

074

A

## ZESPÓŁ AUTOMATYKI ELEKTRONICZNEJ

Nazwa ONBIZNB

; Główny wykonawca ..... **dr inż. Andrzej Kobosko**Wykonawcy: ..... **dr inż. Hubert Leśkiewicz**

Opracowanie wymagań na aparaturę kontrolno-pomiarową przeznaczoną do pracy w atmosferze wybuchowej pyłów przemysłu zbożowo - młynarskiego.

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

**KBN - PIAP - praca statutowa**

Zleceniodawca .....

Kierownik Pracowni

  
.....  
dr inż. Andrzej KoboskoZ-ca Dyrektora  
d/s Bad.-Rozwojowych  
.....  
dr inż. Jan Jabłkowski

Kierownik Zespołu

  
.....  
doc.dr inż. J. KorytkowskiPracę zakończono dnia ..... **31.12.1997r.** .....

7509

Nr arch. ....

S1793

Nr zlecenia .....

1

Analiza deskryptorowa

APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA PRZECIWWYBUCHOWA+  
PRZEMYSŁ ZBOŻOWO - MŁYNARSKI

Abstrakt

Przedstawiono wymagania na aparaturę kontrolno pomiarową  
pracującą w atmosferze wybuchowej magazynów zbożowych

Tytuły poprzednich sprawozdań

praca jednoetapowa

Rozdzielnik

Egz. 1. .... OIN

Egz. 2. .... ZAE-1

Egz. 3. .... ZAE-4

**SPIS TREŚCI**

1. WSTĘP.....	str. 3
2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU I ZAGROŻEŃ.....	str. 4
3. WYMAGANIA DOTYCZĄCE ISKROBEZPIECZEŃSTWA W PROJEKTOWANIU UKŁADÓW I SYSTEMÓW MONITORINGU..	str. 8
4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	str. 9
5. LITERATURA.....	str. 10

## 1. WSTĘP

Celem pracy jest opracowanie wymagań na aparaturę kontrolno-pomiarową przeznaczoną do pracy w atmosferze wybuchowej pyłów przemysłu zbożowo-młynarskiego. Aparaturę kontrolno-pomiarową stosuje się do monitoringu wielu parametrów określonych technologią przechowywania ziarna zbóż w magazynach płaskich i elewatorach zbożowych. Systemy monitoringu, do których ograniczona będzie niniejsza analiza, złożone są z bloków komputerowych i czujników pomiarowych. Powinny one zapobiegać nadmiernym wzrostom temperatury składowanego ziarna, jego wilgotności oraz nadmiernym stężeniom CO, CO<sub>2</sub> itp. Parametry te charakteryzują przebieg procesów metabolicznych i od ich intensywności zależą straty ilościowe i jakościowe w magazynowanym ziarnie. Straty w ziarnie powinny być minimalizowane, a ich wartość zależy od ilości i jakości sprzętu technicznego oraz od konstrukcji samego magazynu. Nie można również pominąć udziału bezpośredniego i kwalifikacji obsługi magazynu.

Konstrukcja systemów monitoringu powinna, oprócz zadań merytorycznych, być dostosowana do pracy w atmosferze niebezpiecznej nasyconej pyłem zbożowym. Nie może system, swoim działaniem, zainicjować eksplozji. Cały system albo tylko ważniejsze jego elementy, które pracują w atmosferze o największym stopniu zapylenia, muszą być wykonane w odpowiedniej technice np. w technice iskrobezpiecznej.

Literatura dot. aparatury kontrolno-pomiarowej w magazynach zbożowych zawiera niewiele pozycji z których szczególnego podkreślenia wymagają książki: prof. J. Frączka z Politechniki Śląskiej [1] oraz prof. P. Wolańskiego z Politechniki Warszawskiej [4]. Jest również kilka pozycji publikacji PIAP z których wybrano tylko dwie ostatnio publikowane [2,3]. Zgromadzono również normy PN dot. urządzeń przeciwwybuchowych [1-8] oraz normę dot. wymagań i badań bezpieczeństwa elektrycznych przyrządów pomiarowych [9]. W wykazie publikacji znajdują się również dwa rozporządzenia dot. ochrony przeciwpożarowej budynków [1] i zabezpieczeń przeciwpożarowych obiektów przemysłu zbożowo-młynarskiego.

