

Andrzej KOBOSKO
Hubert LEŚKIEWICZ
Przemysłowy Instytut
Automatyki i Pomiarów PIAP
W a r s z a w a

APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA DLA PRZECHOWALNICTWA ZBOŻOWEGO

W przechowalnictwie zbóż stosowane są systemy kontroli temperatury, wilgotności i wysokości zasypu ziarna zbóż. W pracy przedstawiono charakterystykę aparatury oraz metody pomiarowe stosowane do pomiarów bezpośrednich i zdalnych.

1. WPROWADZENIE

Podczas magazynowania ziarna zbóż występują procesy metaboliczne, którym towarzyszą zmiany wilgotności ziarna, wzrost jego temperatury, wydzielanie dwutlenku węgla, rozwój flory bakteryjnej itp. Im większa jest intensywność tych procesów, tym większe są straty jakościowe i ilościowe w składowanym ziarnie. Procesy te obniżają siłę kiełkowania ziarna i zmieniają jego właściwości fizyko-chemiczne, powodując ubytki w masie. Szczególnie niekorzystne są zjawiska cieplne, ponieważ prowadzą do wystąpienia samozagrzewania ziarna. Ilość ciepła wydzielająca się z masy ziarna jest funkcją wykładniczą temperatury początkowej i po przekroczeniu temperatury krytycznej proces jest już generacyjny (niesterowalny). Można się posłużyć analogią do obwodów elektronicznych, w których objęcie wzmacniacza dodatnią pętlą sprzężenia zwrotnego powoduje jego pracę generacyjną.

W przypadkach ekstremalnych, w których proces samozagrzewania nie był wcześniej zidentyfikowany i powstała bardzo wysoka temperatura, znacznie przekraczająca 60°C, może nastąpić zjawisko samozapłonu. Następuje wówczas eksplozja, która może zniszczyć część magazynu i składowanego ziarna, spowodować pożar itd., pociągając za sobą wysokie straty finansowe. Statystycznie taki wybuch zdarza się w magazynach zbożowych w Europie raz w roku. W Polsce zanotowano kilka takich wybuchów, ostatnio na początku 1994 roku w województwie wrocławskim.

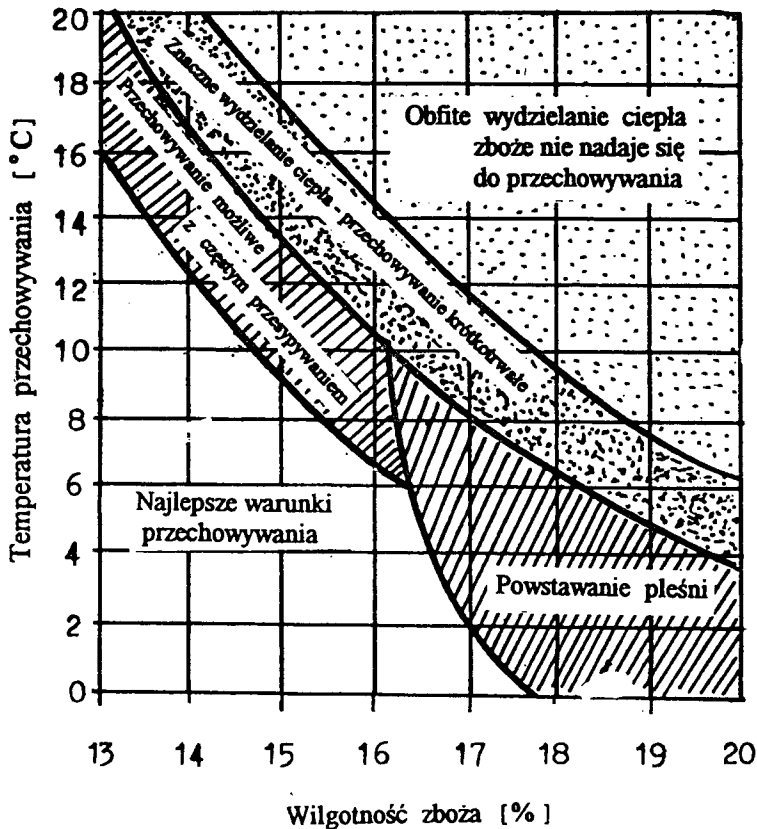
W celu zabezpieczenia przed dużymi stratami w składowanym ziarnie, a nawet przed zniszczeniem ziarna i magazynu, należy stosować odpowiednie technologie oparte na stałej kontroli temperatury i wilgotności ziarna.

Wilgotność ma szczególny wpływ na długotrwałość przechowywania ziarna. Istnieje zależność między stopniem wilgotności zboża a ubytkami jego masy - stratami w procesie składowania. Im większa jest wilgotność zboża, tym większe są ubytki jego substancji. Intensywnemu parowaniu ziarna towarzyszy wydzielanie znacznej ilości ciepła, a po prze-

wyższa niż 2°C, a przy niższych wilgotnościach temperaturę tę można odpowiednio zwiększyć np. przy 13,5% do 14°C.

Zabiegi technologiczne podejmowane w celu uratowania ziarna są bardzo energochłonne w porównaniu do najczęściej stosowanej technologii przewietrzania lub przesypywania ziarna między komorami elewatora. Dlatego warunkiem zwiększenia efektywności ekonomicznej procesu magazynowania jest przede wszystkim ciągła kontrola temperatury i wilgotności ziarna oraz intensywności procesów metabolicznych (pomiaru CO, CO₂ itp.).

Pomiary temperatury i wilgotności ziarna zbóż wykonuje się przy użyciu specjalnych przyrządów pomiarowych. Stosowane metody pomiarowe są podane w normach międzynarodowych ISO i Polskich Normach. Omówienie niektórych postanowień norm i zaleceń zostanie przedstawione w niniejszym opracowaniu. Trzeba jednak dodać, że zaledwie 1/5 magazynów w Polsce jest wyposażona w aparaturę pomiarową na średnim poziomie, a w pozostałych magazynach aparatura ta jest wyeksploatowana albo jeszcze jej nie zainstalowano. Rynek krajowych producentów aparatury nie jest ukształtowany ponieważ pierwsze krajowe układy pomiarowe pojawiły się dopiero w końcu lat siedemdziesiątych. Aparatura



Rys. 2. Wpływ temperatury i wilgotności na składowanie ziarna zbóż

importowana nie zawsze jest dostosowana do naszych wymagań wynikających z różnych gatunków składowanego ziarna zbóż i ze specyfiki konstrukcyjnej samych magazynów, dlatego też jej wady mogą się ujawnić dopiero po pewnym czasie eksploatacji.

Zamiarem autorów było przedstawienie zbioru informacji z zakresu kontroli parametrów mikroklimatu w przechowalnictwie zbożowym. Praca przeznaczona jest dla konstruktorów, projektantów i użytkowników zajmujących się magazynowaniem zbóż.

2. POMIAR TEMPERATURY ZIARNA ZBÓŻ

2.1. Wstęp

W wyniku samozagrzewania powstaje w masie ziarna pole temperaturowe, które należy zlokalizować przez pomiar temperatury. Źródło temperatury znajduje się zwykle w bliżej nieokreślonym obszarze przestrzeni wypełnionej ziarnem i nie ma pewności, czy mierzona temperatura ma wartość maksymalną samego źródła, czy też jest to temperatura w pewnej odległości od niego. Duży jest przy tym gradient temperatury spowodowany bardzo słabym przewodzeniem ciepła przez ziarno. Przenoszenie ciepła w masie ziarna odbywa się drogą przewodzenia na skutek stykania się poszczególnych ziaren i przez konwekcję, która polega na przenoszeniu ciepła przez powietrze otaczające poszczególne ziarna. Konwekcja powoduje ogrzewanie warstw wyższych w stosunku do obszaru generującego ciepło i ma mniejsze oddziaływanie niż przewodzenie, które występuje w całej objętości ziarna. Ponieważ przewodzenie ciepła przez ziarna zbóż jest bardzo słabe (porównywalne z przewodnictwem azbestu), mogą wystąpić obszary wysokiej temperatury z małym oddziaływaniem na warstwy otaczające o dużych gradientach temperatury.

Wyznaczenie przy tego rodzaju procesach cieplnych, obszarów o wzmożonej aktywności wymaga dużego przestrzennego oczyjnikowania za pomocą różnego typu sond temperaturowych i współpracujących układów wizualizacji wyników pomiaru. Układy pomiarowe powinny mieć bardzo dużą stabilność w czasie i dużą czułość, ponieważ powinny identyfikować niewielkie zmiany temperatury w określonym przedziale czasu. Układy te są przeznaczone do wieloletniej pracy w trudnych warunkach otoczenia w magazynach zbożowych, dlatego też ich konserwacja powinna być ograniczona do minimum. Ze względu na bardzo duży stopień zapylenia w magazynie istnieje możliwość wybuchu, zatem należy stosować przyrządy w wykonaniu iskrobezpiecznym. Wadliwe wskazania temperatury mogą doprowadzić do dużych strat materialnych i dlatego należy przewidzieć w konstrukcji elementy i obwody redukcyjne.

W magazynach płaskich (poziomych) stosowana jest stosunkowo prosta aparatura, w większości przenośna.

W dużych magazynach (pionowych), czyli w batiach silosów i w elewatorach, stosowane są komputerowe systemy kontroli i regulacji. Istotną cechą wyróżniającą układy pomiarowe przeznaczone do przechowalnictwa zbożowego od układów znanych w innych gałęziach przemysłu, w których występują procesy cieplne, jest odmienna konstrukcja sond

pomiarowych. Trudności technologiczne przy wytwarzaniu sond elastycznych do elewatorów były główną barierą rozpowszechnienia układów pomiarowych.

2.2. Omówienie zagadnień pomiaru temperatury ziarna zbóż na podstawie normy ISO 4112: 1990, wydanie 2

2.2.1. Wstęp

W normie podano zasady pomiarów temperatury magazynowanego ziarna zbóż w silosach lub w innych magazynach (w magazynach płaskich, w elewatorach itp.), w których ziarno jest składowane luzem, w dużych ilościach. Głównym zadaniem normy jest ujednoczenie rozmieszczenia wielu sond termometrycznych w masie składowanego ziarna w celu wykrycia monitorowania zmian temperatury ziarna. Postanowienia drugiego wydania normy są dokładniejsze i bardziej szczegółowe w stosunku do wydania pierwszego. W obecnym wydaniu normy znajdują się postanowienia dotyczące:

- typów aparatury i instalacji w zależności od rodzaju i kształtu magazynu,
- sond pomiarowych,
- urządzeń pomiarowych w zależności od rozmiaru instalacji,
- liczby punktów pomiarowych i ich rozmieszczenia,
- magazynów z wentylacją.

2.2.2. Rodzaje stosowanej aparatury do pomiaru temperatury

W normie rozróżnia się następujące typy aparatury i instalacji w zależności od rodzaju i kształtu magazynu:

- aparatura przenośna do małych przechowalni,
- aparatura częściowo zamontowana albo przenośna do magazynów poziomych (płaskich), np. do magazynów z dużą powierzchnią podłogi i ograniczoną wysokością do kilku metrów,
- instalacja stała do pionowych magazynów (silosów, elewatorów).

Aparatura składa się z sondy termometrycznej (jednej lub wielu), zwykle zbudowanej ze sztywnej rury lub z elastycznego kabla, z jednym lub z wielu czujnikami termometrycznymi (przetwornikami) i odpowiednimi łączówkami, które są zabudowane na rurach lub kablach. Materiały używane do wykonania sond termometrycznych powinny być odporne na wysokie zapalenie i na uszkodzenia przez gryzonie.

W magazynach poziomych, rozładowywanych przy użyciu wybieraków, należy stosować sondy termometryczne do wielokrotnego wkładania i wyciągania z pryzmy zbożowej.

W normie określono maksymalny czas (3 min) pomiaru temperatury do chwili zanurzenia sondy w masie ziarna zboża.

