARAMETRY CHARAKTERYZUJĄCE ATMOSFERĘ WYBUCHOWĄ W MAGAZYNACH ZBOŻOWYCH**

Podstawowe parametry charakteryzujące atmosferę w magazynach zbożowych o wysokim zapyleniu przedstawione są w normach i zarządzeniach krajowych [5-8], w monografiach [1-3] oraz w publikacji angielskiej [4] w której przedstawione są także wymagania kanadyjskie i USA dotyczące pyłów zbóż, nie uwzględnione w normach europejskich. Parametry atmosfery

przedstawione są w postaci tabelarycznej. Dla jednoznaczności terminologii podane zostaną również ważniejsze definicje.

Mieszanka wybuchowa, która jest charakterystyczna dla magazynów zbożowych, jest mieszaniną pyłów i włókien z powietrzem w odpowiednim stężeniu, która pod wpływem energii cieplnej, ulega gwałtownemu spalaniu. Towarzyszy temu gwałtowny wzrost ciśnienia. Źródłem energii cieplnej może być energia wytworzona w procesie samozagrzewania lub wyładowanie elektryczne - łukowe, iskrowe itp.

Mieszankę wybuchową można określić przez **minimalną energię zapłonu** po przekroczeniu której wystąpi zapłon. Minimalną energię zapłonu charakteryzuje się **dolną granicą wybuchowości** i **górną granicą wybuchowości**.

**Dolna granica wybuchowości** - najniższe stężenie pyłów w mieszaninie z powietrzem powyżej którego możliwe jest samorzutne rozprzestrzenianie się płomienia w mieszaninie.

**Górna granica wybuchowości** - najwyższe stężenie pyłu w mieszaninie z powietrzem powyżej którego mieszanina przestaje być wybuchowa.

**Temperatura samozapłonu** jest najniższą temperaturą po której następuje zapalenie mieszaniny z powietrzem w sposób samorzutny.

**Minimalna temperatura zapłonu chmury** jest minimalną temperaturą przy której wybuchowa atmosfera pyłowo- powietrzna zapłonie.

**Minimalna temperatura zapłonu warstwy pyłu** jest minimalną temperaturą powierzchni, przy której nastąpi zapłon warstwy pyłu po długim czasie.

**Strefy zagrożone wybuchem** występujące w magazynach zbożowych:

Z10 - strefa, w której mieszanina wybuchowa pyłów występuje często lub długotrwale w normalnych warunkach pracy,

Z11 - strefa, w której zalegające pyły mogą krótkotrwale stworzyć mieszaninę wybuchową wskutek przypadkowego zawirowania powietrza.

W USA rozróżnia się klasyfikację gazów i pyłów [1,4] i w ramach Klasy II dotyczącej pyłów i wprowadza się wydzieloną grupę **G** - pyłów zbożowych.

**Minimalne stężenie wybuchowe** jest minimalnym stężeniem pyłu palnego, który jeśli zapłonie to spowoduje wybuch o małej sile.

**Minimalna, niebezpieczna grubość warstwy pyłu** jest to grubość, która musi być przekroczona, aby była możliwa propagacja płomienia lub żaru w osiadłym pyłe.

**Pyły zbóż podobnie jak pyły węgla i metali dzieli się :**

- na bardzo drobne, od 0,1 do 1  $\mu\text{m}$  tworzące aerozole,
- drobne, od 2 do 10  $\mu\text{m}$ , długo unoszące się w powietrzu,
- średnie, od 60 do 100  $\mu\text{m}$ ,
- grube, powyżej 100  $\mu\text{m}$ , szybko opadające

**Klasyfikacja mieszanin wybuchowych gazów, pyłów i par z powietrzem zgodnie z normą IEC79-12 oznaczona jest grupą wybuchowości IIA, IIB i IIC.**

Tabela 1. Ważniejsze parametry pyłów zbóż [2,3]

Typ pyłu	Min. energia zapłonu [mJ]	Min. temperatura zapłonu [T]	Min. stężenie zapłonu [mg/dm <sup>3</sup> ]	Maks. ciśnienie wybuchu [Mpa]
1. pszenica	30	723	125	0,75
2. żyto	80	532	56	0,41
3. jęczmień	60	573	693	0,52
4. owies	60	623	750	0,60
5. kukurydza	60	673	60	0,78
6. ryż	40	505	60	0,60

### 3. ISKROBEZPIECZEŃSTWO APARATURY POMIAROWEJ

Aparatura pomiarowa przeznaczona do pracy w strefach o wysokim zapyleniu [1] musi mieć odpowiednią konstrukcję, która zarówno w stanie normalnej pracy jak i w stanach awaryjnych nie będzie przyczyną powstania wybuchu.

