

APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA STOSOWANA W ZAKŁADACH PRZETWÓRSTWA SPOŻYWCZEGO

PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z ZAKRESU APARATURY KONTROLNO-POMIAROWEJ

Właściwy przebieg procesów technologicznych w przemyśle cukierniczym zależy od utrzymania na stałym poziomie różnych parametrów, m.in.:

- ciśnienia,
- temperatury,
- wilgotności,
- masy,
- ilości cieczy.

Odpowiednia jakość produktu finalnego zależy w znacznym stopniu od prawidłowego przebiegu pomiaru.

MANOMETRY, WAKUOMETRY I PRZEPŁYWOMIERZE

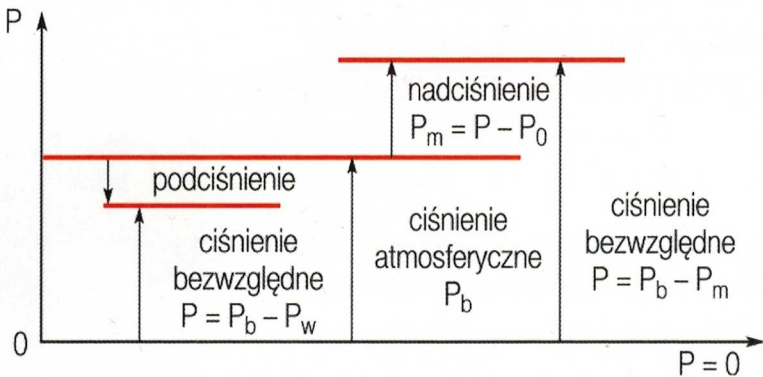
Do pomiaru ciśnienia służą urządzenia:

- manometry,
- wakuometry.

Ciśnienie może przybierać wartości większe od ciśnienia atmosferycznego, wówczas mówi się o nadciśnieniu, lub wartości mniejsze od zera – wówczas mówi się o podciśnieniu lub tzw. próżni.

Ciśnienie wywierane przez słup powietrza atmosferycznego nosi nazwę ciśnienia atmosferycznego i oznaczane jest przez P_b .

Wzajemne zależności między omówionymi ciśnieniami pokazano na rysunku.



Rys. 4.1. Rodzaje ciśnień (opracowanie własne)

Ciśnienie wywierane przez słup płynu nosi nazwę ciśnienia hydrostatycznego i jest określone wzorem:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

gdzie: ρ – gęstość cieczy manometrycznej, g – przyspieszenie grawitacyjne, h – wysokość słupa cieczy.

W układzie międzynarodowym jednostek miar SI podstawową jednostką ciśnienia jest paskal (Pa). Jeden paskal jest to ciśnienie, które wywiera siła 1N (jednego niutona) działająca równomiernie na powierzchnię o polu $1m^2$. Ponieważ paskal jest jednostką ciśnienia bardzo małą, np. ciśnienie atmosferyczne wyraża się liczbą około 10^5 Pa, więc w technice używa się wielokrotności tej jednostki – kilopaskali (kPa) oraz megapaskali (MPa).

Ciśnienie może być podawane w takich jednostkach jak:

- Pa (paskal): megapaskale (1 MPa = 10^6 Pa) oraz kilopaskale (1 kPa = 10^3 Pa),
- bar: 1bar = 10^5 Pa,
- wysokość słupka H_2O (wody): 1mmH₂O = 9,81 Pa,
- tor – wysokość słupka Hg (rtęci): 1tr = 1mmHg = 133,3 Pa.

Manometr – służy do pomiaru ciśnienia cieczy i gazów.

Ze względu na wskazywane ciśnienie manometry dzieli się na:

- manometry względne – wskazujące różnicę ciśnień,
- manometry bezwzględne – wskazujące ciśnienie w odniesieniu do próżni.

Manometry dzieli się również ze względu na wartość ciśnienia:

- manometry hydrostatyczne, < 100 hPa (U-rurkowe lub naczyniowe),
- manometry prężne, > 100 hPa (z rurką Bourdona).