2.2.3. Zalecenia dotyczące sond pomiarowych

W normie podano zalecenia dotyczące sposobu zamontowania i budowy elastycznej sondy (kabla termometrycznego).

Sondy elastyczne w pionowych magazynach (elewatorach) powinny być zakotwiczone do podłoża w celu zabezpieczenia ich przed przemieszczaniem podczas załadunku zboża. Szttywne rury lub elastyczne kable o odpowiedniej długości i średnicy, wykonane z włókna szklanego, metalu albo z innych materiałów (przeznaczone zwłaszcza do magazynów pionowych) muszą mieć dużą wytrzymałość mechaniczną i sztywność ze względu na duże zmiany naprężeń występujących podczas załadunku i rozładunku zboża. Siła działająca na rury i kable zwiększa się wraz z ich średnicą, głębokością zanurzenia i z ruchem ziarna podczas załadunku i rozładunku.

W normie podano wymagania dotyczące wytrzymałości mechanicznej. Wartość siły powodującej zerwanie sondy nie powinna być mniejsza niż 50 kN. Wartość ta jest większa o 20 kN od wartości podanej w pierwszym wydaniu normy. Nowa wartość tej siły, wynikająca z potrzeb eksploatacyjnych, spowodowała konieczność opracowania i uruchomienia produkcji sond bardziej wytrzymałych na zrywanie. Przy małych średnicach sond występuje efekt obniżenia naprężeń w punktach zamocowań, przez co można uprościć system zakotwiczeń. Odwrotnie, powiększenie ich średnicy powoduje konieczność powiększenia sztywności, co jest szczególnie ważne w przypadku bardzo wysokich magazynów.

W normie wyszczególniono następujące czujniki temperatury: termistory, termoelementy i czujniki rezystancyjne lub inne elektryczne. Wymagane jest, aby w zakresie temperatury pracy od 0 do 70°C błąd nie przekroczył wartości +0,5°C.

2.2.4. Urządzenia pomiarowe

W normie rozróżnia się urządzenia pomiarowe w zależności do rozmiaru instalacji. W małych instalacjach można stosować elektryczne lub elektroniczne przyrządy pomiarowe podające temperaturę w °C uzyskaną z sond zanurzonych w masie ziarna w punktach ustalonych jako pomiarowe.

W dużych instalacjach stosuje się wydzielone pomieszczenia kontroli, w których znajdują się przyrządy pomiarowe, rejestratory i sygnalizatory wartości granicznych spełniające następujące zadania:

- analogowy lub cyfrowy pomiar z ręcznym lub automatycznym odczytem i rejestracją temperatury,
- wskazanie zmian temperatury w stosunku do wartości zadanych,
- kontrolę wartości zadanych przez sygnalizację (optyczną lub akustyczną) przekroczenia wartości nastawionej i wynikającą z tego konieczność wentylacji,
- tworzenie synoptycznego schematu magazynu oraz wyodrębnionych jego części,
- automatyczną kontrolę temperatury ze skanowaniem punktów pomiarowych, zgodnie z przyjętym wcześniej programem, np. co 6 h, 12 h lub 24 h i z wydrukiem na papierze.

2.2.5. Rozmieszczenie i liczba punktów pomiarowych

Norma określa liczbę punktów pomiarowych oraz ich rozmieszczenie z ograniczeniami wynikającymi z kształtu magazynu. Liczbę punktów pomiarowych ustala się przy założeniu niskiej przewodności cieplnej składowanego ziarna i dużej czułości czujników pomiarowych umieszczonych w punktach pomiarowych. Czujnik powinien, w możliwie krótkim czasie, zareagować na zmianę temperatury. Czas ten nie jest w normie precyzowany. Punkty pomiarowe powinny być rozmieszczone w odległości nie większej niż 3 m od siebie w każdym kierunku. Temperatura powinna być rejestrowana w każdym punkcie pomiarowym.

W magazynach poziomych górne punkty pomiarowe powinny znajdować się od 1 do 2 m poniżej powierzchni ziarna. Plan rozmieszczenia wielu sond pomiarowych powinien uwzględnić symetrię samego magazynu.

W magazynach o niewielkiej wysokości wystarczy pomiar temperatury w przestrzeni ograniczonej warstwami: poniżej 0,3 m od powierzchni zboża oraz 0,5 m powyżej powierzchni podłogi.

W magazynach pionowych punkty pomiarowe powinny znajdować się w stałych odstępach wzdłuż sond lub kabli pomiarowych, przy uwzględnieniu odpowiednich odległości od ścian, podłogi i górnego sklepienia i przy zachowaniu stałych odległości w stosunku do osi symetrii magazynu (silosu, komory elewatora itp.).

2.2.6. Postanowienia dotyczące magazynów z wentylacją

W normie są podane zalecenia dotyczące układów wentylacji oraz opis postępowania w przypadku wprowadzenia aktywnej wentylacji do magazynów zbożowych. Określono także czas działania wentylacji aktywnej w zależności od wysokości magazynu oraz miejsca pomiarów temperatury. Jeżeli różnica temperatur przed i po wentylacji wynosi ok. 5°C, to istnieje duże prawdopodobieństwo uszkodzenia ziarna, dlatego też badania powinno się prowadzić nie rzadziej niż co 24 h.

2.3. Pomiar temperatury za pomocą sond stacjonarnych i przenośnych oraz przegląd czujników pomiarowych

Stacjonarne i przenośne sondy temperatury przeznaczone są głównie do pomiarów w magazynach płaskich i w niewielkich silosach.

Sondy temperatury składają się z czujników temperatury umieszczonych w odpowiednich obudowach w kształcie sztywnych rur (rys. 2) lub w elastycznych osłonach podobnych do kabli energetycznych. W głowicach sond znajdują się mierniki cyfrowe lub analogowe z bezpośrednim odczytem. Można stosować tykosame przetworniki elektroniczne z łączówkami umożliwiającymi połączenie z zewnętrznym obwodem elektrycznym w systemie zdalnego pomiaru. Sygnałem wyjściowym z przetwornika jest sygnał standardowy prądowy 4-20 mA lub 0-20 mA w starych konstrukcjach albo sygnał dostosowany do magistrali komputerowej RS-232 i RS-485.

W większości sond czujniki działają na zasadzie elektrycznej, tzn. zmiana temperatury powoduje zmianę ich parametrów elektrycznych: rezystancji, napięcia lub prądu. Zależności te są liniowe w funkcji temperatury i powtarzalne. Wyjątek stanowią czujniki termistorowe. W czujnikach termistorowych typu NTC rezystancja znacznie maleje (według funkcji nieliniowej) wraz ze wzrostem temperatury. Dużym utrudnieniem w zastosowaniu tych czujników jest również rozrzut charakterystyk, wymagający indywidualnego wzorcowania układu pomiarowego z konkretnym czujnikiem. Zaletą ich jest jednak duża miniaturyzacja.

Ze względu na występowanie oddziaływań mechanicznych (o charakterze statycznym i dynamicznym) na sondy umieszczone w masie ziarna, dąży się do małych średnic sond. Siła wzdłużna, zrywająca, jest w przybliżeniu proporcjonalna do średnicy sond. Stwarza to konieczność stosowania czujników miniaturowych o średnicy nie większej niż kilka milimetrów. Ma to szczególne znaczenie w sondach stacjonarnych elastycznych wieloczujnikowych. Małe wymiary czujników umożliwiają wyciągnięcie i ponowne wprowadzenie rdzenia w postaci kabla z czujnikami w elastyczną osłonę długich sond. Procedura taka jest konieczna przy okresowej kontroli charakterystyk czujników i ewentualnej wymiany uszkodzonego czujnika, bez demontażu całej sondy zawieszanej w zapelnionym zbożem silosie lub w komorze elewatora.

Czujniki metalowe do pomiarów temperatury w sondach, są rezystorami z platyny, miedzi lub niklu, o charakterystycznej wartości rezystancji równej 100 Ω w temperaturze 0°C. Wraz ze wzrostem temperatury wzrost rezystancja rezystora metalowego. Wzrost rezystancji danego metalu określa jego średni cieplny współczynnik zmiany rezystancji α , podawany najczęściej dla zakresu od 0 do 100°C.

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100}$$

gdzie: R_{100} - rezystancja czujnika Pt, Ni, Cu w temperaturze 100°C,
 R_0 - rezystancja czujnika w temperaturze 0°C.

Charakterystyka termometryczna krajowych rezystorów jest podana w normie [23]. Współczynnik temperaturowy rezystorów platynowych $\alpha = 0,00385$. Niektóre firmy produkują również czujniki z rezystorami platynowymi o $\alpha = 0,003916$.

W nowoczesnych systemach komputerowych przeprowadza się wstępne programowanie dopasowujące pracę systemu do konkretnego typu czujnika i wówczas należy podać wartość cieplnego współczynnika zmiany rezystancji, zwykle jednego z dwóch podanych wyżej.

W tabl. 1 zestawiono nowoczesne czujniki półprzewodnikowe, wykonane ze struktur krzemowych, od prostej formy diodowej do obwodów scalonych wielkiej skali integracji LSI. Ze względu na wysoką liniowość charakterystyk oraz mały pobór prądu i niewielkie rozproszenie energii będą one wypierały stosowane dotychczas czujniki metalowe (Pt, Ni, Cu).

Półprzewodnikowe czujniki temperatury

Tabela 1

Lp.	Typ	Budowa	Firma (kraj)	Zakres pomiarowy [°C]	Sygnal wyjściowy	Współczynnik temperatury	Linowość [°C]	Stała czasowa
1.	LM 135 LM 235 LM 335	IC	National Semiconductor (USA)	-55-150 -25-100 0-100	400 μ A- 5 mA zalecany: 1 mA	10 mV/ $^{\circ}$ K 1 μ A/ $^{\circ}$ K	0,3-0,5	80 s na wolnym powietrzu 1 s w oleju
2.	AD 580 AD 590	IC	Analog Device (USA)	-40-150	298,2 μ A dla 25 $^{\circ}$ C	11 μ A/ $^{\circ}$ K	+0,3	0,6 s z płytą aluminiową 1,4 s w oleju 60 s w powietrzu
3.	B 511N	IC	RFT (Niemcy)	-55-150	298,2 μ A dla 25 $^{\circ}$ C	0,8-1,2 μ A/ $^{\circ}$ C	+1,0	brak danych
4.	MTS 102 MTS 103 MTS 105	T	Motorola (USA)	-40-150	0,01-10 mA 580-620 mV $I_c = 0,1 \mu$ A, 25 $^{\circ}$ C	od 2,26 do 2,28 MV/ $^{\circ}$ C	+1,0 w temperaturze -20 do +140	3 s w cieczy 8 s w powietrzu
5.	KTY 11 KTY 81 KTY 84	D	Valvo (Niemcy)	-50-150 -50-150 -60-300	2000 Ω dla 1 mA 1000 Ω dla 1 mA 600 Ω dla 2 mA	0,79%/ $^{\circ}$ K 0,79%/ $^{\circ}$ K 0,61%/ $^{\circ}$ K	+1,0	3 s w cieczy
6.	TC 1 TC 2	D	Instytut Technologii Elektronowej (Polska)	-55-150 -55-150	2450 mV przy -55 $^{\circ}$ C 1200 mV przy -150 $^{\circ}$ C 58 Ω przy -55 $^{\circ}$ C 1850 Ω przy -150 $^{\circ}$ C	5,95 mV/ $^{\circ}$ C 0,62 %/ $^{\circ}$ C	1,5 $^{\circ}$	30 s w powietrzu 3,5 w cieczy

Oznaczenia: IC - obwód scalony, T - tranzystor, D - dioda

2.4. Elastyczne sondy do pomiaru temperatury w elewatorach

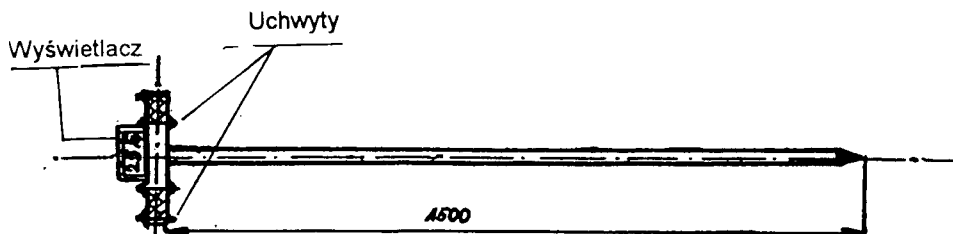
Sondy przeznaczone do zawieszenia w komorach elewatorów (heavy duty cables) są przystosowane do pracy przy dużych obciążeniach. Mają długość od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów i wytrzymałość mechaniczną 30-90 kN (maksymalna wartość siły działająca wzdłuż długości sondy i powodująca jej zerwanie). Średnica sond, większości typów nie przekracza 17 mm. Budowa jest podobna do opisanych elastycznych sond z wyciąganym rdzeniem w silosach. W rdzeń wplecione są miniaturowe czujniki termistorowe, platynowe lub typu "IC" podane w tabl. 1. Odległości między czujnikami są tak dobierane, aby spełnić wymagania określone w p. 2.2.5.