Podstawą do niniejszego opracowania, oprócz ww. materiałów, były również bezpośrednie konsultacje u prof. J. Frączka na Politechnice Śląskiej oraz w Kopalni Doświadczalnej „Barbara” Głównego Instytutu Górnictwa, która wydaje atesty dopuszczające aparaturę do pracy w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

## 2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU I ZAGROŻEŃ

Atmosfera magazynów zbożowych charakteryzuje się wysokim zapyleniem cząstek składowanego ziarna. Przy dużym zapyleniu i przypadkowej inicjacji temperaturowej może nastąpić eksplozja w magazynie. Statystycznie w ciągu roku występuje jedna eksplozja w Europie. W Stanach Zjednoczonych zarejestrowano dużo więcej wybuchów. W latach od 1957 do 1990 zarejestrowano tam 1085 wybuchów pyłów w elewatorach zbożowych. Zginęło 640 osób. Straty wyniosły ponad 100 mln USD. Liczba wybuchów w elewatorach zbożowych przekroczyła tam 50% ogólnej liczby wszystkich wybuchów przemysłowych.

W Polsce najgroźniejsza eksplozja nastąpiła w 1992r. w elewatorze w Ujazdowie Górnym gdzie wybuch spowodowany był zatarciem łożyska w podajniku kubelkowym i przeniósł się na wieżę elewatora [4]. Było również kilkanaście pożarów w mniejszych obiektach. W lecie 1997r. największa eksplozja wystąpiła we Francji gdzie prawie całkowitemu zniszczeniu uległ duży elewator. Przyczyną było zapalenie pyłów zbożowych od iskry, która się wytworzyła się podczas wyładowania elektrostatycznego. Zagrożenie wybuchowe w elewatorach jest realne, a zdarzające się groźne wybuchy i pożary tych obiektów, wskazują na konieczność opracowania lepszych środków prewencyjnych, a szczególnie aparatury kontrolno-pomiarowej. Aparatura ta nie tylko musi spełniać zasadnicze swoje zadanie informując o aktualnych zagrożeniach, ale swoją pracą w atmosferze magazynu zbożowego, nie może przyczynić się do powstania dodatkowego zagrożenia wybuchowego. Dlatego projektowanie systemów monitoringu, dobór aparatury są zadaniami trudnymi i wyjątkowo odpowiedzialnymi.

Temperatura zapłonu pyłu zbożowego zależy od jego stężenia, które jest groźne gdy stężenie przekroczy  $100\text{g/m}^3$ . W tabelicy 1 przedstawiono wartości temperatury zapłonu pyłów i minimalnej energii zapłonu 4 zbóż, w zależności od minimalnego stężenia pyłów [4].

Tablica 1. Temperatura zapłonu pyłów zbóż

Typ pyłu	Min. energia zapłonu mJ	Min. stężenie $\text{g/m}^3$	Temperatura zapłonu K
pszenica	30	125	753
kukurydza	60	60	673
jęczmień	60	750	693
ryż	290	60	666

Energia eksplozji 1 kg pyłu zbożowego w połączeniu z powietrzem jest od 3 do 5 razy większa niż energia eksplozji 1 kg TNT (trotylu) i zdolność do eksplozji jest około od 20 do 50 razy większa niż np. pyłu węglowego.

Zagrożenie wybuchowe określane przez wybuchowość jest więc duże, a zdarzające się eksplozje powodują nie małe straty materialne. Zdarzają się okaleczenia, a nawet śmiertelne wypadki wśród obsługi. Widać więc, że duża odpowiedzialność spoczywa na wyposażeniu obiektów w odpowiedni sprzęt i sprawnym działaniu zapobiegawczym aparatury pomiarowej.