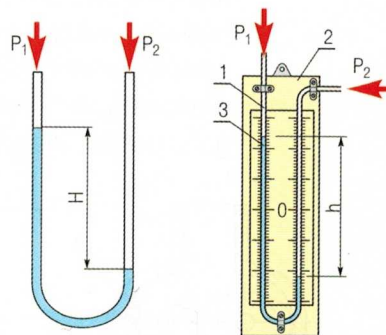
Najprostszym manometrem jest manometr U-rurkowy działający na zasadzie naczyń połączonych.

Manometr U-rurkowy jest wykonany z rurki szklanej wygiętej w kształcie litery U wypełnionej cieczą. Służy do pomiaru małej różnicy ciśnień, jak np. przy przepływie płynów. Zasada działania manometrów U-rurkowych oparta jest na równości ciśnień na poziomych powierzchniach w naczyniach połączonych. Pomiarowi podlega przesunięcie słupa cieczy manometrycznej. W praktyce wykonuje się U-rurki do pomiaru ciśnień nieprzekraczających 300 kPa. Podyktowane to jest m.in. trudnością w utrzymaniu jednakowej temperatury (gęstości) cieczy manometrycznej na poziomach różniących się znacznie wysokością.

Manometr z rurką Bourdona należy do grupy manometrów sprężynowych. Jest to manometr, w którym wykorzystane jest sprężyste odkształcenie ciała pod wpływem działającego ciśnienia rzędu kilkuset atmosfer. Elementem sprężystym jest wygięta łukowo rurka mosiężna lub stalowa połączona sztywno jednym końcem z osadą zakończoną złączką z gwintem, a na drugim końcu zamknięta i zaopatrzona w przekładnię poruszającą wskazówkę po skali. Na osi obrotu wskazówki zamocowano element sprężysty. Całość mechanizmu umieszczona jest w osłonie metalowej. Odczytu ciśnienia dokonuje się bezpośrednio ze skali.



Rys. 4.2. Manometr

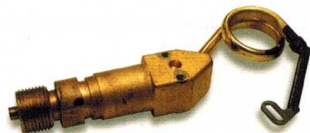


Rys. 4.3. Manometr U-rurkowy.

Schemat i budowa: 1 – rurka szklana, 2 – deska mocująca, 3 – podziałka

Wakuometry to przyrządy do pomiaru podciśnienia.

Zasada działania oraz konstrukcja wakuometru niczym nie różni się od manometrów cieczowych. Jeżeli manometr cieczowy wykorzystamy do pomiaru podciśnienia, to mówimy na niego wakuometr.



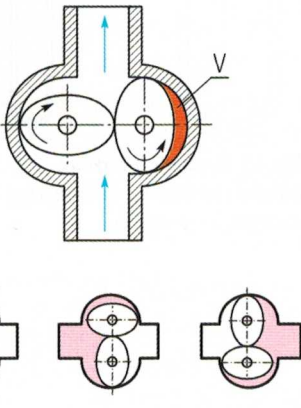
Rys. 4.4. Rurka Bourdona

Przepływomierz służy do pomiaru objętości cieczy lub gazu poruszających się przez daną powierzchnię prostopadłą do kierunku przepływu.



Rys. 4.5. Podział przepływomierzy mechanicznych (opracowanie własne)

Przepływomierz silnikowy – przepływający płyn napędza bezpośrednio element roboczy przepływomierza (czujnik), który za pośrednictwem przekładni przenosi jego wskazania na mechanizm liczący (licznik). Istnieją dwa zasadnicze rodzaje przepływomierzy silnikowych: **komorowe** i **wirnikowe**. Różnią się one zasadniczo właściwościami i konstrukcją, wspólną właściwością jest tylko obrotowy ruch organu pomiarowego. Mogą być przeznaczone do pomiaru cieczy lub gazów.