Od 1980 r. produkowane były w kraju sondy o wytrzymałości 30 kN, a obecnie są już opracowane sondy bardziej wytrzymałe, o sile zrywającej ponad 80 kN. Sondy o wytrzymałości 30 kN dobrze pracują w komorach o niedużej średnicy (gdzie wystarczy tylko jedna sonda). W komorach dużych i z bocznym zasypem wystąpiła duża awaryjność tych sond polegająca na uszkodzeniach pancerza. Według normy ISO 4112 należy je zastąpić sondami o wytrzymałości co najmniej 50 kN.

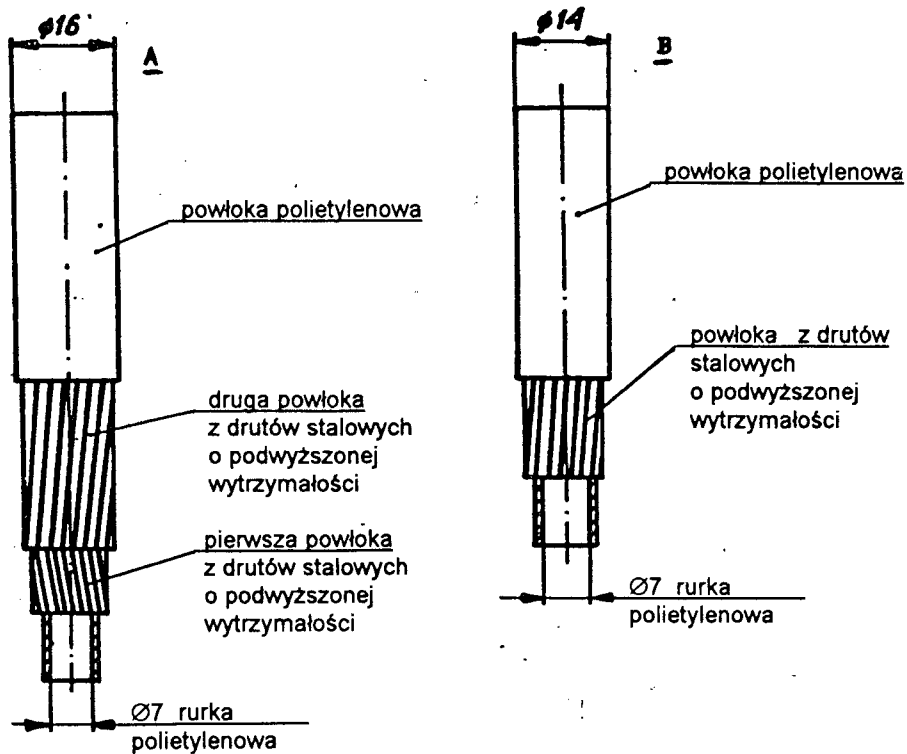
Dla tych zastosowań opracowano w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów nowe pancerze o wytrzymałości 80 kN. Na rys. 4 przedstawiono pancerz tej sondy złożony z czterech warstw. Na rurkę polietylenową, w którą wchodzi rdzeń z czujnikami, nawinięto pierwszą powłokę z drutów stalowych o podwyższonej wytrzymałości. Na nią nawinięto drugą powłokę z drutów o przeciwnym kierunku nawijania. Wyeliminowano w ten sposób siły skręcające, które występują na sondzie podczas zasypywania ziarna. Z badań niemieckich [23] wynika, że siły te są częstą przyczyną zerwań sond. Na drugą powłokę nawinięto zewnętrzną warstwę z polietylenu, która jest nietoksyczna w stosunku do ziarna.

Do baterii silosów i niektórych mniejszych komór w elewatorach opracowano również sondę o wytrzymałości 50 kN, której pancerz jest złożony tylko z jednej powłoki drutów stalowych o podwyższonej wytrzymałości. Sonda ta powinna być dodatkowo zamocowana od dołu tzn. zakotwiczona w celu niedopuszczenia do ewentualnych jej skręceń posiwowych.

Uruchomienie produkcji pancerzy tych sond wymagało opracowania odpowiednich technologii wytwarzania wraz z przekonstruowaniem głowic w maszynach do produkcji kabli.



Rys. 3. Przenośna sonda termometryczna z odczytem cyfrowym /PIAP/



Rys. 4. Pancerze sond elastycznych o wytrzymałości: A - 80 kN, B - 30 kN

2.5. Układy i systemy pomiarowe

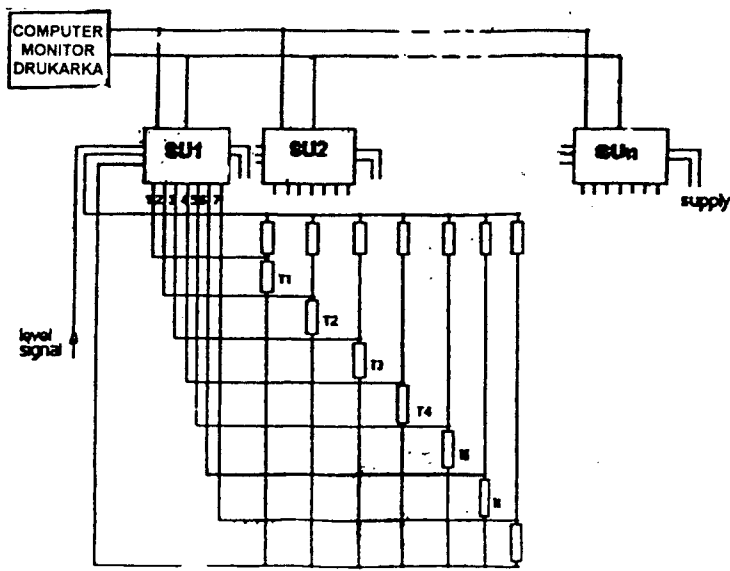
Podstawowe funkcje układów pomiarowych:

- zdalny wielopunktowy pomiar temperatury za pomocą mierników analogowych i cyfrowych,
- sygnalizacja optyczna lub dźwiękowa przekroczenia wartości zadanych.

Systemy pomiarowe spełniają dużo więcej funkcji niż układy pomiarowe. Oprócz wyżej wymienionych funkcji, wykonują jeszcze następujące działania:

- automatyczny pomiar i rejestrację temperatury z graficzną i numeryczną prezentacją wyników na rysunkach synoptycznych,
- skanowanie punktów pomiarowych w określonych odcinkach czasowych, np. co 6, 12, 24h,
- określanie przyrostów temperatury w okresie jednej doby lub jednego tygodnia,
- nastawianie wartości granicznych i sygnalizację ich przekroczenia.

Systemy pomiarowe mogą mieć więcej podstawowych funkcji, niż sam pomiar temperatury, np. pomiar wilgotności składowanego ziarna, pomiar i informacja dotycząca stanu załadowania magazynu. Z systemem pomiarowym mogą również współpracować układy

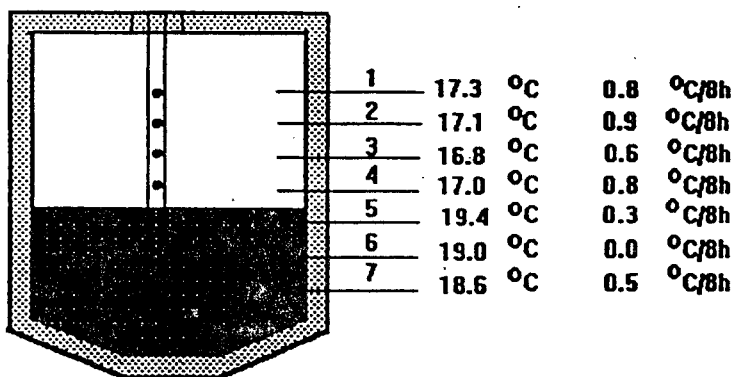


Rys. 5. Schemat ideowy komputerowego systemu pomiaru temperatury, wilgotności i wysokości zasypu ziarna zbóż (PIAP)

regulacyjne sterujące wentylacją, rozdziałem załadunku w poszczególnych komorach elewatora itd. W skład systemu pomiarowego wchodzi komputer typu PC, z pełnym wyposażeniem i odpowiednim oprogramowaniem oraz bloki komutacyjne i dopasowujące. Połączenie między głowicami sond temperaturowych oraz komputerem jest prowadzone za pomocą jednej linii dwuprzewodowej. W najnowszych rozwiązaniach zrezygnowano z własnych połączeń kablowych. Komunikacja jest tu prowadzona przy wykorzystaniu istniejącej sieci energetycznej 24 V i 220 V, 50 Hz. Dzięki temu osiągnięto znaczne uproszczenie montażu i serwisu oraz niezawodności całego systemu. W odróżnieniu od wielu rozwiązań przemysłowych, przewidzianych do stałego nadzoru i serwisu, system pomiarowy w magazynach zbożowych powinien pracować niezawodnie przez wiele lat z okresową obsługą serwisową.

Na rys. 5 i 6 przedstawiono opracowany w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów PIAP system pomiaru temperatury, wilgotności i wysokości zasypu ziarna, przeznaczony do dużych elewatorów zbożowych. W systemie tym wykorzystano klasyczny komputer PC z blokami dopasowującymi.

W tablicy 2 podano wykaz układów i systemów pomiaru znanych firm zagranicznych i krajowych.



Rys.6. Obraz komory elewatora na monitorze komputera z jedną sondą 7-czujnikową (PIAP)

Aparatura i systemy do pomiaru temperatury w elewatorach zbożowych Tabela 2

Lp.	Nazwa układu lub systemu pomiarowego (u)	Firma kraj	Zakres temperatury [°C]
1	Super-Thermo SemiAutomatic i Automatic (s)	Foss Dania	0 - 50
2	Super-Thermo-Scan Mini, Automatic (s)	Foss Dania	0 - 50
3	Temperaturo-ververkning (u)	Svegma Szwecja	0 - 40
4	Thermo-Control (u)	Kongskilde Dania	0 - 60
5	Wile 600 (u)	OY-tehdas Finlandia	0 - 45
6	Autronica.ME-12, BM-ZK	Autronica Norwegia	0 - 60
7	Silotemperatur-überwachung (s)	Dickey-John Belgia /USA/	0 - 60
8	Silotherm (s)	Zavody Prumyslove Automat, Czechy	0 - 70
9	Teleterm PC (s)	Technomont Polska	0 - 50
10	System Thw-3 (s)	PIAP Polska	0 - 60
11	Aparatura TL, TH, HL	MERA Polska	-50 - 100
12	Termometry przenośne (u)	Dramiński Polska	-50 - 150

3. POMIAR WYSOKOŚCI ZASYPU ZIARNA ZBÓŻ

3.1. Metody pomiaru wysokości zasypu ziarna

Pomiary te prowadzone są w różny sposób, w zależności od rodzaju magazynu. W przypadku magazynów płaskich, w których wysokość pryzmy ziarna wynosi od 1,5 m do 7 m, wystarczą metody pomiarowe bezpośrednie, za pomocą wskaźników optycznych. W wysokich (40 m i więcej) magazynach: elewatorach i bateriach silosów pomiary są bardziej złożone.