Wymaganiem to spełnia iskrobezpieczna budowa aparatury kontrolno-pomiarowej oraz układów i systemów pomiarowych.

Parametrami iskrobezpieczeństwa odniesionymi do obwodów elektrycznych jest **minimalny prąd zapalający  $I_{zm}$**  oraz **minimalne napięcie zapalające  $U_{zm}$** , które charakteryzują wartości, poniżej których iskrzenie lub nagrzewanie nie spowoduje zapalenia mieszaniny wybuchowej w dowolnych stanach pracy.

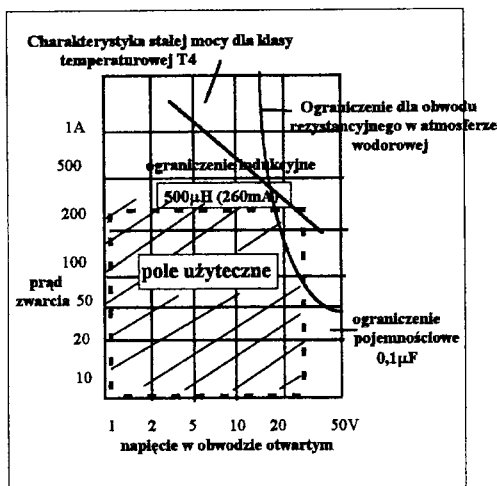
Obwody iskrobezpieczne dzieli się na trzy kategorie:  $i_a$ ,  $i_b$  oraz  $i_c$  [5]

Przynależność do odpowiedniej kategorii jest uzależniona od liczby uszkodzeń w awaryjnych stanach pracy.

**Maksymalna temperatura powierzchni** wszystkich kategorii iskrobezpiecznych badanej aparatury w stanach pracy normalnej i awaryjnej dla elementów konstrukcyjnych obwodów iskrobezpiecznych umieszczonych w przestrzeni zagrożonej wybuchem nie może przekroczyć wartości podanej w normie [6] i zaliczanej do odpowiedniej klasy temperaturowej. Dla większości zastosowań systemów monitoringu dla magazynów zbożowych jest to **klasa T4**, dla której temperatura zapalenia w [°C] jest większa od 135 do 200, a maksymalna temperatura powierzchni elementów i podzespołów aparatury wynosi 135 [°C].

Przyjmuje się jako obwód iskrobezpieczny, obwód elektryczny o parametrach do 30V i

50 mA [4]. Traci tą właściwość obwód, w którym napięcie ma wartość powyżej 50V i prąd powyżej 250 mA lub moc jest większa od 30W z ograniczeniami wynikającymi od charakteru, obwodu - pojemnościowego lub indukcyjnego jak to przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Ograniczenie prądu i napięcia dla obwodu iskrobezpiecznego