Rys. 4.6. Schemat przepływomierza z owalnymi tłokami

- **Przepływomierz komorowy**, zwany objętościowym, działa na zasadzie zliczania liczby porcji płynu odmierzanych w odpowiednich komorach o niezmienniej objętości. Odmierzanie odbywa się w sposób ciągły i jest rejestrowane przez licznik, który wywzorowany jest bezpośrednio w jednostkach objętości. Zasada działania przepływomierza komorowego przedstawiona zostanie na przykładzie przepływomierza owalnokołowego – najczęściej spotykanego w przypadku pomiaru ilości przepływającej cieczy. Zasadnicze jego elementy to dwa owalne koła zębate wpasowane z możliwie małym luzem (luz są źródłem błędów pomiaru) w komorę odpowiedniego kształtu.

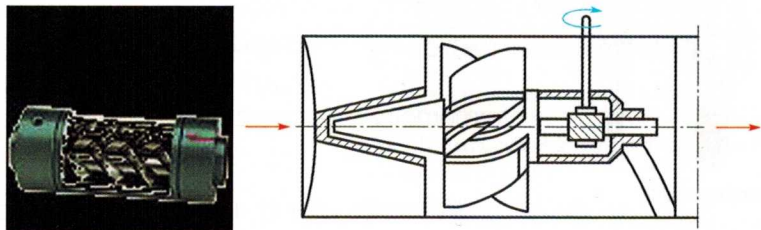
- **Przepływomierz wirnikowy** działa zgodnie z zasadą pomiaru objętości przepływającej cieczy za pomocą wirnika o stałej geometrii łopatek. Wewnątrz wirnika znajdują się magnesy hermetycznie odizolowane od mierzonego medium. Umieszczony w obudowie czujnik Halla w sposób bezkontaktowy odbiera ruch obrotowy magnesów i przetwarza na proporcjonalny do przepływu sygnał częstotliwościowy.

Przeływomierze wirnikowe można stosować do pomiaru przepływu cieczy (także agresywnych) w układach, gdzie ciśnienia dochodzą do 100 bar, a temperatura osiąga 100°C.

Wirnik może być:

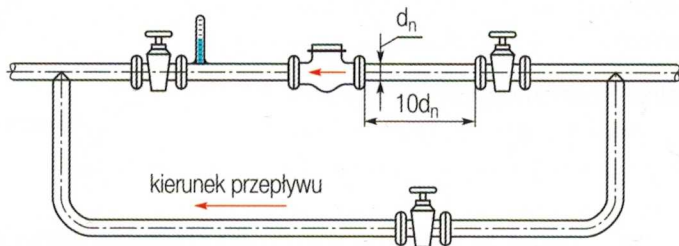
- **skrzydełkowy** (przeływomierz skrzydełkowy),
- **śrubowy** (przeływomierz śrubowy).

Przeływomierz śrubowy przeznaczony jest do pomiaru natężenia przepływu cieczy w bardzo szerokim zakresie średnic i prędkości przepływu. Osł wirnika przeływomierza może być równoległa do osi rury lub prostopadła do niej. Przeływomierze wymagają ciągłej, okresowej kontroli, gdyż ich dokładność wskazań szybko maleje ze wzrostem zużycia.



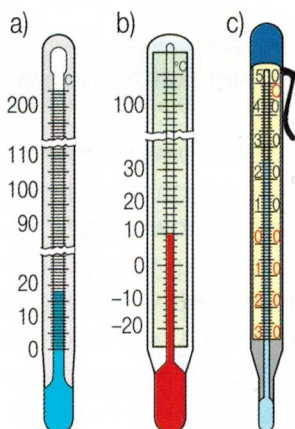
Rys. 4.7. Przeływomierz śrubowy

Przeływomierze wirnikowe, podobnie jak komorowe, należą do najdokładniejszych przyrządów. Błąd pomiaru wynosi 0,5–2%, a dochodzi do 5%, jeżeli strumień przepływu zmniejszy się poniżej 5% wartości nominalnej. Znalazły zastosowanie przede wszystkim jako wodomierze zarówno do wody zimnej, jak i gorącej. W przeływomierzach przeznaczonych do pomiaru ilości wody zimnej wirniki są wykonywane z celuloиду, ebonitu lub innych tworzyw sztucznych, a do wody gorącej – z metalu. Niewielkie nawet zanieczyszczenia mechaniczne powodują szybkie zużycie łożysk.