Aparatura kontrolno-pomiarowa stosowana w elewatorach zbożowych wchodzi w skład Systemów Monitoringu temperatury, wilgotności i innych parametrów. W krajowych elewatorach systemy te są dopiero wprowadzane, dlatego ważne jest zanalizowanie wielu problemów, a zwłaszcza stosowania odpowiedniej aparatury, które są bardzo specyficzne dla tego przemysłu i niewystarczająco jeszcze rozeznane.

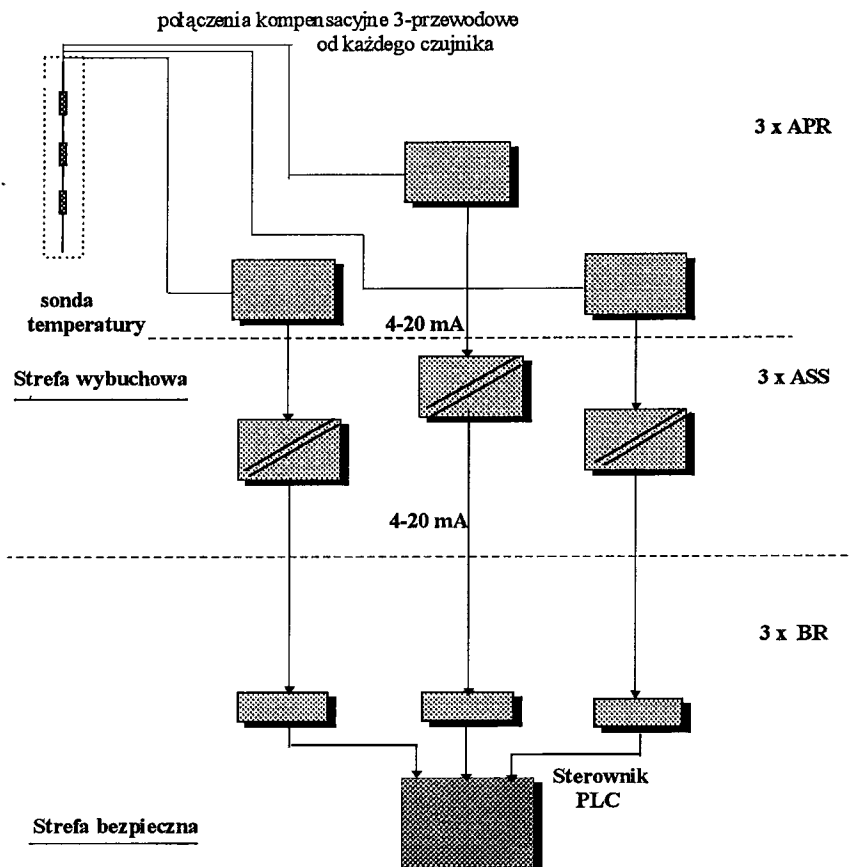
### **3. WYMAGANIA DOTYCZĄCE ISKROBEZPIECZEŃSTWA W PROJEKTOWANIU UKŁADÓW I SYSTEMÓW MONITORINGU**

Układy i Systemy Monitoringu przeznaczone są do pracy w strefach zagrożonych wybuchem. Układy przeznaczone są do baterii silosów i do magazynów płaskich, a Systemy do dużych obiektów - elewatorów zbożowych. Układ podobnie jak System składa się z czujników i urządzeń elektronicznych małej mocy. Gwarancję największego bezpieczeństwa otrzymuje się jeśli wszystkie podzespoły lub elementy (czujniki i sondy) pracujące w strefie zagrożonym wybuchem mają budowę przeciwwybuchową [1,2,3] i iskrobezpieczną potwierdzoną odpowiednimi atestami krajowymi np. Kopalni Doświadczalnej „Barbara” Głównego Instytutu Górnictwa.