Stosowane metody pomiaru wysokości zasypu ziarna polegają na pomiarach stykowych i bezstykowych.

W metodach stykowych ziarno oddziałuje bezpośrednio, mechanicznie na czujnik, wywołując dwustanową lub ciągłą zmianę na jego wyjściu. Czujniki dwustanowe stykowe lub bezstykowe sygnalizują o osiągnięciu maksymalnego lub minimalnego poziomu ziarna, tj. o stanie załadowania komory lub silosu. Można też spotkać czujniki umieszczone wzdłuż wysokości komory, które przekazują informacje o stopniu napełnienia ziarnem. Do tego celu stosuje się czujniki dwustanowe mechaniczne, pojemnościowe, wibracyjne itp., na które przenoszony jest nacisk ziarna przez membrany lub przez samą obecność ziarna wywołującą zmianę pojemności elektrycznej lub częstotliwości. Umieszczone są one w jednej obudowie zabudowanej na ścianie komory, silosu lub ścianie magazynu płaskiego.

W metodach pomiarów ciągłych pomiary stykowe polegają na pomiarze długości linki obciążonej ciężarkiem i opuszczanej do komory. Linka zatrzymuje się na powierzchni ziarna, a odległość od górnego stropu do powierzchni ziarna jest przekształcana na standardowy sygnał przesyłowy lub na wartość cyfrową wykorzystywaną w panelach odczytowych do zdalnego pomiaru. Napęd linki jest realizowany przez serwomechanizm sterowany naciągiem samej linki. Metoda ta, mimo że najstarsza, jest obecnie stosowana i rozwijana przez wielu producentów.

W metodach pomiarowych ciągłych bezstykowych, rozwijanych od niedawna, wykorzystuje się odbicie wiązki falowej o różnej częstotliwości przez górną warstwę zboża. Pomiar polega na określeniu czasu między falą wysłaną ze źródła i falą odbitą. Czas ten, podany w odpowiednich jednostkach, wskazuje wysokość powierzchni ziarna. Ponieważ metoda jest bezstykowa, więc nie występuje obawa zużycia lub uszkodzenia elementów stykowych, które pracują w trudnych warunkach silnego zapylenia.

Każda z metod ciągłego pomiaru wysokości pryzmy ziarna obarczona jest błędem nie do uniknięcia, spowodowanym kształtem górnej warstwy ziarna. Ze względu na sposób zasypu ziarna, warstwa ta nie jest płaszczyzną, lecz powierzchnią quasi-stożkową, wypukłą lub wklęsłą - zależnie od fazy załadunku lub rozładunku ziarna. W stanach przejściowych, przy częściowym już rozładunku, powierzchnia nie stanowi również ściśle określonej płaszczyzny z powodu fizycznych właściwości samego ziarna, zależnych od wielu czynników.

Drugim niekorzystnym zjawiskiem jest silne zapylenie. Wartości ekstremalne zapylenia występują podczas ciągłego zasypu ziarna. W takich warunkach nie można prowadzić ja-

kichkolwiek pomiarów, a zwłaszcza bezstykowych. Praktycznie pomiary można rozpocząć dopiero kilka do kilkunastu minut po przerwaniu zasypu. A więc, mimo że pomiar ma charakter ciągły, nie może być wykonywany w dowolnym czasie (konieczna przerwa zależna jest od procesu technologicznego załadunku lub wyładunku zboża).

Metoda elektromechaniczna z opuszczanym ciężarkiem stosowana jest do pomiarów do 40 m wysokości. W katalogach i instrukcjach obsługi rozdzielczość jest szacowana na ok. 10 cm. Sygnałem wyjściowym jest sygnał prądowy od 4 mA do 20 mA, a w nowszych wykonaniach jest sygnał dostosowany do komputera PC - RS 485 i RS 232 i przekazywany na odległość do 1,2 km.

Metoda ultradźwiękowa polega na pomiarze czasu między wysłaniem fal ultradźwiękowych i ich odbiciem. Stosowana jest w przemyśle zbożowym do pomiarów na duże odległości, nawet do 60 m. Rozdzielczość jest bardzo wysoka i np. dla zakresu od 1 do 10 m wynosi 1 cm, a w zakresie do 40 m jest mniejsza od 2 cm. Dzięki zastosowaniu głowic ultradźwiękowych, wykonanych ze specjalnych materiałów (np. teflonu czy stali kwasoodpornej), można je stosować w atmosferach szczególnie agresywnych.

Metoda radarowa działająca na podobnej zasadzie jak ultradźwiękowa, jest znacznie od niej dokładniejsza, ale ma mniejszy zakres pomiarowy, np. dla maksymalnego zakresu 20 m otrzymano rozdzielczość do 1 mm.

Metoda laserowa, w której stosowany jest laser typu GaAs, emitujący fale o długości 0,9 μm , zasada pracy jest taka sama jak w podanych wyżej metodach, ale średnica wiązki świetlnej mało się zmienia: od 40 mm początkowo, do 60 mm w odległości 20 m. Błąd pomiaru nie przekracza ± 1 cm.

3.2. Wymagania dla urządzeń pomiarowo-kontrolnych wysokości zasypu ziarna

Pomiar wysokości zasypu ziarna przeprowadza się za pomocą urządzeń złożonych z czujników i przetworników. Czujniki odwzorowują wysokość i zamieniają ją na prąd lub napięcie. Wielkość ta jest zamieniana w przetworniku na standardowy sygnał przesyłowy lub na cyfrowy. Przetwornik może współpracować z urządzeniem odczytowym, przetwarzającym, np. wartości wynikające z pomiaru wysokości na wartość masy ziarna zboża. Może on być również połączony z urządzeniem rejestracyjnym oraz sygnalizacyjnym, które działa np. po przekroczeniu ustalonej wysokości załadunku zboża lub przyjętej wielkości rozładunku. Sygnalizacja może być dźwiękowa lub optyczna z możliwością uruchamiania zewnętrznych urządzeń.

Urządzenia te, a szczególnie czujniki, muszą być dostosowane do trudnych warunków pracy: do dużego zapylenia i dużych zmian temperatury grożących wybuchem. Biorąc pod uwagę wyżej wymienione czynniki, urządzenia pomiarowo-kontrolne wysokości zasypu powinny spełniać następujące wymagania techniczne:

Czujnik:

zasilanie	24 V, 50 Hz lub 24 Vdc
zakres pomiarowy	1 do 40 m
niedokładność pomiaru	2%;
temperatura otoczenia	-30°C ... +50°C;
grupa wybuchowości	II (wg PN-83/E-08110)
stopień ochrony obudowy	IP 65 (wg PN-92/E-08106)
wymagania iskrobezpieczeństwa	Ex II T6 (wg PN-84/E-08107)

Przetwornik:

zasilanie	24 V, 50 Hz lub 24 Vdc
sygnał wyjściowy	4 ... 20 mA;
niedokładność przetwarzania	0,5%;
temperatura otoczenia	-30°C ... +35°C;
grupa wybuchowości	II (wg PN-83/E-08110)
stopień ochrony obudowy	IP 54 (wg PN-92/E-08106)
wymagania iskrobezpieczeństwa	Ex ib II B (wg PN-84/E-08107)

Wymagania ogólne dla aparatury do pomiaru wysokości zasypu ziarna

Głowica pomiarowa	wodoodporna i przeciwybuchowa IP 64 (wg PN-92/E-08106) Ex i, II c T6 (wg PN-84/E-08107) Ex T6 strefa II
Przetwornik pomiarowy	IP 54 (wg PN-92/E-08106)
Sygnał wyjściowy analogowy	4-20 mA lub od 0-20 mA (dla istniejących konstrukcji)
Sygnał wyjściowy cyfrowy	zgodnie z RS 232 i RS 485
Zasilanie	24 V ... 220 V, 48...62 Hz 16...36 V/60 V/dc
Temperatura otoczenia	-20°C...+60°C/85
Błąd podstawowy	±1... ±3%
Błąd temperaturowy	0,2%/10°C
Rozdzielczość wskazań	0,1...3 cm
Sygnalizacja	przekroczenia poziomu górnego, dolnego oraz zadanego

Aparatura do pomiarów wysokości zasypu ziarna zbóż, dostępna na rynku krajowym Tabela 3

Lp.	Nazwa firmy	Zasada działania	Parametry	
			Zakres [m]	Błąd
1.	VEGA Niemcy	ultradźwiękowa	0-60	±1cm
		elektromechaniczna	0-20	±10cm
		laserowa	0-20	±1mm
2.	NIVUS Niemcy	ultradźwiękowa	0-60	±0,25%
3.	NIVELCO Węgry	ultradźwiękowa	0-20	±2%
4.	SILOVEL Włochy	elektromechaniczna	0-40	-
5.	TECHNOMONT Polska	elektromechaniczna	0-40	-
6.	SERDIA Francja	elektromechaniczna	0-60	±5cm
7.	PIAP Polska	elektromechaniczna	0-20	±2cm
		ultradźwiękowa	0-40	±1%
8.	KROHNE Niemcy	radarowa	0-20	brak danych
9.	PROTAIS Francja	mechaniczna	od 0,4 do 5,5	brak danych
		ultradźwiękowa	0- 60	

4. POMIAR WILGOTNOŚCI ZIARNA ZBÓŻ

4.1. Omówienie wybranych zagadnień pomiaru wilgotności ziarna zbóż i ziaren oleistych

4.1.1. Podstawowe pojęcia dotyczące pomiaru wilgotności zboża

Wilgotność ziarna zbożowego definiowana jest zazwyczaj jako ubytek masy ziarna (wyrażony w procentach), wyniki w czasie suszenia w określonych warunkach doświadczalnych aż do osiągnięcia stałej masy. Wilgotnościomierze sprawdza się porównując wyniki otrzymane metodą bezpośrednią lub pośrednią z pomiarami wykonanymi metodami referencyjnymi, wykonanymi dla ziarna z tej samej partii (dostawy). Metody są różne dla zbóż siankowych i dla kukurydzy. Metodą referencyjną dla zbóż siankowych definiuje PN-91/A-74010. Metoda ta jest stosowana dla takich gatunków zbóż, jak: pszenica, żyto,

ryż, jęczmień, proso i owies. Metoda referencyjna dla kukurydzy jest zdefiniowana w PN-ISO 6540: 1994.

Zawartość wody i substancji lotnych w próbce ziaren oleistych jest definiowana konwencjonalnie jako ubytek masy wyrażony w czasie suszenia, w warunkach ściśle określonych, aż do osiągnięcia stałej masy. Wilgotnościomierze sprawdzają się porównując wyniki otrzymane z wynikami otrzymanymi metodą referencyjną, przy czym próbki muszą być brane z tej samej partii ziarna. Metoda referencyjna jest zdefiniowana i opisana w normie międzynarodowej ISO 665: 1977 i jest stosowana do wszystkich gatunków ziaren oleistych. Norma ISO zaleca zamiast wyrażenia: "zawartość wody i substancji lotnych" używać wyrażenia: "wskaźnik wody i substancji lotnych".

Tabele konwersji mogą być przedstawione w różnej postaci: tabel, grafów, wykresów, nomogramów czy wzorów kalkulacyjnych. Są one stosowane do określenia wilgotności ziarna na podstawie wartości wskazanej przez wilgotnościomierz, gdy nie zawiera on wbudowanego urządzenia do selekcji gatunku ziarna i gdy relacja między wskazaniem wilgotnościomierza i wilgotnością ziarna różni się według gatunku ziarna, którego pomiar wilgotności jest wykonywany.

Gdy otrzymanie wyniku pomiaru wilgotności wymaga użycia tabel konwersji, wówczas podzielnia wskazań przyrządu nazywa się "podzielnia konwencjonalną". Wartości podane na takiej skali nie mają miana. Zasada pomiaru wilgotnościomierza może więc być taka, że wartości wskazane mają wymiar odpowiadający wielkości rzeczywiście mierzonej (np. masy, czy pojemności elektrycznej). Jednakże, aby nie mylić takiego wilgotnościomierza z wagą lub pojemnościomierzem, podzielnia jego powinna być bez miana, tj. powinna być opisana tylko liczbami.