Rys. 4.8. Sposób instalacji wodomierza w sieci

Termometr to przyrząd pomiarowy służący do oznaczania temperatury w sposób pośredni, przez rejestrację wybranej, a zależnej od temperatury wielkości fizycznej.



Rys. 4.9. Termometry szklane:
a – rurkowy, b – pałeczkowy,
c – z zawieszka

Rodzaje termometrów:

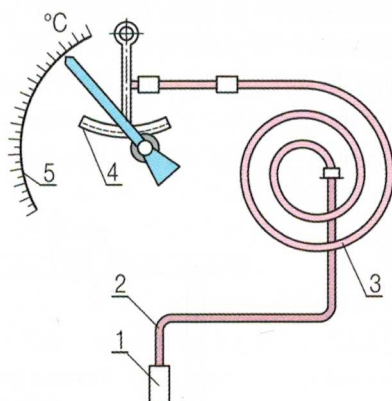
- termometry rozszerzalnościowe (cieczowe szklane) wykorzystują rozszerzalność cieplną cieczy, np. rtęci lub alkoholu;
- termometry manometryczne wykorzystują zjawisko zmiany ciśnienia płynu;
- termometry elektryczne (oporowe) wykorzystują zmianę oporu przewodnika pod wpływem temperatury;
- termometry elektroniczne.

W termometrach rozszerzalnościowych (cieczowych szklanych) wykorzystuje się zjawisko zmiany objętości cieczy termometrycznej wraz ze zmianą temperatury. Właściwości cieczy termometrycznych decydują głównie o charakterystyce termometru. Oprócz tego istotny jest rodzaj szkła, z którego wykonano termometr. Jako ciecz termometryczna najwięcej zalet ma rtęć.

Cieczowe termometry szklane mogą być:

- rurkowe – mają cienkościenną kapilarę oraz osobno wykonaną skalę umieszczoną wewnątrz szklanej rurki;
- pałeczkowe – mają grubościenną kapilarę, na której jest nacięta skala.

Termometry manometryczne wykorzystują zjawisko zmiany ciśnienia płynu termometrycznego (przy stałej objętości) pod wpływem zmiany temperatury.

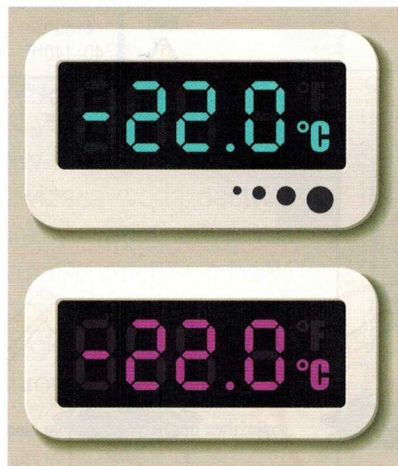


Rys. 4.10. Termometr manometryczny:
1 – czujnik, 2 – przewód łączący,
3 – element sprężysty, 4 – mechanizm
wskaźnikowy, 5 – skala

Działanie termometru elektronicznego oparte jest na zmianie oporu jest na zmianie oporu przewodnika pod wpływem temperatury – termometry oporowe, lub na zjawisku powstawania napięcia w złączeniu dwóch metali – termoelementy.

Termometry elektroniczne są szeroko stosowane w przemyśle. Charakteryzują się:

- dużym zakresem pomiarowym (do 2300°C);
- możliwością umieszczenia urządzenia wskazującego w dowolnym miejscu, np. na pulpicie pomiarowo-kontrolnym lub w znacznej odległości od punktu, w którym dokonywany jest pomiar;
- możliwością rejestracji wskazań termometru.



