

074

A

Zespół Automatyki Elektronicznej

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

dr inż. Andrzej Kobosko

Wykonawcy:

dr inż. Hubert Leśkiewicz

Metody i urządzenia pomiarowe dla przechowalnictwa
zbożowego.

Nr rej. 5 5533 91 02


Sprawozdanie końcowe.

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

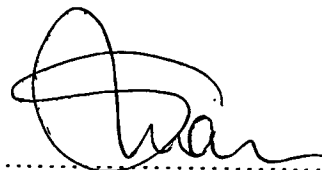
Zleceniodawca

Komitet Badań Naukowych

ul. Wspólna 1/3, 00-529 Warszawa



Kier. Proj. dr inż. A. Kobosko



Dyr doc. dr inż. S. Kaczenowski

Pracę zakończono dnia 30. 06. 1995 r.

Nr arch. 4215

Nr zlecenia 1321 G, 50/95

Analiza deskryptorowa

Sprawozdanie końcowe z prac dot. pomiarów temperatury, wilgotności i wysokości zasypu ziarna w magazynach zboża.

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera opis prac wykonanych wg harmonogramu Projektu Badawczego /Grantu/ i dotyczące analizy metod metod pomiarowych i aparatury przeznaczonej dla przechwalnictwa zbożowego.

Tytuły poprzednich sprawozdań

1. Sprawozdanie roczne z prac w roku 1993.
2. Sprawozdanie roczne z prac w roku 1994.
3. Sprawozdanie końcowe 30. 06. 1995 r.

Rozdzielnik

Egz. 1. Komitet Badań Naukowych

Egz. 2. A. Kobosko - kierownik Projektu

Egz. 3. Archiwum PIAP

S P I S T R E Ś C I

1. Założenia Projektu.....	3
2. Wykaz przedstawionych Raportów i zagadnień merytorycznych opracowanych w poszczególnych latach realizacji Projektu i wykaz realizatorów Projektu.....	3
3. Omówienie ważniejszych wyników Projektu.....	5
4. Propozycja dalszych prac.....	10
5. Wytyczne dot. wdrożenia wybranych metod pomiarowych i kierunki optymalizacji w zakresie aparatury pomiarowej.....	11
6. Wykaz publikacji.....	18

1. ZAŁOŻENIA PROJEKTU.

Zgodnie z założeniami Projektu przewidywano, że wynikiem pracy będzie rozwiązanie następujący zagadnień:

- * Określenie metod pomiarowych wilgotności i wysokości zasypu ziarna zbóż oraz modyfikacja układu pomiarowego temperatury dla magazynów zbożowych.
- * Rozwiązanie modelowe instalacji pilotowej oraz badania na obiekcie.
- * Wytyczne dot. wdrożenia wybranych metod pomiarowych.

2. WYKAZ PRZEDSTAWIONYCH RAPORTÓW I ZAGADNIENI MERYTORY - CZNYCH OPRACOWANYCH W POSZCZEGÓLNYCH LATACH REALIZACJI PROJEKTU ORAZ WYKAZ REALIZATORÓW.

Czas trwania Projektu: 36 miesięcy, od 1.07.92 do
30.06.95

Do KBN przesłano następujące Raporty:

Raport nr 1. za okres:	od	1.07.92	do	31.12.92
Raport nr 2. za okres:	od	1.01.93	do	31.12.93
Raport nr 3. za okres:	od	2.01.94	do	31.12.94
Raport nr 4. za okres:	od	1.01.95	do	30.06.95
Raport końcowy	z dnia	30.06.95		

Zagadnienia merytoryczne opracowane w poszczególnych latach i wyszczególnione w Raportach:

- 1992r.:** Badania temperaturowych czujników scalonych i zabudowa w modelu sond pomiarowych (sonda jedno-modułowa i sonda trójmodułowa).
- 1993r.:** Opracowanie modelu sond temperaturowych. Opracowanie modelu trójkanałowego regulatora temperatury. Metody pomiaru wilgotności ziarna zbóż, wykonanie modelu miernika wilgotności ziarna.
- 1994r.:** Opracowanie metody pomiarowej do bezstykowego pomiaru wysokości zasypu ziarna.
- 1995r.:** Zabudowa czujników scalonych w elastyczne sondy pomiarowe o wysokiej wytrzymałości mechanicznej i badania instalacji pilotowej na obiekcie.

Wyniki poszczególnych zadań przedstawione są w Sprawozdaniach Rocznych i znajdują się u Kierownika Projektu Badawczego i w archiwum PIAP.