Tabele korekcyjne mogą być wykonane w dowolnej formie: tabel, wykresów, nomogramów lub wzorów kalkulacyjnych. Stosowane są do określenia wilgotności na podstawie wartości wskazanej przez wilgotnościomierz, gdy wskazana wartość wilgotności jest obciążona błędem, który nie jest automatycznie uwzględniony (skompensowany) przez wilgotnościomierz, jak np. wpływ temperatury próbki ziarna na jego wilgotność.

Zero pomiarowe i wartości kontrolne. W praktyce wartość wilgotności "0% masy" nie może być nigdy osiągnięta. Wilgotnościomierz może czasami wskazywać "0", które jest jednak tylko zerem mechanicznym lub elektrycznym, w zależności od zasady pomiarowej przyrządu.

W przypadku wilgotnościomierzy ze wskazaniem bezpośrednim, tzn. nie mających tabel konwersji, wskazanie "0" może oznaczać, że komora pomiarowa jest pusta lub że sam pomiar nie został jeszcze rozpoczęty.

Natomiast w przypadku wilgotnościomierzy wyposażonych w tabele konwersji, "0" może również oznaczać wskazanie na podzielni konwencjonalnej, gdy wartość wielkości mierzonej jest bliska zeru.

Wilgotnościomierze mające wbudowane urządzenie do sprawdzania wartości kontrolnych, tj. autokontrolę, sprawdzają same swój stan funkcjonowania układu pomiarowego. To urządzenie kontrolne, sprawdzające działanie wilgotnościomierza, może być użyte również wówczas, gdy operator nie ma próbki ziarna. Wartości kontrolne mogą być przedstawione przez jedno lub kilka wskazań przyrządu, wynikających z symulacji pomiaru. Symulacja ta powinna odpowiadać uruchomieniu podzespołów określających parametry, które w sposób podstawowy biorą udział w układzie pomiarowym.

Zasada pracy wilgotnościomierzy może być oparta na dowolnej metodzie fizycznej lub fizykochemicznej, która pozwala określić bezpośrednio lub pośrednio zawartość wody w ziarnie na podstawie przeprowadzonego pomiaru próbki ziaren rozdrobnionych lub ziaren całych.

4.1.2. Charakterystyka techniczna przyrządu

Budowa i wyposażenie

Wilgotnościomierze powinny być trwale i zaprojektowane zgodnie z przepisami dla tego typu przyrządów. Podstawowe części powinny być wykonane z materiałów gwarantujących dużą trwałość i stałość parametrów. Obudowa wilgotnościomierzy powinna być mocna i wykonana w taki sposób, aby podstawowe podzespoły przyrządu były osłonięte przed kurzem i wilgocią.

Wilgotnościomierze z bezpośrednim wskazaniem zawartości wody (bez tabel konwersji dla różnych gatunków zboża), mające urządzenie do selekcji gatunku ziarna, powinny być proste w obsłudze, a nazwa gatunku wybranego powinna być wyświetlona w sposób wyraźny. Wilgotnościomierze mogą być automatycznie, półautomatycznie lub z obsługą ręczną i mogą mieć kilka oddzielnych urządzeń, niezbędnych do przeprowadzania pomiaru. Jeżeli zasada pomiaru wilgotnościomierza narzuca nasypywanie próbki ziarna do komory pomiarowej, to użyte urządzenie do ważenia powinno być „mocne” i winno określać masę próbki ze stałą dokładnością podaną przez producenta.

Wilgotnościomierze automatyczne powinny konstrukcyjnie stanowić samodzielne przyrządy. Wszystkie podzespoły służące do obróbki ziarna (rozdrabnianie ziaren, grzanie itd.) albo do pomiaru parametrów fizycznych lub chemicznych, wpływających na wynik końcowy pomiaru, powinny być zintegrowane w tym samym przyrządzie. Jeżeli stosuje się urządzenia do sortowania i oczyszczania ziarna, to mogą one stanowić odrębny zespół, poza przyrządem. Jeżeli wilgotnościomierz zawiera urządzenie do selekcji gatunku ziarna, to rodzaj ziarna powinien być wyświetlany.

Wilgotnościomierze wyposażone w urządzenia drukujące powinny drukować w postaci cyfrowej wyniki pomiaru i zaokrąglać je do wartości możliwie bliskiej podziałce przyrządu. Jeśli wynik jest wyświetlany cyfrowo, to wydruk powinien być powtórzeniem (identycznym) wskazania. Wydruk wyniku nigdy nie powinien być wykonany przed końcem pomiaru.

Gdy wilgotnościomierz nie wskazuje bezpośrednio zawartości wody w ziarnie, to powinien być wyposażony w tabele konwersji w celu otrzymania pomiaru wilgotności dla każdego gatunku ziarna.

Wartości maksymalnych dopuszczalnych błędów odnoszą się do wyników zawartości wody, odczytanych w tabelach konwersji i wyrażonych w procentach masy, a nie do wyników na podzielnik konwencjonalnej wilgotnościomierza.

Wilgotnościomierze powinny być nieczułe na zmiany nominalnego napięcia zasilania w zakresie -15% i $+10\%$ oraz na zmiany $\pm 2\%$ częstotliwości nominalnej. Wilgotnościomierze zasilane z baterii powinny mieć układ wyraźnie wskazujący próg napięcia zasilania, poniżej którego wyniki pomiaru mogą być obciążone błędem dodatkowym.

Producent powinien dokładnie określić zakres temperatury, w jakim wilgotnościomierz może być używany, jak również zakresy innych parametrów (np. wilgotności powietrza, zakłóceń elektromagnetycznych itp.), które mogą mieć wpływ na wynik pomiaru.

Uwagi dotyczące tabel konwersji i tabel korekcyjnych

Jeżeli wilgotnościomierz wymaga stosowania tabel konwersji lub tabel korekcyjnych, to należy przestrzegać następujących przepisów:

- tabele powinny być wykonane zgodnie z zaleceniami norm krajowych i międzynarodowych,
- producent powinien umieścić na części widocznej wilgotnościomierza, blisko urządzenia wskazującego, uwagę mówiącą o konieczności użycia tych tabel,
- wilgotnościomierz powinien być wyposażony w dokładną i jasną instrukcję użycia tych tabel.

Jeśli wilgotnościomierz wymaga stosowania tylko tabel korekcyjnych, a nie tabel konwersji, podzielnia jego urządzenia wskazującego powinna być opisana w procentach masy.

Oznakowanie

Każdy wilgotnościomierz powinien mieć podane w sposób trwały następujące informacje:

- znak lub nazwę producenta,
- przeznaczenie i numer fabryczny,
- napięcie zasilania.

Tabliczka znamionowa zamocowana w sposób trwały na przyrządzie powinna podawać:

- gatunki zboża i ziaren, dla jakich przyrząd został wywzorcowany oraz dla każdego z nich zakres pomiarowy, gdy nie jest on wyraźnie podany na urządzeniu wskazującym,
- klasę przyrządu,
- zakres temperatury, w jakim wilgotnościomierz pracuje poprawnie,
- wartość wielkości kontrolnych i ewentualnie dopuszczalne tolerancje dla tych wielkości.

Jeśli te informacje nie mieszczą się na tabliczce znamionowej, to mogą być podane w instrukcji obsługi, zwłaszcza dane o gatunkach ziaren.

Wilgotnościomierze stosowane w obrocie publicznym do wyznaczania wilgotności zboża powinny mieć znak legalizacji lub uwierzytelnienia, nadany przez odpowiedni Urząd Miar.

Maksymalne błędy dopuszczalne

Błąd bezwzględny wilgotnościomierza dla próbki ziarna jest to różnica algebraiczna między wynikiem pomiaru i wartością umownie prawdziwą zawartości wody w ziarnie, otrzymaną metodami referencyjnymi. Według PN-87/A-74004, wilgotnościomierze należą do jednej z klas: I lub II, dla których wartości maksymalnego dopuszczalnego błędu są podane niżej. Według PN-90/A-74009, zależnie od podanych wyżej klas i przeznaczenia, różnią się wilgotnościomierze:

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

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

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

Opieczętowanie obudowy i oznaczenia certyfikacji tabel

Obudowa osłaniająca części mechaniczne, elektryczne i elektroniczne wilgotnościomierzy powinna być skonstruowana w sposób umożliwiający opieczętowanie przyrządu plombami lub stemplem zabezpieczającym. Powinna jednak istnieć możliwość ładowania baterii zasilającej lub jej wymiana, bez zniszczenia opieczętowania.

Ewentualne firmowe tabliczki z napisami, obowiązkowe i dodatkowe, powinny być zamocowane na obudowie i zabezpieczone przez opieczętowanie gwarancyjne. Tabele konwersji i tabele korekcyjne towarzyszące wilgotnościomierzom powinny mieć znaki certyfikacyjne kompetentnego państwowego urzędu metrologicznego.

Wilgotnościomierze powinny mieć również znaki certyfikacyjne potwierdzające pozytywne wyniki kontrolne. Znaki te i wskazówki uzupełniające powinny być umieszczone na specjalnej tabliczce.

4.1.3. Przepisy unifikacyjne operacji pomiarowych

Zasadniczo przepisy te dotyczą wilgotnościomierzy używanych w handlu ziarnem. Wilgotnościomierze, które nie uzyskały aprobaty właściwego urzędu metrologicznego, nie mogą być używane w handlu i muszą mieć na swojej przedniej płycie tabliczkę mówiącą o zakazie używania ich w handlu ziarnem.

Znajdujące się w sprzedaży nowe wilgotnościomierze powinny być wyposażone:

- akcesoria zapisane w decyzji aprobującej model i w instrukcji obsługi, jak również sprzęt do przeprowadzania korekty pomiarów,
- ewentualne tabele konwersji i tabele korekcyjne,
- instrukcje podające dokładnie i jasno warunki instalowania i użytkowania wilgotnościomierza i jego akcesoriów.

Warunki instalowania

Instalowanie wilgotnościomierza musi być wykonane zgodnie z instrukcją obsługi, załączoną do przyrządu przez producenta. Należy zwrócić uwagę, aby:

- stół na którym wilgotnościomierz jest umieszczony, był płaski, mocny i stabilny, powinien być zabezpieczony przed drganiami mechanicznymi, zwłaszcza gdy wilgotnościomierz zawiera lub wykorzystuje wagę;
- wilgotnościomierz był instalowany możliwie daleko od źródeł silnych pól magnetycznych i radiacji elektromagnetycznych, jak również zabezpieczony przed nagłymi zmianami temperatury. Uwagi dotyczące warunków instalacji oraz sposobu obsługi wilgotnościomierza powinny znajdować się w pomieszczeniu, gdzie jest on zainstalowany. Ewentualne tabele konwersji i tabele korekcyjne powinny być łatwo dostępne do obsługi wilgotnościomierza.

Pobieranie próbek

W celu uzyskania prawidłowych wyników pomiaru zawartości wody niezbędne jest, aby próbki mierzonych ziarna były reprezentatywne dla partii ziarna będącej przedmiotem kontroli. W tym celu konieczne jest użycie odpowiedniego urządzenia zapewniającego wymieszanie i jednorodność próbki. Próbkę pobieraną przez producenta wilgotnościomierza do ich wzorcowania oraz do okresowych kontroli metrologicznych powinny być oczyszczone, a ziarna rozdrobnione, zgodnie z PN-70/R-74010 oraz PN-76/R-66146.

Jeżeli próbka ziarna jest przechowywana w temperaturze niższej od temperatury pomieszczenia, w jakim zainstalowano wilgotnościomierz, to istnieje ryzyko kondensacji pary wodnej na ziarnie. Aby uniknąć tego niekorzystnego dla pomiaru zjawiska, zaleca się potrzymać próbkę w naczyniu zamkniętym w pomieszczeniu wilgotnościomierza, aż temperatura próbki będzie bliska temperatury otoczenia. Ta sama zasada powinna być stosowana wtedy, gdy temperatura ziarna jest poza zakresem temperatury dopuszczalnej, określonej w instrukcji obsługi przyrządu.