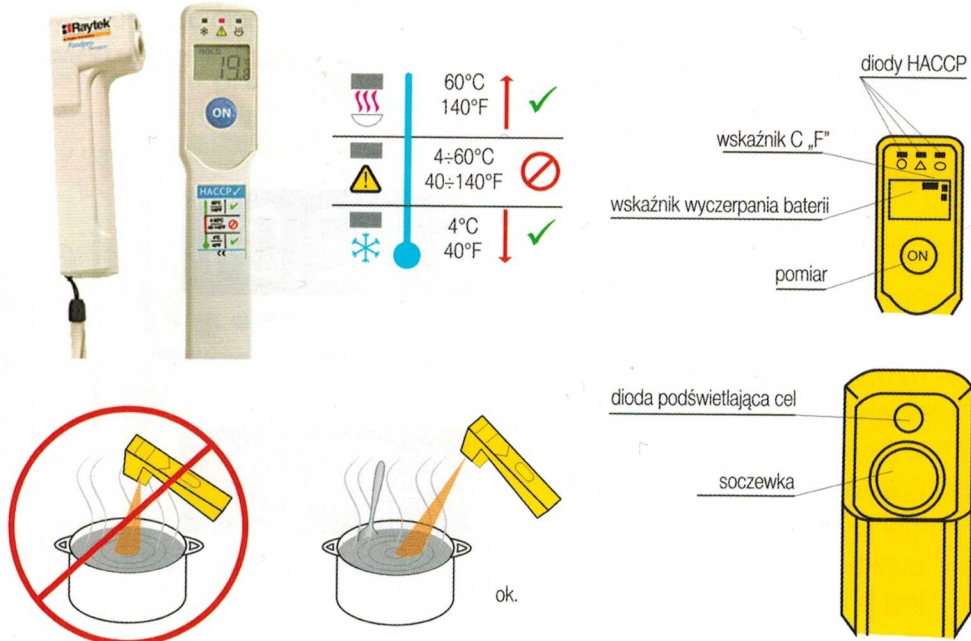
Rys. 4.11. Termometr elektroniczny do mierzenia temperatury ciasta w temp. $-50^{\circ}\text{C}/+250^{\circ}\text{C}$



Rys. 4.12. Termometr elektroniczny

Pirometr to elektroniczny przyrząd służący do bezdotykowego pomiaru temperatury na powierzchni przedmiotów (produktów spożywczych, ceramicznych). Działa na podstawie analizy promieniowania ciepłego emitowanego przez badane ciała.

Pirometr pozwala na pomiar temperatury żywności w zakresie $-30\div 205^{\circ}\text{C}$, $-22\div 400^{\circ}\text{F}$, za pomocą laserowego celownika na podczerwień. Niektóre pirometry oprócz podania temperatury informują też, czy mieści się ona w bezpiecznym zakresie HACCP (kontrola bezpieczeństwa żywności): sygnalizują „właściwą” (zielone światelko) albo „niewłaściwą” (czerwone światelko) temperaturę.

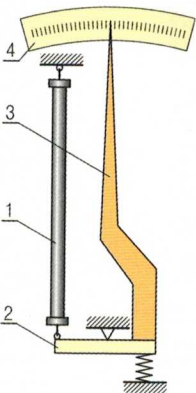


Rys. 4.13. Pirometr powierzchniowy na podczerwień. Budowa i sposób użycia

Higrometr służy do pomiaru wilgotności względnej powietrza. Jego działanie opiera się na zjawisku zmiany własności pewnych substancji w wyniku zmiany wilgotności badanego ośrodka.

Higrometry znajdują zastosowanie w magazynach (m.in. farmaceutycznych), archiwach, bibliotekach, przemyśle spożywczym (zwłaszcza w systemie HACCP). Najbardziej znany jest *higrometr włosowy*.

Higrometr włosowy, w którym do pomiaru wykorzystuje się włos ludzki lub zwierzęcy (np. koński), zmienia swoją długość w zależności od ilości pochłoniętej wilgoci – im bardziej mokry, tym dłuższy. Do włosa przymocowana jest wskazówka, która obraca się na wyskalowanej tarczy i wskazuje aktualną wilgotność.