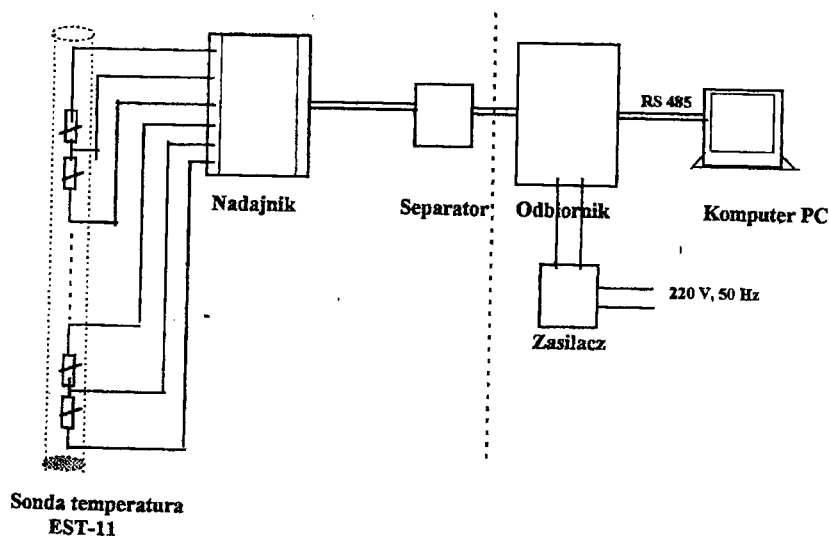
#### 4. SYSTEM MONITORINGU

Do magazynów zbożowych złożonych z baterii silosów, elewatorów i magazynów płaskich zostało opracowanych kilka układów i systemów pomiarowych wdrożonych w wielu obiektach. Początkowo były to systemy o bezpośrednim połączeniu jednostek funkcjonalnych, a obecnie systemy o połączeniu jednostek funkcjonalnych za pomocą magistrali komputerowej jak to przedstawiono na schemacie ideowym systemu monitoringu, na rys.2. Ze względu na silne zapylenie część systemu znajduje się w strefie niebezpiecznej. W tej strefie w komorach elewatora, silosach tam gdzie występuje największe zapylenie zainstalowane są wieloczułnikowe sondy temperatury i inne czujniki: wilgotności, wysokości zasypu itp., przetworniki, koncentratory sygnałów. Konstrukcja tych elementów systemu musi spełniać wymagania aparatury przeciwwybuchowej - iskrobezpiecznej. Wymagania powinny być potwierdzone atestami. W kraju jednostką uprawnioną do wydawania atestów jest Kopalnia Doświadczalna „Barbara” - KDB, Głównego Instytutu Górnictwa. Można stosować aparaturę atestowaną przez inne jednostki zagraniczne, ale atesty muszą być również potwierdzone przez KDB. Procedura ta jest stosowana również w innych krajach europejskich. W Szwecji np. nie dopuszcza się do stosowania zagranicznej aparatury pomiarowej bez odpowiednich badań sprawdzających parametry metrologiczne, bezpieczeństwa pracy itp.

Druga część systemu monitoringu znajduje się już w strefie bezpiecznej, odległej przestrzennie od strefy dużego zapylenia nawet o kilkaset metrów. Znajduje się w niej połączona magistralą komputerową: przetworniki i sprzęt komputerowy. Tu następuje zdalny odczyt poszczególnych parametrów, archiwizacja i przetwarzanie danych, systemy alarmowe przekroczenia zadanych parametrów itp. Pomiary i kontrolę przeprowadza się z kilku tysięcy, a często i więcej, punktów pomiarowych.

## STREFA NIEBEZPIECZNA

## STREFA BEZPIECZNA



Rys.2. Schemat ideowy systemu monitoringu

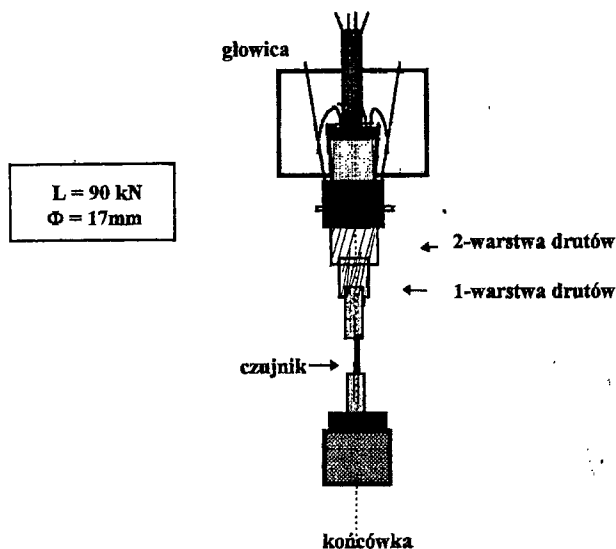
### 1. SONDA POMIARU TEMPERATURY

Na schemacie ideowym, rys.2., zaznaczono jedną tylko sondę wieloczujnikową typu EST-11. W systemach rzeczywistych ta część z sondą i z nadajnikiem oraz odbiornikiem, jest wielokrotnie powielana w zależności od liczby sond. Budowa sondy jest przedstawiona na rys.3. Sonda jest rozbierna i składa się z dwóch części: rdzenia z czujnikami pomiarowymi i okablowania oraz z pancerza zewnętrznego.