Użytkownik wilgotnościomierza jest zobowiązany przestrzegać wszystkich zaleceń producenta i przepisów odpowiednich urzędów państwowych.

Technologia przygotowania próbek ziarna i nasion do oznaczania wilgotności za pomocą wilgotnościomierza elektrycznych, podana jest w PN-90/A-74009.

4.2. Ogólne zasady stosowania wilgotnościomierzy w przechowalnictwie zbożowym

Zalecenia dla pobierania próbek

Według naszego rozeznania, skonsultowanego z użytkownikami, z danego zbioru czy partii dostawy zboża jako warunek minimum można uznać 5 do 6 litrów ziarna na przyczepę 5 do 6 ton. Ziarna wilgotne lub bardzo wilgotne są w stanie równowagi niestalej, zależnej od równomierności rozkładu wody w ziarnie i jego temperatury.

Równomierność rozkładu wody w ziarnie zależy od:

- wilgotności względnej powietrza,
- wilgotności ziarna,
- temperatury ziarna.

Biologia ziarna:

- ziarna wilgotne, a zwłaszcza kukurydza, zmieniają znacznie swoją wilgotność od momentu zbioru,
- zmiana wilgotności ziarna jest powolna przy niskiej temperaturze (poniżej 12°C) i szybka przy wyższej temperaturze (powyżej 18°C),
- zaleca się mierzyć wilgotność ziarna po 5 godzinach od zbioru, jeśli zbierano zboże w pogodnym dniu oraz po 12 godzinach, jeśli temperatura podczas zbioru wynosiła poniżej 12°C.

Każdy pomiar wilgotności ziarna wydzielającego zapach fermentacji, nawet lekkiej, jest niepewny.

4.3. Przegląd wilgotnościomierzy

4.3.1. Wilgotnościomierze przenośne

FIRMA DRAMIŃSKI (POLSKA) specjalizująca się w produkcji przyrządów elektronicznych na potrzeby rolnictwa, oferuje cyfrowy tester wilgotności ziarna i mąki. Przyrząd ten umożliwia pomiar wilgotności różnych gatunków zboża, jak: żyta, pszenicy, pszenżyta, jęczmienia, owsa, gryki, kukurydzy oraz nasion strączkowych, jak: bobiku, łubinu, grochu, peluszek, fasoli oraz rzepaku.

Zakres pomiarowy dla większości ziaren wynosi 8 ... 35%, z wyjątkiem kukurydzy (9 ... 38%), fasoli (6 ... 30%) oraz rzepaku (4 ... 30%). Na życzenie zamawiającego producent wzorcuje tester dla innych, niż ww., gatunków zboża i nasion. Producent zaznacza, że zakresy pomiarowe w przyrządzie ulegają nieznacznym zmianom w funkcji temperatury.

Dokładność wskazań wilgotności w zakresie pomiaru do 20% wilgotności mieści się w granicach I klasy dokładności wymaganej przez PN-87/A-74004 od wilgotnościomierzy laboratoryjnych, natomiast powyżej 20% - mieści się w zakresie dokładności wilgotnościomierzy technicznych.

Zakres temperatury pomiaru	0 . . . 70°C
Błąd pomiaru temperatury	± 1°C.

Obudowa przyrządu jest wykonana z tworzywa sztucznego. Na alfanumerycznym wyświetlaczu ciekłokrystalicznym, wyświetla się: nazwę wybranego gatunku ziarna, wilgotność badanej próbki, temperaturę.

W górnej części obudowy znajduje się komora pomiarowa, a na jej dnie zamocowany jest półprzewodnikowy czujnik temperatury.

Działaniem testera steruje mikrokomputer, w którego pamięci są zaprogramowane wszystkie dane dotyczące wilgotności i jej zależności od temperatury dla poszczególnych gatunków ziarna i nasion. Wilgotnościomierz działa na zasadzie pomiaru pojemności komory pomiarowej, wypełnionej badanym ziarnem. Pojemność ta jest funkcją stałej dielektrycznej ziarna, a dla danego gatunku ziarna - funkcją zawartości wody w ziarnie.

Mikrokomputer, wchodzący w skład wilgotnościomierza, po załączeniu zasilania najpierw mierzy i zapamiętuje pojemność elektryczną pustej komory pomiarowej, uwzględniając jednocześnie wpływ temperatury i wilgotności powietrza otoczenia. Dane te stanowią warunki początkowe pomiaru. Po nasypaniu do komory pomiarowej próbki ziarna przyrząd mierzy jej wilgotność uwzględniając warunki początkowe, temperaturę próbki i porównuje ją z wartościami wilgotności dla tego samego gatunku ziarna lub nasion (zapisanymi w pamięci mikrokomputera), uzyskanymi metodą suszarkową, która jest metodą referencyjną.

W razie potrzeby wilgotnościomierz ma możliwość modyfikacji danych, tj. wprowadzenia do pamięci przyrządu korekty krzywej wzorcowania. Takie sytuacje mogą wystąpić np. przy pomiarach nowej odmiany ziarna, charakteryzującej się innymi właściwościami absorpcji wilgoci niż gatunek, na którym tester został wywzorcowany przez producenta.

Producent zaleca, aby w celu uzyskania deklarowanej dokładności pomiaru postępować ściśle według instrukcji obsługi oraz wykonać trzy pomiary. Z uzyskanych trzech pomiarów należy obliczyć średnią, która będzie końcowym wynikiem pomiaru.

W celu ułatwienia obsługi wprowadza się dodatkowo do pamięci nazwę ostatnio badanego ziarna. Oznacza to, że po wyłączeniu i ponownym włączeniu przyrządu na wyświetlaczu pojawi się nazwa ostatnio badanego ziarna. Ponadto w celu usprawnienia przyrządu i otrzymania (zdaniem producenta) dokładniejszych wskazań wprowadzono automatyczną kontrolę czasu wsypywania ziarna do komory pomiarowej. Czas ten powinien wynosić od 5 do 7 sekund. W momencie rozpoczęcia nasypywania ziarna, na wyświetlaczu wyświetlana jest czarna linia, przesuwająca się od lewej do prawej strony. Przyrząd sam rozpoznaje moment rozpoczęcia i zakończenia wsypywania ziarna. Jeśli wsypywanie zakończy się w ciągu 5...7 s, to wyświetla się napis "pomiar trwa". W innych przypadkach pojawi się napis "za szybko" lub "za wolno". Wówczas należy wysypać ziarno z komory pomiarowej i całą operację powtórzyć, nie wyłączając zasilania przyrządu.

Zasilanie przyrządu	z baterii 9 V lub z sieci 220 V, 50 Hz
Pobór prądu	ok. 14 mA.

WILGOTNOŚCIOMIERZ TYP SATELLITE UNIT C6 FIRMY TECATOR (SZWECJA)

Firma TECATOR oferuje przyrząd, który pracuje na tej samej zasadzie, jak podano wyżej i który jest uważany za jeden z najbardziej nowoczesnych wilgotnościomierzy ziarna zbożowego i nasion. W pamięci aparatu może być przechowywanych 6 krzywych wzorcowania. Używając odpowiedniego hasła można w każdej chwili wykonać korektę wzorcowania dla danego gatunku zboża lub fabryczną kalibrację przyrządu. Przyrząd ma wyjście z interfejsem RS232 do podłączenia komputera lub drukarki. Zasada działania aparatu polega na ciągłym pomiarze: pojemności, masy i temperatury badanej próbki ziarna. Pomiar tych trzech wielkości zapewnia otrzymanie w ciągu kilku sekund właściwego wyniku pomiaru wilgotności ziarna w procentach. Producent zapewnia, że aparat pracuje z deklarowaną dokładnością w zakresie wilgotności od 1% do 35%.

Zawartość wody w ziarnie wpływa na stałą dielektryczną ziarna. Sygnał pomiaru pojemności komory pomiarowej rośnie ze wzrostem zawartości wody w próbce oraz ze wzrostem wielkości próbki. Dlatego aparat dokonuje również pomiaru masy próbki. Pomiar masy próbki jest typu oscylacyjnego, tj. opiera się na pomiarze częstotliwości drgań komory pomiarowej. Drgania i pomiar ich częstotliwości jest realizowany w układzie elektromagnetycznym, a wynik jest przetwarzany przez komputer. Ten system ważenia umożliwia pomiar masy próbek od 12 g do 240 g. Waga pracuje w sposób prawidłowy również w przypadku, gdy aparat nie jest dobrze wypoziomowany, jak również gdy jest narażony na drgania.

Ze wzrostem temperatury próbki wzrasta pojemność elektryczna próbki. W ścianie komory pomiarowej znajduje się termistorowy czujnik temperatury, który w układzie mikroprocesorowym wprowadza automatyczną poprawkę do wyniku pomiaru wilgotności. Wielkość poprawki jest programowana.

Wzorcowanie przyrządu dla określonego gatunku ziarna przeprowadza się podobnie, jak w innych wilgotnościomierzach tego typu, stosując oznaczenie wilgotności ziarna metodą suszarkową (5-8 próbek), a następnie określa się dla tych próbek wartość pojemności. Zbiór obu wielkości (wilgotności i pojemności) jest wprowadzany do pamięci przyrządu i automatycznie zostaje wykreślona krzywa odpowiadająca uzyskanym danym. Dla każdego gatunku ziarna uzyskuje się inne krzywe wzorcowania.

Producent określa dokładnie wielkość próbki pomiarowej oraz sposób i czas napełnienia próbką komory pomiarowej, jak również ostrzega przed obniżeniem dokładności pomiaru, jeśli ziarno jest zanieczyszczone kamykami, pyłem, chwastami, plewami itp.

Minimalna masa próbki	12 g
Temperatura próbki	od 0 do 70°C

Producent zaleca regularne sprawdzanie przyrządu (np. raz w miesiącu), zależnie od intensywności jego używania. Do sprawdzenia należy używać zbadaną próbkę o znanym kodzie, znanej masie i temperaturze.

Podobny do wyżej opisanego wilgotnościomierza jest wilgotnościomierz tej samej firmy typ SINAR AP. W pamięci tego przyrządu może być przechowywanych 7 krzywych wzorcowania. Oba te przyrządy mogą mieć wpisane do pamięci krzywe wzorcowania z

wilgotnościomierza tej samej firmy o nazwie CENTRAL UNIT P25, w którego pamięci krzywe wzorcowania zostały wpisane, po oznaczeniu wilgotności ziarna metodą suszarkową. Krzywe wzorcowania zapisane w pamięci aparatu P25, po sprawdzeniu i uznaniu ich za prawidłowe, są przekazywane za pomocą interfejsu RS 232 do aparatów C6 oraz Sinar AP.

WILGOTNOŚCIOMIERZ TM - FIRMY TRIPETTE & RENAUD (FRANCJA)

Wilgotnościomierz "TM" pracuje na podobnej zasadzie jak opisane powyżej. Jest przyrządem w pełni automatycznym i może być używany do określania zawartości wody we wszystkich gatunkach ziarna zbóż, nasion roślin oleistych i strączkowych; jest najwyżej cenionym przyrządem w tej grupie.

Wsypana próbka ziarna (ok. 1 l) do komory przyrządu jest rozdzielona na dwie części, jakby dwie komory pomiarowe. Przyrząd mierzy pojemność elektryczną komory i oblicza zawartość wody w ziarnie. W jednej komorze znajduje się sonda temperatury, która styka się z ziarnem i umożliwia automatyczne skorygowanie zmierzonej wilgotności ziarna od temperatury. Ponadto przyrząd ma drugą sondę temperatury, która służy do kontroli temperatury otoczenia. Różnica temperatur ziarna i otoczenia musi być mniejsza od 20°C, aby wynik pomiaru wilgotności był potwierdzony przez przyrząd.