Wykaz realizatorów Projektu :

1. Mirosław Jasiński
2. Janusz Jórczak
3. Wojciech Górniak
4. Andrzej Kobosko
5. Wojciech Kuracki
6. Jadwiga Kobuszevska
7. Hubert Leśkiewicz
8. Bogdan Lonty
9. Tomasz Koźbiał

3. OMÓWIENIE WAŻNIEJSZYCH WYNIKÓW PROJEKTU.

W pierwszym okresie prac przebadano kilka typów czujników termoelektrycznych o małych gabarytach i niskich stałych czasowych. Wybór przeprowadzono z myślą o zabudowie w sondach pomiarowych przeznaczonych do magazynów zbożowych. Były to, w pierwszej kolejności, miniaturowe czujniki platynowe Pt 100, których produkcja w kraju została właśnie uruchomiona. Do czujników zostały opracowane przetworniki zmieniające sygnał rezystancyjny zależny od temperatury na prądowy sygnał standardowy 4 mA - 20 mA. Sygnał ten może być wykorzystany do zdalnego odczytu temperatury, z odległości nawet kilkuset metrów.

Przebadano również czujniki scalone produkcji amerykańskiej, najnowszej generacji. Mają one doskonałą charakterystykę i liniową zależność prądowego sygnału wyjściowego od temperatury. Nie ma więc konieczności stosowania układów przetwornikowych. Prognozuje się szybkie zastępowanie dotychczasowych czujników przez te czujniki scalone w zakresie temperatur od -20 do + 80°C, czyli w temperaturze, która może wystąpić w przechowywaniu zbożowym.

Wykonano modele 2-ch sond pomiarowych przenośnych o długości 1,5 m i 4,5 m. Sonda krótsza wyposażona tylko w jeden czujnik pomiarowy ma zintegrowany z nią cyfrowy panel odczytowy wartości temperatury umożliwiający odczyt temperatury ustalonej po kilkadziesiąt sekundach. Przeznaczona jest do magazynów płaskich. Sonda dłuższa, trójmodułowa, składana może być stosowana w silosach stalowych, aluminiowych itp. i przeznaczona jest do zdalnego odczytu. Nie ma własnego wskaźnika, ale tylko głowicę, w której umieszczono 3 przetworniki prądowe współpracujące z czujnikami platynowymi wewnątrz sondy. Sygnał prądowy może być doprowadzony do paneli odczytowych a także regulacyjnych jeśli wprowadzona jest aktywna wentylacja silosa. Oba typy sond mogą być produkowane w PIAP i w tym celu prowadzona jest ich akwizycja między innymi na tegorocznych Targach Poznańskich, sympozjach pracowników PZZ itp. Sondy takie produkowane są w krajach skandynawskich, a koszt ich zakupu znacznie przekraczał przewidywane wcześniej obciążenia finansowe projektu i dlatego zdecydowano się opracować odpowiednie modele.

Za pomocą sond wyznaczono pola temperaturowe w przymie zboża podczas badań instalacji pilotowej.

Przeprowadzono również badania sond elastycznych przeznaczonych do zawieszenia w komorach elewatorów. Mają one długość do 40 m i do ośmiu czujników temperatury w jednej sondzie w zależności od konstrukcji komory. Rozmieszczenie czujników w sondzie ujęte jest przepisami normy ISO dot. pomiarów w warstwie zbóż. Zaproponowano nowe rozwiązanie sondy o bardzo wysokiej wytrzymałości mechanicznej na zrywanie, sięgającej 90 kN. Sonda taka została wykonana na podstawie naszej dokumentacji szkicowej w Zakładach Kablowych w Ożarowie Maz. Dotychczas brak było w kraju sond o takiej wytrzymałości. Wcześniejsza nasza konstrukcja sondy sprzed kilkunastu lat miała wytrzymałość 3 razy mniejszą. Było to zgodne z ówczesnymi przepisami i sondy tego typu zastosowano w ok 20 elewatorach krajowych.

Konieczność nowego opracowania wynikała ze zdarzających się przypadków zrywania sond zwłaszcza w komorach z bocznym zasypem, a także wprowadzeniem normalizacji ISO, zgodnie z którą wytrzymałość sondy nie powinna być niższa od 50 kN. Analizowano również, na podstawie publikacji kanadyjskich, problemy związane z pomiarami za pomocą sond elastycznych. Były to metody rozmieszczenia sond w komorze w celu wykrycia niebezpiecznego pola temperaturowego oraz oddziaływanie mechaniczne; dynamiczne i statyczne działające na sondy podczas załadunku i rozładunku ziarna.