Pancerz sondy składa się z dwóch oplotów z drutów stalowych nawiniętych lewo i prawoskrętnie na rurce wysokociśnieniowej z polietylenu. Powłoka zewnętrzna pancerza również wykonana jest z polietylenu ponieważ zapewnia on niską toksyczność pancerza z warstwą otaczającego ziarna. Rdzeń z czujnikami pomiarowymi można wsuwać do zamontowanego już w komorze elevатора pancerza. Podobnie bez demontażu sondy z

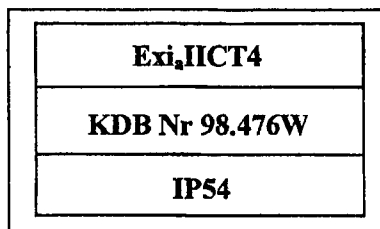
załadowanego zbiornika (komory elevatora, silosu) można kontrolować i ewentualnie wymieniać czujniki temperatury.

Dla sondy najważniejsze są: niska średnica nie przekraczająca 17 mm i wytrzymałość na siłę zrywającą, wzdłuż osi sondy. Ze względu na zjawiska dynamiczne związane z zaczopowaniem zboża i później odblokowaniem wskazane jest, aby siła zrywająca nie była niższa od 80 kN. Założoną wytrzymałość mechaniczną (90kN) udało się otrzymać, stosując w pancerzu dwie warstwy drutu. Zastosowano również drut o podwyższonej wytrzymałości mechanicznej.



Rys.3. Sonda temperatury typu EST-11

Sondę wykonano w technice iskrobezpiecznej. Zarówno głowica jak i końcówka sondy mają stopień obudowy IP 54. Obwód zewnętrzny sondy wraz z nadajnikiem i separatorem muszą mieć niezależne atesty KDB. Dopiero na tej podstawie przystąpiono w KDB do badań atestacyjnych iskrobezpieczeństwa sondy. Badania trwały kilka miesięcy, sonda uzyskała atest w KDB i może być oznaczana:



Badania atestacyjne poprzedzone były badaniami właściwości przeciwybuchowych wyrobu wykonanymi również w KDB. Program badań realizowany był na podstawie kilku procedur obejmujących między innymi pomiar oporu powierzchniowego obudowy (pancerza) sondy, badania zdolności zapłonowej wyładowań elektrostatycznych itp. Określono opór powierzchniowy, opór upływu i potencjał elektrostatyczny. Na tej podstawie stwierdzono, że sonda nie ma właściwości zapalającej w atmosferze wybuchowej spowodowanej zjawiskiem rozładowania pola elektrostatycznego.

## LITERATURA

- [1] Frączek J.: *Aparatura przeciwybuchowa w wykonaniu iskrobezpiecznym*, ŚWT Katowice, 1995,
- [2] Kobosko A.: *Monitoring procesów termicznych w atmosferze wybuchowej obiektów przemysłu zbożowego*, PIAP Warszawa 1997,
- [3] Wolański P.: *Grain dust explosion and control (Final Report Grant, Project) Warsaw 1993*,
- [4] *A user's guide to intrinsic safety MTL - AN 9003*, England 1989,
- [5] PN-84/E-08107 *Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe. Urządzenia i obwody iskrobezpieczne. Wymagania i badania*,
- [6] PN-83/E-08110 *Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe, Wspólne wymagania i badania*,
- [7] PN-84/E-08119 *Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe, Mieszaniny wybuchowe, Klasyfikacja i metody badań*,
- [8] PN-84/C-01200/01 *Zagrożenie pożarem i wybuchem, Parametry zapalności i wybuchowości, Nazwy i określenia*,
- [9] *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 3 listopada 1992r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów*, Dziennik Ustaw Nr 92 z dnia 10 grudnia 1992r.