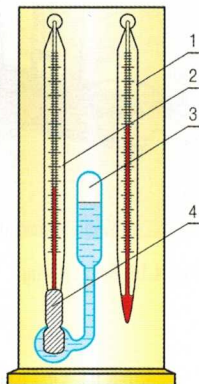


Rys. 4.14. Higrometr włosowy: 1 – napięte włosy, 2 – układ dźwigniowy, 3 – wskazówka, 4 – skala wilgotności

Psychrometr to przyrząd służący do pomiaru wilgotności powietrza, składający się z dwóch termometrów rtęciowych: suchego i zwilżonego (zbiornik z rtęcią jest owinięty mokrym batysem); po odczytaniu wskazań obu termometrów wyznacza się wilgotność powietrza.

Psychrometr aspiracyjny służy do pomiaru wilgotności. Składa się z dwóch termometrów zwanych odpowiednio wilgotnym i suchym – zbiorniczek rtęciowy jednego z nich owinięty jest szmatką bawełnianą stale zwilżaną wodą destylowaną z naczynia szklanego. Naturalny ruch powietrza powoduje odparowywanie wody ze szmatki i oziębianie bańki termometru „mokrego”. Różnica wskazań obu termometrów jest miarą wilgotności – wilgotność względną powietrza odczytuje się z wykresu lub z tablic psychrometrycznych.

Rys. 4.15. Psychrometr: 1 – termometr suchy, 2 – termometr mokry, 3 – tkanina zwilżająca, 4 – naczynie z wodą destylowaną



WAGI

Wagi to urządzenia służące do (pomiaru masy) ważenia surowców, półproduktów i wyrobów gotowych.

Stosuje się następujące rodzaje wag:

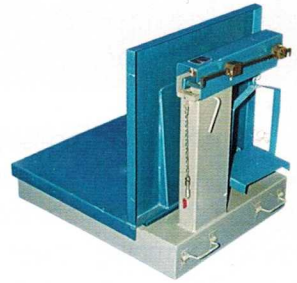
- wagi odważnikowe 5–10-kilogramowe do odważania ciasta, jak również do ważenia surowców w niewielkich ilościach;
- wagi uchyłne do sprawdzania ciężaru ciastek, półproduktów oraz dokładnego ważenia niektórych surowców, jak wanilina, przyprawy korzenne, amoniak itp.;
- wagi dziesiętne 200-kilogramowe do ważenia surowców w magazynie np. worków z mąką, cukrem i makiem;
- wagi pomostowe o nośności 250–1000 kg do ważenia większej ilości surowców i półproduktów w toku produkcji (np. dzieży z ciastem).



Waga odważnikowa



Waga uchylna



Waga dziesiętna

Rys. 4.16. Rodzaje wag

Waga uchylna-odważnikowa pozwala na szybkie i dokładne ważenie towarów o ciężarze do 1 kg bez użycia odważników. Obciążenie maksymalne to 15 kg. Zakres ważenia to 100 g–15 kg. Siłą równoważącą wagi jest ciężar wbudowanego, umocowanego obrotowo obciążnika oraz ciężar odważników stawianych na szalce.

Waga dziesiętna – przesuwnikowa ma dźwigniowy układ zwielokrotniający ciężar odważnika; dla wagi dziesiętnej jest on 10-krotnie zwiększony. Nadaje się do ważenia produktów o dużej masie (powyżej kilku kilogramów). Nie wymaga stosowania dużych odważników, kłopotliwych w użytkowaniu i kosztownych.

Waga szalkowa jest to waga mechaniczna, której działanie oparte jest na zasadzie porównywania mas. Może być stosowana w miejscach o bardzo dużym zapyleniu i wilgotności. Można na niej ważyć surowce (półprodukty) o maksymalnej wadze od 1 kg do 20 kg, w zależności od modelu wagi. Do poprawnego działania wymaga odważników legalizowanych.