Sondy elastyczne są elementami systemów komputerowych do zdalnego pomiaru, wizualizacji pomiarów i dalszych przeliczeń, umożliwiających określenie przyrostów temperatury w różnych przedziałach czasowych. Pierwsze krajowe systemy "Teleterm MC" były wykonane z bloków Prowey opracowanych w PIAP w latach siedemdziesiątych. Obecnie dostępne są już w kraju moduły do systemów krajowych kilku światowych firm. Wypróbowano dwa systemy komputerowe:

- * niemieckiej firmy Heiland oraz
- * amerykańskiej firmy Advantech

Próba ich przydatności polegała na opracowaniu z bloków funkcjonalnych tych firm systemu komputerowego o odpowiedniej konfiguracji. Dla systemu Heiland program komputerowy został opracowany w PIAP, a w celu zastosowania systemu Advantech kupiono dostosowany specjalnie do niego program uniwersalny "Genie" pracujący w środowisku Windows. Program ten okazał się bardzo łatwy w projektowaniu systemu z przejrzystą wizualizacją wyników.

Wartość temperatury podawana jest w postaci cyfrowej i analogowej dla poszczególnych punktów pomiarowych sond i na tle rysunku komory z zaznaczeniem miejsc pomiarowych. Oprócz temperatury jeden kanał wydzielony dla jednej komory przeznaczony jest do pomiaru wilgotności ziarna dostarczanego do komory, a drugi do określenia wysokości zasypu. Bardzo istotne z punktu widzenia montażu są połączenia kablowe między sondami a innymi urządzeniami. W tym systemie połączenia prowadzone są szeregowo za pomocą kabla tylko dwuprzewodowego, co znakomicie ułatwia serwis. Na początku czerwca br. układ pilotowy typu Adam z blokamifirmy Advantech został zainstalowany w elewatorze PZZ Szymanów, gdzie prowadzone są badania jego przydatności dla użytkownika. Sprawdzane będzie również jego oddziaływanie mechaniczne działające na sondy przy różnych punktach ich zamocowania w komorze elewatora.

Pomiary wysokości zasypu ziarna przeprowadzono w komorach elewatora za pomocą metod bezstykowych: aparaturą ultradźwiękową i radarową, którą do badań wypożyczyły firmy zachodnie (niemiecko-węgierskie). Zakres stosowania tych metod jest ograniczony ze względu na silne zapylenie, szczególnie odczuwane podczas zasypu ziarna. Powoduje to konieczność wprowadzenia zwłoki czasowej między przerwaniem zasypu a pomiarem do czasu obniżenia stężenia pyłu, zwykle od 2 do 5 min. Wyniki badań były bardzo dobre. Pomiary do wysokości 36 m prowadzone były z dokładnością do 1 cm, co może być wystarczające nie tylko do samych pomiarów, ale i do rozliczeń finansowych. Uruchomienie produkcji odpowiedników krajowych tej aparatury wymaga jednak dużego doświadczenia w konstrukcji głowic ultradźwiękowych przeznaczonych do pomieszczeń zagrożonych wybuchem. Ze względu na aktualnie niewielkie zapotrzebowanie aparaturę należy importować z firm bardziej doświadczonych. PIAP przeprowadził już akcję akwizycyjną na urządzenia ultradźwiękowe firm zachodnich, ale zainteresowanie ze względu na ich cenę nie jest wysokie. W tej sytuacji w opracowanych przez nas systemach komputerowych kontroli do elewatorów zdecydowano zarezerwować jeden z kanałów pomiarowych do podłączenia odpowiedniej aparatury pomiaru wysokości. System komputerowy będzie mógł podawać oprócz bezpośrednich wartości wysokości zasypu ziarna, wartość przetworzoną, czyli masę ziarna składowaną w wybranym silosie, elewatorze itp.

Badania aparatury ultradźwiękowej prowadzono w laboratoriach PIAP oraz na obiekcie doświadczalnym w komorze elewatora zbożowego, a wyniki były konsultowane z

Centralnym Laboratorium Technologii Przetwórstwa i Przechowalnictwa Zbożowego.

Pomiary wilgotności przeprowadzono metodą tradycyjną (suszarkową) i porównywano ją ze wskazaniami różnych przyrządów działających na zasadzie elektrycznej. Aparatura pomiarowa do badań wypożyczona została od kilku instytucji. W ramach niniejszego projektu opracowano również własny przenośny przyrząd do pomiaru wilgotności ziarna. Zasada pomiaru opiera się na wyznaczeniu wartości pojemności elektrycznej, która jest zależna od wilgotności. PIAP ma możliwości produkcji tego przyrządu po przeprowadzeniu prac akwizycyjnych. Badane były też przyrządy do pomiarów laboratoryjnych próbek ziarna, pobranych ręcznie lub automatycznie oraz przyrządy do pomiarów ciągłych wilgotności ziarna przemieszczanego w rurociągu lub taśmociągu. Według opinii Centralnego Laboratorium oraz użytkowników magazynów zbożowych istnieje pilne zapotrzebowanie na aparaturę do pomiarów ciągłych.