W projektowaniu układów pomiarowo-kontrolnych stosowano następujące metody:

- \* metodę barier Zenera dla Układów i małych Systemów Monitoringu,
- \* z zastosowaniem magistralowych systemów i atestowanych sond pomiarowych do Systemów Monitoringu.

Przykład wdrożonego Układu pracującego w kilku obiektach jest przedstawiony na rys. 1 [2]. Układ składa się z bezpośrednio połączonych jednostek funkcjonalnych. W strefie bezpośredniego zagrożenia wybuchowego znajdują się sondy pomiarowe 3-czujnikowe i przetworniki z sygnału rezystancyjnego na standardowy wraz z separatorami stanowiącymi oddzielenie galwaniczne obwodów strefy wybuchowej i bezpiecznej. Po przejściu sygnału przez bariery Zenera BR, wchodzimy w strefę bezpieczną, gdzie można stosować dowolną aparaturę. Bariery stanowią tutaj zaporę dopływu energii do strefy wybuchowej. Ich zastosowanie umożliwia realizację systemu iskrobezpiecznego bez konieczności łącznego atestu na cały układ monitoringu. Atesty wymagane są tylko na bloki typu APR, ASS i sondy pomiarowe oraz na oddzielny zasilacz tych bloków i na bariery ochronne - Zenera.

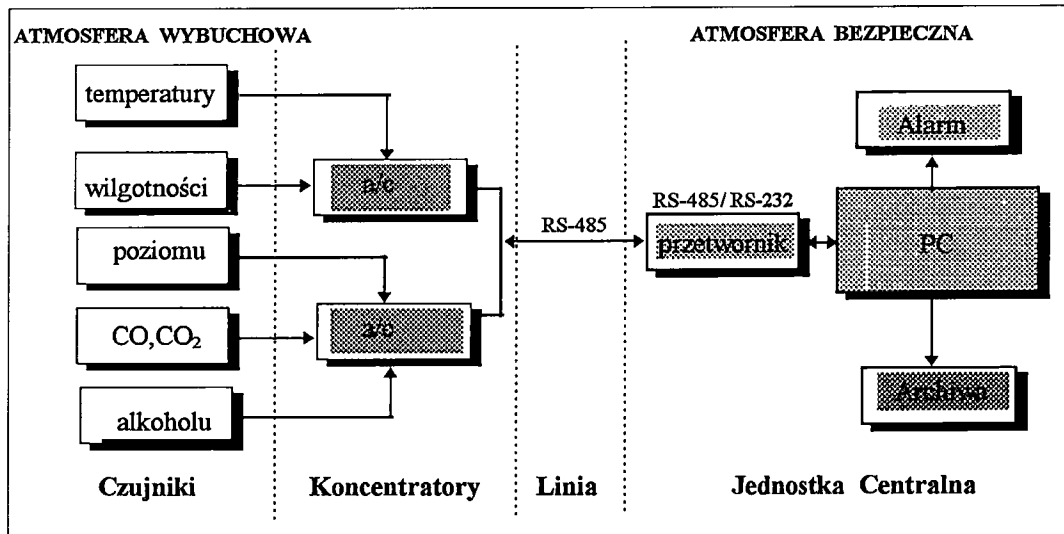


Rys. 1. Schemat ideowy układu monitoringu temperatury o bezpośrednim połączeniu jednostek funkcjonalnych