Przyrząd w 15 sekund określa: zawartość wody w próbce ziarna, temperaturę ziarna oraz ciężar właściwy ziarna (masę hektolitra). Model TM zawiera pamięć, w której można zapisać 128 krzywych wzorcowania (70 zatwierdzonych przez oficjalny organ metrologiczny i 58 do programowania przez użytkownika).

Wbudowany interfejs szeregowy RS 232 pozwala połączyć przyrząd z drukarką, komputerem itp. Dodatkowo TM może zawierać kartę modemu wewnętrzną lub zewnętrzną.

Dołączenie wilgotnościomierza do sieci komputerowej (poprzez modem) umożliwia:

- wgrywanie wykresów wzorcowania na odległość,
- scentralizowane zarządzanie lub przeprowadzanie na odległość diagnostyki przyrządu.

WILGOTNOŚCIOMIERZ TEST-O-GRAIN FIRMY TRIPETTE & RENAUD (FRANCJA)

Przyrząd ten jest bardzo prosty w użytkowaniu i wygodny do przenoszenia, a dzięki ochronnemu opakowaniu może być używany zarówno w laboratoriach i magazynach, jak i w terenie. Dla dziesięciu gatunków ziarna ma odczyt bezpośredni, a oprócz tego, dzięki układowi mikroprocesorowemu, sam użytkownik może wzorcować przyrząd dla trzech innych gatunków ziarna lub nasion.

Przyrząd ma cyfrowe wyświetlanie wyniku pomiaru na ekranie z ciekłych kryształów. Wynik otrzymuje się natychmiast z dokładnością do dziesiątej części procenta i z automatycznym przypominaniem rodzaju badanego produktu. Dzięki pomiarowi temperatury ziarna możliwa jest również korekta pomiaru wilgotności od temperatury.

Charakterystyka techniczna:

zasada pracy	pomiar pojemności
dokładność pomiaru	$\pm 0,2\%$ w stosunku do wzorca
zakres pomiarów	1...50%
komora pomiarowa	230 cm ³
masa	500 g z lejkiem

WILGOTNOŚCIOMIERZ SUPER MATIC 15 FIRMY FOSS ELECTRI (DANIA)

Przyrząd określa wszystkie podstawowe parametry badanego ziarna. Pomiar przeprowadza bez pobierania i przygotowywania jakichkolwiek próbek. Urządzenie zawiera kalibrację 16 różnych gatunków ziarna, a ponadto sam użytkownik może wprowadzić nowe dane kalibracji, jeśli tylko uzna to za konieczne. Super Matic 15 jest przystosowany do współpracy z drukarką, na której drukuje wszystkie ważniejsze parametry, dając kompletny pomiar badanego ziarna.

WILGOTNOŚCIOMIERZ MM-2R PRODUKCJI LITEWSKIEJ

Przyrząd jest przewidziany do pomiaru wilgotności ziarna zbożowego, nasion traw itp. Zasada pracy oparta jest na pomiarze pojemności komory pomiarowej, napełnianej badanym ziarnem. Komora jest zamykana specjalną pokrywą zapewniającą stałą gęstość ziarna w komorze. Na płycie czołowej miernika znajduje się wskaźnik analogowy z kilkoma podzielniami. Dla żyta i pszenicy wykonana jest oddzielna podzielnia i pomiar wilgotności tych zbóż odczytuje się bezpośrednio na mierniku. Dla innych gatunków ziarna oraz nasion wartość wilgotności odczytuje się z załączonych tabel konwersji, na podstawie wychylenia wskaźnika.

W celu uniknięcia błędu pomiaru producent zaleca powtórzenie pomiaru, biorąc próbki ziarna z różnych miejsc. Jeżeli temperatura badanego ziarna różni się od temperatury przyrządu, należy dodatkowo użyć tabeli korekcji temperatury.

WILGOTNOŚCIOMIERZ WZ-3 PRODUKCJI PIAP (POLSKA)

Zasada pracy wykonanego w PIAP wilgotnościomierza typu WZ-3 jest oparta, tak jak wyżej opisanych przyrządów na pomiarze pojemności komory pomiarowej napełnionej badanym ziarnem. Przyrząd został wywzorcowany tylko dla żyta i pszenicy, ale na życzenie może być wywzorcowany oraz wyposażony w tabele konwersji i tabele korekcyjne dla innych gatunków zboża i nasion. Komora pomiarowa, wykonana starannie z mosiądzu i teflonu, od góry jest zamykana pokrywą ze sprężyną zapewniającą stały docisk i stałą gęstość ziarna w komorze.

Analogowy sygnał wyjściowy rzędu 10 mV/% wilgotności ziarna steruje woltomierzem cyfrowym z wyświetlaczem na ciekłych kryształach.

W celu zmniejszenia błędu pomiaru, zaleca się powtórzenie pomiaru lub wykonanie 3 pomiarów, biorąc próbki z różnych miejsc tej samej dostawy. Otrzymana średnia z trzech pomiarów będzie ostatecznym wynikiem.

Podstawowe dane techniczne:

zakres pomiaru wilgotności	5 . . . 45 %
temperatura pracy przyrządu	0 . . . 50°C
zasilanie	bateryjne 9 V
ciężar komory pomiarowej	ok. 150 g

4.5.2. Wilgotnościomierze stacjonarne

WILGOTNOŚCIOMIERZ MYFA TYP A FIRMY BÜHLER (NIEMCY)

Całe urządzenie realizujące pomiar i regulację wilgotności zboża przesypywanego składa się z czterech podstawowych podsystemów: pomiaru przepływu ziarna, pomiaru wilgotności, pomiaru temperatury, pomiaru masy.

Pomiar przepływu ziarna

Urządzenie w celu dokładnego pomiaru wilgotności zboża przesypywanego, pobiera taką ilość produktu, która jest reprezentatywną częścią jego całkowitej ilości. Część zboża przesypywanego poprzez urządzenie wpływa w pierwszej kolejności do komory pomiarowej o objętości około 5 litrów, natomiast większa część strumienia ziarna wpływa do równoległe przebiegającego kanału, na którego zewnętrznej ścianie jest zamocowane urządzenie do regulacji poziomu ziarna. Urządzenie z napędem pneumatycznym steruje specjalną zasuwą, utrzymując stały poziom ziarna w kanale równoległym.

Przez komorę pomiarową przepływa 5...10% całkowitej ilości ziarna. Procentowy podział obu strumieni jest ustawiany za pomocą specjalnej kłapy, tak aby przez komorę pomiarową przepływała część reprezentatywna.

Pomiar wilgotności

Komora pomiarowa przedzielona jest wewnątrz płytą "kondensatorową" na dwie części, które w czasie pracy są zawsze wypełnione ziarnem. Płyta ta wraz z obudową komory stanowi kondensator elektryczny, którego pojemność zależy od wilgotności przepływającego przez komorę ziarna. Sygnał pomiarowy jest obrabiany w urządzeniu elektronicznym z uwzględnieniem wszystkich czynników wpływających na wilgotność ziarna.

Pomiar temperatury

W dolnej części kanału równoległego jest zabudowany czujnik temperatury, który, dołączony do urządzenia elektronicznego, na bieżąco rejestruje temperaturę ziarna, zapewniając również automatyczną korektę wilgotności od temperatury.

Pomiar masy ziarna

Pomiar ten odbywa się w specjalnym zbiorniku umieszczonym w kanale równoległym, który jest zawieszony przegubowo na wspornikach resorowanych, spoczywających na mostku tensometrycznym. W ten sposób jest realizowany w sposób ciągły pomiar masy

ziarna w napełnionym zbiorniku. Sygnał pomiarowy jest proporcjonalny do masy objętościowego zboża.

Układ elektroniczny

Wszystkie sygnały pomiarowe są doprowadzone przez skrzynkę rozdzielczą do urządzenia elektronicznego MYFA. Urządzenie to przetwarza wszystkie sygnały pomiarowe, przeprowadza niezbędne kalibracje i wyświetla na dużym ekranie ciekłokrystalicznym następujące wyniki pomiarów:

- wilgotność ziarna w %
- strumień masy ziarna w t/h
- przepływ wody w l/h
- temperatura ziarna w °C
- wilgotność ziarna zadana w %
- 3 wartości kontrolne.

System MYFA zapewnia również sterowanie procesem nawilżania ziarna do przemiału, utrzymując zadaną wartość wilgotności ziarna, optymalną w procesie przemiału.

WILGOTNOŚCIOMIERZ TYPU HYGROS TEC-II FIRMY SANGATI (WŁOCHY)

Urządzenie HYGROS tec-II składa się z następujących podzespołów:

- pomiaru wilgotności;
- pomiaru przepływu (waga przepływowa);
- systemu nawilżania.

Urządzenie może pracować przy strumieniu masy ziarna:

- minimum 3 t/h
- maksimum 20 t/h

Podstawowe dane techniczne:

zakres pomiaru wilgotności ziarna	6 ... 45%
temperatura użytkowania przyrządu	0 ... 50°C
temperatura przechowywania	-20 ... 60°C
temperatura ziarna	5 ... 45°C
zasilanie	80 ... 250 V, 47 ... 63 Hz
masa	14 kg

Po załączeniu zasilania wilgotnościomierz sprawdza prawidłowość działania większości swych funkcji (pamięć, parametry inicjacji, silnik, kontakty itd.) w trakcie sekwencji testowej, podczas której klawiatura jest wyłączona. Po tym okresie autodiagnostyki użytkownik może dokonywać pomiarów wilgotności, zmienić gatunek ziarna lub wybrać inne funkcje z pamięci przyrządu. Przyrząd ma wyświetlacz z ciekłych kryształów (LCD) o dużych wymiarach (128x256 pixeli), co pozwala na wygodne komunikowanie się z użytkownikiem.

Na wyświetlaczu można wywołać pełny katalog ziaren z podaniem nazwy, numeru ziarna i zakresu pomiarowego wraz z zaznaczeniem, że dana kalibracja została zatwierdzona przez odpowiednią służbę metrologiczną.

Cykl pomiarowy rozpoczyna się od opuszczenia komór na czujnik wagi w celu zapisa-
nia wielkości wyjściowych (masy pustej komory, wartości kontrolnych i temperatury). Po
tej operacji następuje napełnienie komór, pomiar wszystkich parametrów i wysypanie
ziarna do szufladki. Cały cykl trwa ok. 20 sekund. Wszystkie wyniki są wyświetlane. Jeśli
jest podłączona drukarka, to wyniki są również drukowane na taśmie.

Przed rozpoczęciem pomiaru można wprowadzić komentarz (nazwa dostawcy, numer
kodu, odmiana ziarna itp.), który również będzie wydrukowany.

Przed każdym cyklem pomiarowym wilgotnościomierz sprawdza:

- sprawność pracy silnika napełnienia i opróżnienia komory,
- wartości kontrolne,
- masę pustej komory pomiarowej,
- spełnienie warunków pomiarów.

W przypadku pojawienia się jakiegokolwiek nieprawidłowości na wyświetlaczu pojawia się
odpowiedni komunikat.

WILGOTNOŚCIOMIERZ TR 400 AUTO FIRMY TRIPETTE & RENAUD (FRANCJA)

Wilgotnościomierz TR 400 AUTO jest unowocześnioną wersją miernika wilgotności typu
TR 400 PS. Mierzy wilgotność oraz masę właściwą zbóż i roślin oleistych. Przyrząd ma
wbudowaną wagę i drukarkę. W pamięci ma charakterystyki ponad 30 gatunków ziarna.
Ponadto istnieje możliwość wpisywania przez użytkownika do pamięci przyrządu charakte-
rystyk innych gatunków ziaren. W ten sposób wilgotnościomierz spełnia wszystkie potrze-
by w zakresie pomiaru wilgotności ziarna.

Przyrząd wyświetla natychmiast nazwę badanego ziarna, wilgotność, masę właściwą
oraz temperaturę ziarna wewnątrz komory pomiarowej. Jednocześnie wszystkie te para-
metry drukuje na specjalnym bilecie. Wbudowany interfejs RS 232 umożliwia przyłączenie
wilgotnościomierza do komputera w celu odczytu danych i przesyłania ich na odległość.