Po wykonaniu badań aparatury zagranicznej oraz po doświadczeniach związanych z konstrukcją opracowanego w projekcie przenośnego modelu, zdecydowano przystąpić do opracowania modelu do pomiarów ciągłych wilgotności zboża. Obecnie przygotowywane jest wystąpienie do KBM w celu zaproponowania realizacji Projektu Celowego wspólnie z ustalonym już producentem. Przewiduje się, że w niedalekiej przyszłości w systemie komputerowym kontroli do magazynów zbożowych, oprócz pomiarów temperatury i wysokości zasypu ziarna, powinien być również prowadzony ciągły pomiar wilgotności. Dlatego w nowoopracowanym systemie pilotowym, badanym aktualnie w elewatorze, został już przewidziany kanał pomiarowy do kontroli wraz z synoptyką i cyfrowymi wskazaniami wartości wilgotności.

Z przeprowadzonej analizy ekonomicznej wynika, że ciągły pomiar wilgotności pozwoli na składowanie ziarna o większej wilgotności np. o 1% niż to obecnie jest dopuszczone w magazynach bez tej kontroli. Oszczędności mogą być znaczące w zużyciu energii elektrycznej, paliw wynikające z intensywności procesu suszenia i wartości granicznych temperatury i wilgotności.

Reasumując, w ramach niniejszego Projektu wykonano następujące ważniejsze prace:

- * Przeprowadzono analizę metod pomiarowych temperatury, wilgotności i wysokości zasypu ziarna zbóż.
- * Przebadano przyrządy pomiarowe tych trzech wielkości różnych firm: niemieckich, francuskich, skandynawskich.
- * Opracowano i przebadano modele 2-ch przenośnych sond do pomiaru temperatury i 3 modele sond elastycznych oraz przenośny miernik do pomiaru wilgotności.
- * Przebadano na obiekcie komputerowy system pilotowy przeznaczony do kontroli tych trzech wielkości. System ten złożony jest z nowoczesnych bloków /modułów/ opracowanych w USA zaledwie kilka lat temu, które pierwszy raz w kraju zostały zastosowane do tej aplikacji.
- * Opracowano tablice zestawieniowe aparatury pomiarowej przeznaczonej do magazynów zbożowych oraz określono jej podstawowe parametry. Wyniki znajdują się w kilku publikacjach.
- * Wyniki pracy były przedstawione w 5 publikacjach, w tym: w 3-ch krajowych i 2-ch zagranicznych IMEKO /International Measurement Confederation/ oraz referowane na sympozjach w 2-ch uczelniach krajowych.
- * Zapoczątkowano 3 prace, które będą kontynuowane w ramach oddzielnych tematów i z innych źródeł finansowania: wilgotnościomierz do pomiarów ciągłych i przenośne sondy temperatury oraz komputerowy system do zdalnych pomiarów.

4. P R O P O Z Y C J E D A L S Z Y C H P R A C D O T Y C Z A C Y C H A P A R A T U R Y W P R Z E C H O W A L N I C T W I E Z B O Ż O W Y M.

Dalsze prace z tej dziedziny powinny się koncentrować nad poznaniem mechanizmów zewnętrznych oddziaływań na elastyczne sondy pomiarowe oraz poprawę ich stałych czasowych. Skrócenie inercji własnej sondy jest potrzebne ze względu na możliwość użycia sond w elewatorach z aktywną wentylacją, które będą w przyszłości budowane.

Ostatnio pojawiło się kilka interesujących publikacji amerykańskich i kanadyjskich analizujących zjawiska oddziaływania składowanego ziarna na różnego typu sondy pomiarowe. Wskazane byłoby podjęcie odpowiednich prac krajowych, ponieważ konstrukcja samych magazynów, od której zjawiska te również zależą, różni się od magazynów amerykańskich i w związku z tym mogą występować duże różnice w adoptowaniu badań amerykańskich do naszych magazynów.

Rozwój nowoczesnych metod badań bezstykowych w podcierwieni oraz upowszechnienie techniki światłowodowej może przyczynić się do powstania innej metodyki badań temperaturowych, lepiej penetrujących składowane ziarno. Można przypuszczać, że uda się stworzyć metodykę z użyciem większej liczby sond o mniejszej średnicy.

Dalsze zagadnienia, które w tym projekcie nie były rozważane, a które sięgają źródeł problemów przechowalniczych powodujących zmiany temperatury i wilgotności ziarna, to intensywność przemiany metabolicznej w ziarnie. Intensywność tę można określić za pomocą pomiarów zawartości CO i CO₂ nad warstwą przyzmy. Dotychczasowa aparatura była zbyt kosztowna, co hamowało jej rozpowszechnienie.