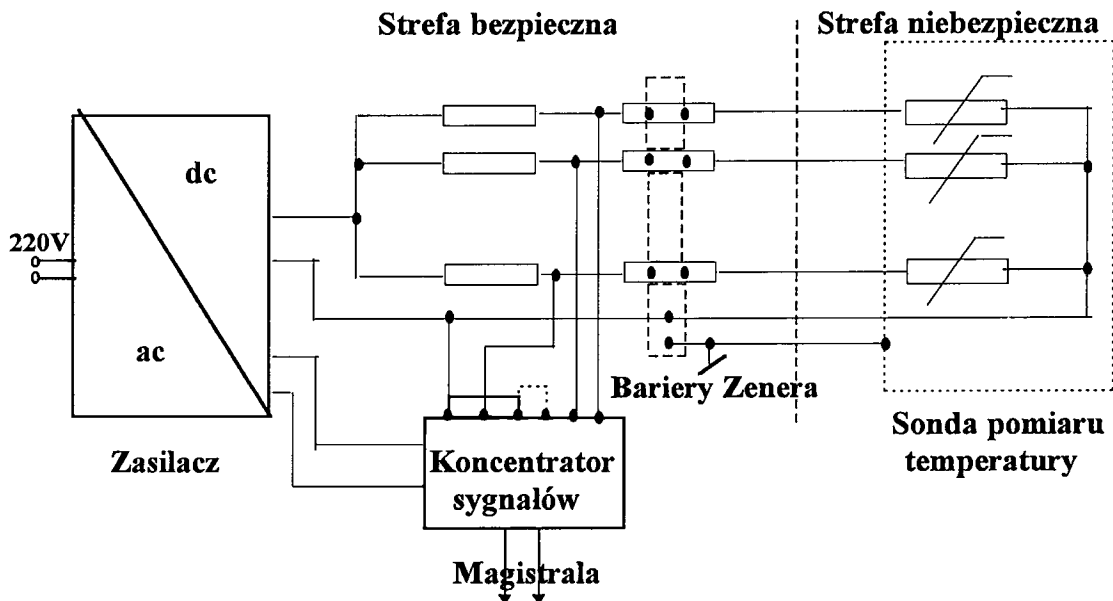
Układ monitoringu został zrealizowany dla baterii silosów przeznaczonych do składowania mączki kakaowej. Każdy z silosów wyposażony jest w elastyczną sondę pomiarową o trzech czujnikach pomiarowych typu Pt 100. Sygnały standardowe są doprowadzane do analogowych kart wejściowych sterownika mikroprocesorowego. Wartości tych sygnałów są wyświetlane na monitorze i wkomponowane w rysunek synoptyczny baterii silosów.

Pomiarowy system magistralowy, który jest przedstawiony na rys 2, złożony jest z czujników pomiarowych, koncentratorów przetworników i zespołu komputerowego. W strefie niebezpiecznej pracują tylko czujniki. Rolę barier ochronnych - Zenera przejęły koncentratory, które wyposażone są w bariery galwaniczne - transoptory, oddzielające optoelektronicznie obwody znajdujące się w strefie zagrożonej wybuchem od strefy bezpiecznej. W systemach, w których koncentratory nie zapewniają iskrobezpieczeństwa można stosować również bariery Zenera jak to przedstawiono na rys. 1.

Sondy pomiarowe, a szczególnie ich głowice powinny być wykonane przeciwwybuchowo. Iskrobezpieczny powinien być również obwód elektryczny zasilający czujniki sond oraz obwód sygnałowy z czujników do koncentratorów. Na obudowie i powierzchni zewnętrznej sond nie powinien występować niebezpieczny ładunek elektrostatyczny. Przesył sygnałów w magistrali do oddalonej jednostki centralnej odbywa się siecią dwu lub czteroprzewodową, która wymaga analizy ze względu na wymagania iskrobezpieczeństwa.



Rys. 2. Schemat blokowy Systemu Monitorowania



Rys.3. Schemat ideowy iskrobezpiecznego System magistralowego z barierami Zenera



Linia jest czwórnikiem o parametrach rozłożonych charakteryzującym się maksymalną dopuszczalną indukcyjnością  $L_{\max}$  oraz maksymalną pojemnością  $C_{\max}$  i rezystancją na jednostkę długości. Wartości te obliczane są zgodnie z IEC 79-11, UL 913 itp. [1,8] i wynikają też z parametrów zastosowanego okablowania. Linia powinna być ekranowana i zabezpieczona mechanicznie. Narażona jest na pracę przy drganiach mechanicznych wywołanych pracą wielu urządzeń technologicznych w magazynie zbożowym oraz wpływ wielu czynników środowiskowych: zmiennych temperatur, dużej wilgotności, silnego zapylenia itp. Ocenę iskrobezpieczeństwa linii przy powyższych założeniach przeprowadza się stosując jedną z trzech znanych metod [1].