Przyrząd pracuje na zasadzie pomiaru pojemności, bazując na stałej dielektrycznej
ziarna zmieniającej się w funkcji wilgotności. Pomiar dokonuje się na próbce 400 g wsypa-
nej do zbiornika, niezależnie od rodzaju ziarna i jego ilości. Próbkę 400 g jest odważana
automatycznie, a ponadto pomiar wilgotności jest korygowany w zależności od temperatu-
ry ziarna w komorze pomiarowej. Przyrząd cechuje prostota budowy oraz duża łatwość
użytkowania. Przyrząd poza pełną automatyką pomiaru wilgotności, ma również samokon-
trolę z sygnalizacją niewłaściwych czynności i lokalizacją uszkodzenia.

Charakterystyka:

- ponad 30 charakterystyk gatunków ziarna w pamięci przyrządu
- sterowanie na odległość
- automatyczne ważenie

- automatyczny pomiar temperatury ziarna
- napięcie zasilania 220 V, 50 Hz
- moc pobierana 60 VA
- masa brutto 39 kg
- wymiary 450x550x600 mm

Pomiar wilgotności

Warunkiem niezbędnym dla prawidłowej pracy sond i deklarowanej dokładności układu pomiarowego jest oczyszczony, jednorodny gatunek zboża lub nasion. Zanieczyszczenia produktu powodują zakłócenia w układzie pomiarowym.

Produkt wsypywany do komory pomiaru wilgotności musi być doprowadzony w pionie na odcinku około 50 cm, licząc od komory pomiarowej, która musi być zawsze wypełniona.

Przepływ produktu przez komorę pomiarową całą objętością jest podstawą dobrego działania sondy pomiarowej. W celu uniknięcia wibracji oddziałujących niekorzystnie na sondy, układ pomiarowy jest połączony z instalacją technologiczną za pomocą złącza elastycznego.

Elementy układów pomiarowych (sondy wilgotności oraz przepływu) należy mocować na stałym wsporniku w sposób eliminujący drgania i wibracje. Pomiar wilgotności możliwy jest w zakresie 5 ... 20%, błąd pomiaru wynosi $\pm 1 \dots \pm 2\%$.

Pomiar przepływu ziarna zbóż

Urządzenie do pomiaru przepływu ziarna jest typu "szczelinowo- płytowego". Dostarczone urządzenie jest wykalibrowane przez producenta na żądany zakres wydajności i musi być utrzymywane w wyjątkowej czystości. Szczególnej konserwacji wymagają części ruchome urządzenia.

System nawilżania ziarna

Urządzenie zawiera system nawilżania typu ślimakowego. Układ nawilżania wymaga instalacji wodnej o minimalnym ciśnieniu 0,1-0,15 MPa. Regulacja wydajności wody nawilżającej ziarna odbywa się automatycznie. Układem dozowania steruje mikrokomputer, który w sposób ciągły zapewnia zadaną wilgotność produktu. Zmierzona na wejściu wilgotność produktu oraz ilość produktu, który ma być nawilżony stanowią dwa podstawowe parametry do obliczenia ilości wody, jaka ma być dodana do ziarna. Woda ta jest termostatowana w celu uniknięcia zakłóceń pracy układów pomiarowych. Minimalna temperatura, na jaką należy ustawić termostat, powinna wynosić nie mniej niż $+5^{\circ}\text{C}$. Urządzenie to dostosowane jest do pracy przy zasilaniu prądem przemiennym o napięciu 110 V lub 220 V i częstotliwości 50 Hz lub 60 Hz. Jest ono zaopatrzone w system zdalnego sterowania i kontroli.

WILGOTNOŚCIOMIERZ HUMISTAR FIRMY SERDIA (FRANCJA)

Przyrząd pracuje na zasadzie pomiaru stałej dielektrycznej badanego ziarna. Dokonuje on automatycznie ciągłego pomiaru wilgotności ziarna oraz niezbędnych parametrów. Przyrząd instalowany bezpośrednio na linii transportu wewnętrznego zboża lub w obwodzie "by pass", pozwala kontrolować jakość zboża i określić jego rzeczywistą wartość.

Przyrząd składa się z jednostki obróbki sygnału pomiarowego (Humistar 20) oraz z jednej lub dwóch komór pomiarowych (Humistar 10). Standardowe wyposażenie przyrządu zapewnia współpracę między tymi zespołami.

Urządzenie drukuje dane o wilgotności każdej ekstrakcji ziarna (np. z suszarki) oraz dokonuje wydruku wilgotności ziarna "na linii" w sposób cykliczny. Alarmuje sygnałem świetlnym i akustycznym o przekroczeniu każdej dopuszczalnej (górną i dolną) wartości wilgotności.

Urządzenie jest wyposażone w interfejsy RS 422 i Centronics. Wszystkie zebrane informacje (wyniki pomiarów, przekroczenia dopuszczalnych wartości, data i godzina pomiarów oraz wszystkie alarmy) może przesyłać do centrali. Architektura i osprzęt urządzenia pozwalają na włączenie przyrządu w system automatycznego sterowania suszarkami zboża itp.

Komora pomiarowa Humistar 10 jest wyposażona w urządzenie filtrujące (oczyszczające kontrolowane ziarno), w urządzenie kontrolujące wypełnienie komory, regulator przepływu ziarna oraz w sondę temperatury.

Dane techniczne:

Humistar 10

zakres pomiaru wilgotności	1 ... 50%
zakres pomiaru temperatury	0 ... 85°C
zasilanie	220 V, 50 Hz
pobór mocy	40 W
masa	11 kg

Humistar 20

CPU	16 bitów
wyświetlacz	LCD 40 znaków
interfejs szeregowy	RS 422
interfejs równoległy	Centronics
zasilanie	220 V, 50 Hz
pobór mocy	maks. 300 W
stopień ochrony obudowy	IP 55 (wg PN-92/E-08106)
wymiary zewnętrzne	500x400x200 mm
masa	ok. 12 kg

Lp.	Nazwa lub typ wilgotnościomierza	Firma, kraj	Rodzaj przyrządu
1	Cyfrowy tester wilgotności	Dramiński, Polska	przenośny
2	Satellite Unit C6	Tecator, Szwecja	"
3	Sinar AP	Tecator, Szwecja	"
4	Central Unit P25	Tecator, Szwecja	"
5	T M	Tripette & Renaud, Francja	"
6	TR 400 AUTO	Tripette & Renaud, Francja	stacjonarny
7	Test-O-Grain	Tripette & Renaud, Francja	przenośny
8	Super Matic 15	Foss Eletic, Dania	"
9	MM-2R	Litwa	"
10	WZ-3	PIAP, Polska	"
11	MYFA typ A	Bühler, Niemcy	stacjonarny
12	Hygros - tec II	Sangati, Włochy	"
13	Humistar	Serdia, Francja	"

LITERATURA

- [1] Cereal and pulses - Guidance on measurement of the temperature of grain stored in bulk, ISO 4112, second edition, 1990.
- [2] Chotkowski J., Szyszło J.: Produkcja roślinna, technologia przechowania zbóż, ziemniaków i pasz. Warszawa 1994 SGGW.
- [3] Chwaleba A., Pomiński M., Siedlecki: Metrologia elektryczna. Warszawa 1994 PWN.
- [4] Deluga E., Ostaszewska M.: Ciągły pomiar wilgotności ziarna zbóż w zakładach przemysłu zbożowo-młynarskiego. Warszawa 1993 Wyd. Centr. Lab. Technologii, Przetwórstwa i Przechowania Zbóż.
- [5] Foldery i instrukcje obsługi urządzeń i wyrobów przedstawionych w niniejszej pracy.

- [6] Frączek J.: Aparatura przeciwybuchowa w wykonaniu iskrobezpiecznym. Katowice 1995 Śląskie Wyd. Tech.
- [7] Guide to the expression of uncertainty in measurement, ISO/TAG 4WG 3, 1992.
- [8] Jórczak J., Kobosko A., Leśkiewicz H.: Komputerowy system kontroli do elewatorów zbożowych, obniżający straty w składowanym ziarnie oraz zmniejszający zużycie energii i paliw. Materiały z Konferencji „Racjonalizacja użytkowania energii i środowiska” s. 337-342, Poręбка-Kozubnik 1993.
- [9] Kobosko A.: Wybrane zagadnienia sterowania procesami przechowywania ziemiaków i ziarna zbóż. Warszawa 1983 IBMER. s. 149.
- [10] Kobosko A.: Wybrane układy pomiarowe i automatycznej regulacji stosowane do kształtowania mikroklimatu w magazynach rolniczych. Warszawa 1986 IBMER s.186.
- [11] Kobosko A.: Program rozwoju elektronicznej, automatyzacji i robotyzacji w rolnictwie, leśnictwie i gospodarce żywnościowej. Materiały z X Konferencji Automatyki, Lublin 1988.
- [12] Kobosko A.: The temperature measuring and registration system for small and large grain storages. Materiały z VI Symposium „Poljoprivredno masinstvo i nauka” Belgrad 1988. s. 398-402.
- [13] Kobosko A.: Computer system of control for the largest grain storages. Proceedings of the XIII IMEKO World Congress. Turyn 1994. vol. 3 s. 2684-2689.
- [14] Piotrowski J.: Podstawy metrologii. Warszawa 1977 PWN.
- [15] PN-72/A-74001: Przetwory zbożowe. Pobieranie próbek
- [16] PN-73/A-74015: Przetwory zbożowe. Oznaczanie stopnia rozdrobnienia
- [17] PN-86/A-74011: Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności
- [18] PN-87/A-74004 (eqv ISO 7700-1:1984 Ziarno zbóż. Sprawdzenie wzorcowania wilgotnościomierzy
- [19] PN-90/A-74009: Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i rzepaku oraz przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności za pomocą wilgotnościomierzy elektrycznych
- [20] PN-91/A-74010 (eqv ISO 712:1985): Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (rutynowa metoda odwoławcza)
- [21] PN-93/A-74012 (eqv ISO 711:1985): Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności (podstawowa metoda odwoławcza)
- [22] PN-82/C-01200/01, 08, 09: Zagrożenie pożarem i wybuchem. Parametry zapalności i wybuchowości
- [23] PN-83/M-53852 Termometry elektryczne. Charakterystyki czujników (rezystorów) termometrycznych

- [24] PN-83/E-08110: Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe. Wspólne wymagania i badania
- [25] PN-84/E-08107: Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe. Urządzenia i obwody iskrobezpieczne. Wymagania i badania
- [26] PN-84/E-08119: Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe. Mieszaniny wybuchowe. Klasyfikacja i metody badań
- [27] PN-92/E-08106: Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy.
- [28] PN-ISO 6540: 1994, (ISO 6540), zamiast PN-86/A-74011 w zakresie kukurydzy: Kukurydza. Oznaczanie wilgotności (rozdrobionego i całego ziarna)
- [29] PN-69/R-74016: Ziarno zbóż. Oznaczanie szkodników, zanieczyszczeń i zaśmiecienia
- [30] PN-70/R-74010, (eqv. ISO 950): Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne. Pobieranie próbek
- [31] PN-76/R-66146: Ziarno roślin oleistych. Pobieranie próbek i przygotowanie próbki laboratoryjnej
- [32] Sergunow W.S.: Distancyjnyj kontrol temperatury ziarna w elewatorach. Moskwa 1977 Kolos.
- [33] Świerzewski M.: Elektryczne urządzenia przeciwybuchowe w pytaniach i odpowiedziach. Warszawa 1982 WNT.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego METODY I URZĄDZENIA POMIAROWE DLA PRZECHOWALNICTWA ZBOŻOWEGO, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1992-1995 oraz w ramach projektu celowego: KOMPUTEROWY SYSTEM KONTROLI DO ELEWATORÓW ZBOŻOWYCH, finansowanego przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów i przez Komitet Badań Naukowych w latach 1992-1995.