Obecnie rozpowszechniło się użycie czujników półprzewodnikowych znacznie tańszych, których zastosowanie w odpowiednich przyrządach powinno ułatwić kontrolę procesów przechowalniczych. Można więc np. przebadać kilka typów czujników Taguchi Gas Sensor -TGS produkcji japońskiej w celu ustalenia wartości parametrów procesów metabolicznych.

5. WYTYCZNE DOTYCZĄCE WYBRANYCH METOD POMIAROWYCH I KIERUNKI OPTYMALIZACJI APARATURY POMIAROWEJ.

W niniejszym Projekcie przeprowadzono analizę metod pomiarowych i przebadano aparaturę kontrolno-pomiarową dla przechowania zbożowego spełniające następujące zadania:

- * pomiar temperatury
- * pomiar wysokości zasypu ziarna w komorach elewatora
- * pomiar wilgotności ziarna

Pomiary temperatury w magazynach płaskich, w których wysokość przyzmy ziarna nie przekracza 6 m, przeprowadza się za pomocą wbijanych w zboże sond przenośnych z bezpośrednim lub zdalnym odczytem. Odczyt zdalny wymaga podłączenia sondy siecią kablową do magistrali przesyłowej, najczęściej komputerowej, a następnie do jednostki centralnej: miernika wielokanałowego itp. W warunkach magazynowych, prowadzenie odpowiedniej instalacji elektrycznej dla sond, których miejsce pomiarowe może ulegać częstym zmianom, jest bardzo uciążliwe. W przyszłości, głowice dotychczasowych sond powinny być wyposażone w układy do bezprzewodowego przekazywania sygnałów pomiarowych np. za pomocą ultradźwięków na małe odległości lub fal radiowych - na większe.

W systemach pomiarowych dla elewatorów zbożowych przeznaczonych do zdalnego pomiaru, wizualizacji, przetwarzania danych, archiwizacji itp. stosowane są termometryczne sondy elastyczne specjalnej konstrukcji. W zależności od budowy komory elewatora dobiera się ich ilość od 1 - 3, wytrzymałość mechaniczną oraz liczbę czujników pomiarowych. W Ameryce produkowanych jest co najmniej 6 typów sond, na kontynencie europejskim - 3 typy. W kraju natomiast, stosowany był dotychczas jeden typ sondy o wysokiej wytrzymałości mechanicznej (30 kN) i średnicy 17 [mm]. W ramach prac objętych niniejszym Projektem opracowano kolejne dwa typy sond elastycznych o tej samej średnicy 17 [mm] i wytrzymałości mechanicznej 90 kN, i o średnicy mniejszej 12 [mm] i wytrzymałości 30 kN odpowiadającej pierwszej, rozpowszechnionej już sondzie. Optymalizacja sond pomiarowych polega na uzyskaniu możliwie dużej wytrzymałości mechanicznej dla jak najmniejszej średnicy. Im jest mniejsza średnica tym oddziaływanie zboża na powierzchnię boczną sondy jest mniejsze.

Oddziaływanie to ma charakter tarcia między ziarnem a powierzchnią zewnętrzną sondy i w stanach statycznych jest ono niewielkie, nie przekracza 10 kN - dla sond o średnicy 17 [mm] i długości 36 [m]. Znacznie większe są siły w stanach dynamicznych podczas rozładunku lub załadunku komory. Tapnięcie zboża może spowodować wielokrotne (8-krotne) przekroczenie wartości statycznych. Zainstalowanie sond w istniejących elewatorach starszej konstrukcji, wymagało znacznego wzmocnienia stropów nad komorami szczególnie w miejscach zamocowania głowicy sond. Dlatego minimalizacja średnicy sondy prowadząca do zmniejszenia oddziaływań mechanicznych na sondę i kolejno sondy na strop jest tak istotna, ponieważ wpływa na koszt całej instalacji włączając wzmocnienia stropów.

Kolejnym problemem jest okablowanie systemów komputerowych. Dotychczasowe instalacje były wielokablowe, co powodowało konieczność prowadzenia wielokilometrowych przewodów wielożyłowych w budynkach o wielu kondygnacjach elewatorów. Duża liczba różnego rodzaju sprzętu technologicznego z napędem elektrycznym była przyczyną emitowania zakłóceń łączeniowych negatywnie oddziałujących na komputerowe systemy pomiarowe. Zdarzały się np. przypadkowe przekłamania wartości pomiarowych podczas załączania urządzeń. Były również awarie przerwań kabli przez urządzenia transportowe lub nawet gryzonie. Dlatego sprawa ilości i jakości kabli ma duże znaczenie dla prawidłowej eksploatacji.