Pozostałe elementy Systemu Monitoringu - elementy części centralnej (zespół komputera), ze względu na pracę w strefie bezpiecznej, nie wymagają specjalnej budowy.

Opracowywana ostatnio konstrukcja elastycznej sondy pomiarowej w której wykorzystuje się wielopunktowe pomiary temperatury za pomocą światłowodów musi uwzględniać nowe zagrożenia wybuchowe. Zachodzi potrzeba oceny, czy natężenie promieniowania laserowego w zakresie bliskiej podczerwieni może spowodować zapalenie mieszaniny wybuchowej oraz oceny iskrobezpieczeństwa nowych sond i współpracujących urządzeń. Badania powinny być prowadzone wg. zaleceń OSCA (Optical Sensors Collaborative Association) z Wielkiej Brytanii.

Ponieważ, przyczyną ostatniej eksplozji w elewatorze francuskim, było wyładowanie elektrostatyczne, więc szczególniej uwadze poświęca się dobremu odprowadzaniu ładunku elektrostatycznego z powierzchni zewnętrznej sondy. W tym celu przewiduje się badania rezystancji płaszcza polietylenowego sondy. Powierzchniowy ładunek elektrostatyczny musi być doprowadzony do uziemionej warstwy drutów stalowych sondy. Ważne jest, aby rezystancja płaszcza polietylenowego była jak najmniejsza. Polietylen jest odpowiednio spreparowany z masą przewodzącą. Badania odbiorcze sond będą musiały opierać się na pomiarze rezystancji odcinka, np. 1m długości pancerza. Obecnie nie ma jeszcze obowiązku jej sprawdzenia, ale wymagania dotyczące rezystancji sondy i jej uziemienia, podobnie jak jej atestu iskrobezpieczeństwa muszą być w niedługim okresie ustalone i rozwiązane. Nie jest to zaniedbanie konstruktorów, ponieważ odpowiednie sondy zagraniczne podobnie, nie mają jeszcze odpowiednich atestów.

Problem pojawił się niedawno i dlatego prace w tym zakresie wymagają intensyfikacji. Ten problem był przedmiotem konsultacji w ZD kopalni „Barbara”.

Założenia Systemu Monitoringu związane z wymaganiami przeciwwybuchowości (na podstawie norm: [1-9] są następujące:

kategoria obwodów iskrobezpiecznych -  $i_a$ , Norma [2],

\* praca w strefach zagrożonych wybuchem: Z2, Z10, Z11, Rozporządzenie [1],

\* grupy mieszanin wybuchowych: pył zbożowy (gruby) wg. Tabl. 1[2],

\* parametry zapalności i wybuchowości, Tabl.2,5, str 32 [1],

\* kategorie niebezpieczeństwa wybuchu: wg. Tabl. 2.6, Norma[5],

klasy temperaturowe: T6, Tabl.4,2, str 48 [1], Normy [1,3].