Optymalizacja instalacji polega na znacznym zredukowaniu liczby przewodów i kabli. Nowoczesne bloki komputerowe służące do zbierania (akwizycji) sygnałów pomiarowych i zastosowane już w systemie pilotowym znakomicie tę sprawę rozwiązują, ponieważ umożliwiają przesyłanie wszystkich sygnałów kablem tylko dwuprzewodowym. Sygnały z bloków (modułów) przyporządkowane odpowiednim głowicom sond pomiarowych, przesyłane są do pomieszczenia z komputerem magistralą RS 485, a przy komputerze jest zainstalowany przetwornik RS 485/232 umożliwiający wprowadzenie sygnałów na wejście szeregowo komputera typu PC.

Zaletą bloków współpracujących z komputerem jest programowana na komputerze kalibracja czujników pomiarowych umieszczonych w sondach pomiarowych oraz np. zmiana konfiguracji systemu pomiarowego. Nie jest potrzebna, żadna inna ręczna kalibracja, która w warunkach elewatora była szczególnie uciążliwa.

Aparatura pomiarowa, a szczególnie sondy i moduły zbierania sygnałów, pracuje w atmosferze wybuchowej. Musi mieć specjalną konstrukcję przewidzianą do pracy w tej atmosferze i atestowaną przez odpowiednie instytucje - w Polsce przez Kopalnię Doświadczalną - Barbara.

W tym celu elementy systemów pomiarowych pracujących w strefie wybuchowej jaka występuje w elewatorach, zostały wyposażone w atestowane bariery ochronne co jest istotną nowością w porównaniu z dotychczasowymi systemami pomiarowymi zarówno krajowymi jak i zagranicznymi montowanymi w elewatorach.

Metodyka rozmieszczenia sond pomiarowych w komorze elewatora, analizowana w różnych publikacjach nie była rozpatrywana w niniejszym Projekcie. Autorzy uważali, że w nowej edycji normy międzynarodowej dotyczącej pomiarów temperatury w ziarnie zbóż, została ona wyraźnie sprecyzowana i powinna być uwzględniana przez projektantów systemów pomiarowych.

W systemie pomiarowym który, jest jeszcze badany na obiekcie zostały uproszczone znacznie czynności związane z instalacją, obsługą i kalibracją, serwisem itp, a także zostały spełnione wymagania iskrobezpieczeństwa, dopuszczające do pracy urządzenia w strefie wybuchowej.

Pomiary wysokości zasypu ziarna w komorach elewatora prowadzone są najczęściej ręcznie za pomocą wpuszczonej do komory obciążonej miarki. Wartości maksymalnego załadowania są tylko sygnalizowane przez różnego typu czujniki elektryczne. Do pomiarów ciągłych, pojawiły się urządzenia działające na zasadzie opuszczanego ciężarka przez serwomechanizm i obliczenia odległości głowicy od ciężarka. Zasada pomiaru jest prosta, ale obarczona szeregiem błędów wynikających z kształtu warstwy ziarna, zagłębienia ciężarka w ziarnie, dużej zawodności związanej z pracą w atmosferze silnego zapylenia itp. Bardziej perspektywiczne są pomiary bezstykowe za pomocą wiązki ultradźwiękowej lub radarowej. Przeprowadzone badania wzorców zagranicznych potwierdziły przydatność aparatury ultradźwiękowej do pomiaru wysokości. Dokładność była na tyle wysoka, że pomiary mogą być wystarczające do określenia masy ziarna w komorze i dalej służyć do rozliczeń finansowych.

Trudno określić tu kierunki optymalizacji. Można jedynie stwierdzić, że zakres pomiarowy dostarczonej do badań aparatury (60 m) był większy niż potrzebny dla naszych elewatorów (40 m).

Zmniejszenie zakresu pomiarowego, a więc wymiarów głowicy urządzenia, ułatwi jej montaż w komorze elewatora.

Duża różnorodność sygnałów wyjściowych analogowych i cyfrowych z przyrządów pomiarowych do określenia wysokości zasypu, powoduje trudności z dopasowaniem do współpracy z nowoczesnymi systemami komputerowymi do zdalnych pomiarów. Należy więc przyjąć za standard, że będą stosowane te przyrządy które mają wyjście na magistralę RS 485/232 lub sygnał stałoprądowy 0/4 - 20 mA.

Oddzielnym zagadnieniem jest napięcie zasilania. Przepisy krajowe w strefie zagrożenia jaka panuje nad komorami i w ich wnętrzu, dopuszczają tylko napięcie zasilania 24V ac, dlatego muszą być w układach elektronicznych wprowadzone atestowane odpowiednie separatory, bariery ochronne itp . Aparatura zagraniczna często nie ma odpowiednich zabezpieczeń, ponieważ zakłada się, że powinien je wprowadzić projektant systemów komputerowych o czym nie zawsze wiedzą odpowiedni specjaliści i wynikają później z tego określone problemy.

Trzecim bardzo ważnym parametrem w przechowywalnictwie zbożowym jest zawartość wody w ziarnie. Wilgotność zboża wpływa w decydującym stopniu na zachowanie się ziarna podczas jego przechowywania oraz w czasie jego przerobu, co w efekcie decyduje o jakości otrzymanych przetworów.

Im zboże jest wilgotniejsze, tym większe są ubytki jego substancji podczas przechowywania. Ponadto wilgotne zboże jest narażone na procesy fermentacji i kiełkowania. Dlatego bardzo istotne jest właściwe oznaczenie wilgotności ziarna przyjmowanego do magazynu.

Wilgotność ziarna zbożowego jest definiowana konwencjonalnie jako ubytek masy ziarna wyrażony w procentach, podczas suszenia w określonych warunkach doświadczalnych aż do osiągnięcia stałej masy.

Zasadniczo istnieją dwa rodzaje metod pomiaru wilgotności ziarna zbożowego i nasion oleistych:

- metody referencyjne,
- metody pośrednie i bezpośrednie.

Wilgotnościomierze są sprawdzane przez porównanie wyników otrzymanych metodami bezpośrednimi lub pośrednimi z pomiarami wykonanymi metodami referencyjnymi - robionymi dla ziarna z tej samej partii dostawy. Metody są różne dla zbóż słomkowych i dla kukurydzy.

Metody referencyjne

Istnieją dwa rodzaje metod referencyjnych i obie bazują na zastosowaniu suszarki z wolnym suszeniem. Zasada metod referencyjnych polega na ważeniu próbki ziarna przed i po suszeniu w znormalizowanych warunkach, określając w ten sposób (zgodnie z definicją wilgotności) ubytek masy wody lub wody i substancji lotnych - w przypadku nasion oleistych.

Metodę referencyjną podstawową definiuje PN-93/A-74012 (eqv. ISO 711 : 1985).

Metoda referencyjna praktyczna lub rutynowa jest zdefiniowana dla różnych gatunków ziarna przez różne normy:

- dla zbóż, poza kukurydzą wg PN-91/A-74010 (eqv. ISO 712 : 1985),
- dla kukurydzy wg PN-ISO 6540 : 1994,
- dla nasion oleistych wg ISO 665 : 1977.

Normy powyższe określają: warunki rozdrobnienia, ewentualne wstępne suszenie, temperaturę i czas suszenia.

Zasadniczo pomiar wilgotności ziarna może być oparty na dowolnej metodzie fizycznej lub fizykochemicznej, która pozwala określić bezpośrednio lub pośrednio zawartość wody w ziarnie z określoną dokładnością.

Według PN-87/A-74004 mierniki wilgotności ziarna należą do jednej z klas: - klasy I lub klasy II, dla których wartości maksymalnego dopuszczalnego błędu są następujące:

KLASA I: Dla ziarna zbóż oprócz kukurydzy maksymalny dopuszczalny błąd wynosi 0,7 jeśli zawartość wody w ziarnie jest mniejsza niż 10% oraz 0,4 plus 3% wartości oznaczonej wilgotności, jeśli zawartość wody w ziarnie jest większa niż 10% masy.

KLASA II: Dla ziarna zbóż oprócz kukurydzy, dopuszczalny błąd maksymalny wynosi 0,8 jeśli zawartość wody w ziarnie jest mniejsza niż 10% oraz 0,4 plus 4% wartości oznaczonej wilgotności, jeśli zawartość wody jest większa niż 10% masy.

Według PN-90/A-74009 zależnie od podanych klas i przeznaczenia rozróżnia się wilgotnościomierze:

- a) laboratoryjne o dokładności klasy I,
- b) techniczne o dokładności klasy II i niższej.

Wszystkie dostępne na polskim rynku mierniki wilgotności ziarna zbóż działają na zasadzie pomiaru pojemności elektrycznej specjalnej komory pomiarowej - wypełnionej badanym ziarnem. Pojemność ta jest funkcją stałej dielektrycznej ziarna, a dla danego gatunku ziarna funkcją zawartości wody w ziarnie.

Napięciowy sygnał pomiaru pojemności w najprostszych wilgotnościomierzach podawany jest bezpośrednio na wskaźnik analogowy lub cyfrowy. Wilgotność ziarna wówczas odczytuje się z tabel konwersji i tabel korekcyjnych - według wartości sygnału na wskaźniku.

W niektórych miernikach wilgotności ziarna, napięciowy sygnał pomiaru pojemności jest przetwarzany na częstotliwość. Impulsy standaryzowane w przetworniku U/f, dalej przez nadajnik linii są przekazywane do sterownika mikroprocesorowego, gdzie następuje obróbka sygnału, której wynikiem jest wyświetlana procentowa wilgotność badanego ziarna.