#### 4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- 4.1. W niniejszym opracowaniu przedstawiono warunki środowiskowe, które występują w magazynach przemysłu zbożowo-młynarskiego.  
Podano stężenie pyłów, przy których może nastąpić ich zapłon i eksplozja w magazynie.
- 4.2. Na podstawie rozeznania literaturowego: 4 książek i artykułów, 8 norm i 2 rozporządzeń, a także własnych doświadczeń konstrukcyjnych PIAP sformułowano założenia na systemy i aparaturę kontrolno-pomiarową stosowaną w magazynach zbożowych. Ograniczono się tylko do systemów monitoringu, pomiarów temperatury, wilgotności itp. ze względu na ich dotychczasowe rozeznanie i potrzebę określenia wymagań przeciwwybuchowości na wprowadzaną, obecnie do przemysłu, aparaturę. Przedstawiono rozwiązania systemowe z aparaturą już atestowaną (bariery ochronne, separatory) oraz systemy w których tylko czujniki i sondy pracują w atmosferze eksplozyjnej. Elementy te jeszcze nie mają ale będą musiały uzyskać odpowiednie atesty zgodnie z przedstawionymi założeniami.
- 4.3. Analiza ostatnich eksplozji w magazynach zbożowych doprowadziła do wskazania źródła tych eksplozji, którym okazała się elektryczność statyczna (wybuch we Francji w 1997r.). Po konsultacjach w ZD, GIG, „Kopalnia Barbara” ustalono, że brak jest odpowiednich wymagań krajowych na aparaturę kontrolno-pomiarową w wykonaniu przeciw-wybuchowym i iskrobezpiecznym eliminującym zagrożenia wyładowań elektrostatycznych. Dlatego ZD GIG „Kopalnia Barbara” przewiduje uruchomienia w br. odpowiednich prac, w których chcielibyśmy brać udział, a które powinny zakończyć się sformułowaniem wymagań i badań na aparaturę kontrolno-pomiarową eliminującą źródła powstania wyładowań elektrostatycznych w atmosferze silnego zapylenia magazynów zbożowych.

## 5. LITERATURA

### KSIĄŻKI

1. Frączek J.: Aparatura przeciwwybuchowa w wykonaniu iskrobezpiecznym, ŚWT, 1995,
2. Kobosko A.: Monitoring procesów termicznych w atmosferze wybuchowej obiektów przemysłu zbożowego, PIAP, 1997
3. Kobosko A., Leśkiewicz H.: Opracowanie iskrobezpiecznych sond pomiarowych temperatury systemu monitorowania przeznaczonego dla elewatorów zbożowych, PIAP, Sprawozdanie z pracy S1640, nr arch. 7336, 1996,
4. Wolański P. Grain dust explosion and control , Raport końcowy z grantu No FG-Po-370, Project No.PL-ARS-135, PW, 1993,

### NORMY:

1. PN-83/E-08110 Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe, wspólne wymagania i badania
2. PN-84/E08107 Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe, Urządzenia i obwody iskrobezpieczne, Wymagania i badania,
3. PN-84/E-08119 Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe, Mieszanki wybuchowe, Klasyfikacja i metody badań,
4. PN-83/E-08115 Elektryczne urządzenia przeciwwybuchowe, Urządzenia budowy wzmocnionej, Wymagania i badania,
5. PN-84/C-01200/01 Zagrożenie pożarem i wybuchem, Parametry zapalności i wybuchowości, Nazwy i określenia,
6. PN-88/C-01200/26 Zagrożenie pożarem i wybuchem, Parametry zapalności i wybuchowości, Oznaczenie minimalnej energii zapłonu iskrowego pyłów,
7. PN-88/C-01200/23 Zagrożenie pożarem i wybuchem, Parametry zapalności i wybuchowości, Oznaczanie dolnej granicy wybuchowości mieszaniny włókien z powietrzem,
8. PN-86/E-08120 Elektryczne przyrządy pomiarowe, Wymagania i badania dotyczące bezpieczeństwa.
9. UL 913 (1988) Intrinsically safe apparatus and associated apparatus for use in class I,II and III, Division 1, Hazardous (Classified) Locations,

### ROZPORZĄDZENIA

1. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 3 listopada 1992r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, Dzienniki Ustaw nr 92, z dnia 10 grudnia 1992r.,
2. Zabezpieczenie przeciwpożarowe zakładów przemysłu zbożowo-młynarskiego, Warunki techniczne, SiTIPS, Warszawa 1987r.