Nowoczesne mierniki wilgotności prowadzą jednocześnie pomiar: pojemności elektrycznej, masy właściwej badanej próbki, temperatury próbki oraz temperatury otoczenia. Wewnątrz mają wbudowany mikrokomputer do przeliczania wszystkich parametrów dla wielu gatunków ziarna. Na wyjściu mają wbudowany interfejs najczęściej szeregowy, umożliwiający połączenie wilgotnościomierza z drukarką, komputerem itp. Dodatkowo mogą mieć kartę modemu wewnętrzną lub zewnętrzną. Wilgotnościomierze te mogą być dołączone do sieci i wówczas pomiar, wzorcowanie i diagnostyka przyrządu mogą być przeprowadzane na odległość. Takie możliwości mają zreguły wszystkie stacjonarne wilgotnościomierze do ciągłego pomiaru wilgotności ziarna.

Aktualnie na Politechnice Wrocławskiej w ramach grantu z KBN jest opracowywany mikrofalowy miernik wilgotności materiałów sypkich, którego zasada działania jest oparta na bardzo dokładnej metodzie suszarkowej. W przyrządzie tym wykorzystuje się mikrofalowe nagrzewanie (suszenie) ziarna z jednoczesnym ciągłym ważeniem suszonego medium lub ważeniem tylko przed i po suszeniu. Według autorów czas suszenia wynosi ok. 180 s, a spodziewają się skrócić ten czas do 30 s. Wilgotność medium wyrażona w procentach jest obliczana wg wzoru:

$$(m_0 - m_1) \frac{100}{m_0}$$

gdzie: m_0 - masa pobranej próbki,

m_1 - masa próbki po wysuszeniu.

Podana metoda grawimetryczna jest bardzo dokładna i praktycznie nie zależy od rodzaju medium. Wilgotnościomierz taki nie wymagałby wzorcowania (kalibracji) dla poszczególnych gatunków zboża oraz wielu przeliczeń korekcyjnych. Po pełnym zautomatyzowaniu wszystkich funkcji przyrządu oraz uzyskaniu odpowiednich certyfikatów służb

metrologicznych G.U.M. i inspektoratów sanitarnych - przyrząd będzie optymalny w handlu i przechowywaniu zboża oraz nasion oleistych

Powyższy miernik wilgotności nie nadaje się do ciągłego pomiaru wilgotności ziarna np. w transporcie wewnętrznym w elewatorach zbożowych. Tam najlepszym rozwiązaniem pozostaje pomiar pojemności elektrycznej komory pomiarowej wypełnionej przepływającym przez nią ziarnem i wykorzystaniu funkcyjnej zależności, jaka istnieje między właściwościami elektrycznymi lub magnetycznymi badanego ziarna, a jego wilgotnością. W takich przypadkach wilgotnościomierz powinien być w pełni zautomatyzowany, powinien umożliwiać prowadzenie pomiaru wilgotności wszystkich gatunków zboża i nasion oleistych. Dla celów korekcyjnych powinien mierzyć również masę właściwą oraz temperaturę ziarna w komorze pomiarowej.

Wszystkie powyższe parametry, łącznie z nazwą gatunku ziarna i czasem pomiaru powinny mieć możliwość drukowania. Wbudowany interfejs szeregowy lub szeregowy i równoległy powinien umożliwiać przyłączenie wilgotnościomierza do komputerowego systemu kontrolno-pomiarowego i sterowanie pomiarem na odległość.

6. WYKAZ PUBLIKACJI

1. Kobosko A., Jórczak J., Leśkiewicz H.: *Komputerowy system kontroli do elewatorów zbożowych obniżający straty w składowanym ziarnie oraz zmniejszający zużycie energii i paliw.* Materiały z Konferencji n-t.: "Racjonalizacja użytkowania energii i środowiska", Porebka-Kozubnik, 337-342, 1993.
2. Kobosko A.: *Computer system of control for the largest grain storages.* Proceedings of the XIII IMEKO World Congress, Vol.3, 2684-2689, Turyn, Włochy, 1994.
3. Kobosko A., Leśkiewicz H.: *Aparatura kontrolno-pomiarowa dla przechowalnictwa zbożowego.* Wydawnictwo i Biuletyn PIAP, str.: 58, 1995.
4. Kobosko A., Leśkiewicz H.: *Kontrola składowanego ziarna w magazynach zbożowych, część I i II,* Przegląd zbożowo-młynarski nr. 7 i nr 8, 1995.
5. Kobosko A.: *Accuracy of measurement and vertical loading of temperature cables in grain storages.* str.10, IMEKO TC14 Sumposium, 6-th International Conference: Industrial Metrology, Saragossa, Hiszpania, 1995.