Waga pomostowa wozowa służy do ważenia mąkownozów (pojazdów). W celu skontrolowania ilości mąki przyjmowanej do silosów magazynowych waży się cysternę samochodową z mąką, a po przyjęciu mąki do silosów następuje ponowne ważenie cysterny, lecz już opróżnionej z mąki. Różnica ciężaru cysterny napelnionej i opróżnionej wskazuje ilość mąki przyjętej do silosów. Pomost wagowy, na który wjeżdża cysterna, stanowi płyta, której powierzchnia jest zrównana z powierzchnią nawierzchni jezdnej. Urządzenia wskazujące wynik ważenia mogą być wprowadzone do pomieszczenia, w którym przebywa waga.



Rys. 4.17. Waga pomostowa

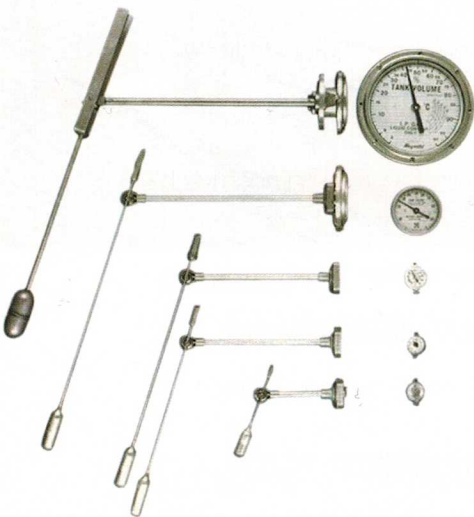
Wagi mechaniczne nadal są stosowane w cukierniach, lecz coraz częściej zastępuje się je wagami elektronicznymi. Działanie wag elektronicznych opiera się na wykorzystaniu zależności parametrów elektrycznych od siły przyłożonej do czujnika. Wagi wyposażone są w cyfrowy układ wskazujący.

Wagi elektroniczne są zasilane napięciem sieciowym 230 V z akumulatorów lub baterii. Waga powinna stać w pomieszczeniu o ustabilizowanej temperaturze (temp. w pomieszczeniu powinna wynosić 0–40°C) i wilgotności (wilgotność względna od 45% do 75%). Powinna być ustawiona z daleka od źródeł ciepła. Jeżeli elektryczność statyczna będzie miała wpływ na wskazania wagi, należy uziemić jej podstawę. Wagi te poza określaniem masy bardzo często posiadają dodatkowe funkcje, np. możliwość wyboru jednostki ważenia, automatyczne zerowanie masy pustego pomostu, automatyczne wygaszanie wyświetlacza. Ponadto bardzo często wagi elektroniczne można połączyć z komputerem lub drukarką.



Rys. 4.18. Waga elektroniczna

Wskaźniki poziomu cieczy za pomocą poziomowskazów określają ilość cieczy zawartej w zbiorniku.



Rys. 4.19. Zbiornikowe poziomowskazy pływakowe

Poziomowskaz służy do bezpośredniego i ciągłego wskazywania poziomu cieczy w zbiorniku.

Rodzaje poziomowskazów:

- **poziomowskazy pływakowe** oparte na zjawisku wyporu hydrostatycznego;
- **poziomowskazy rurkowe i komorowe** oparte na zjawisku naczyń połączonych.

Refraktometr służy do oznaczenia wartości stężenia roztworów przez pomiar współczynnika załamania światła.

Przed pomiarem stężenia refraktometr należy kalibrować.

W tym celu należy:

- na pryzmat nałożyć małą ilość czystej wody;
- przykryć pryzmat przykrywką;
- skierować pryzmat w kierunku dowolnego źródła światła;
- obserwując obraz w okularze, obracać pokrętkiem regulacyjnym tak, aby linia podziału (granica kolorów niebieskiego i białego) pokryła się z linią kalibracyjną i wskazywała stężenie 0,0%.

Aby wykonać pomiar stężenia roztworu, należy:

- usunąć wodę z pryzmatu;
- na pryzmat nałożyć małą ilość roztworu;
- odczytać stężenie na skali refraktometru.

Wyniki pomiaru należy umieszczać w arkuszu kontroli stężenia, najlepiej w formie wykresu. Pozwoli to na lepszą obserwację zmian i rejestrację korekt stężenia.

REJESTRATORY

Rejestrator to urządzenie, które w sposób samoczynny dokonuje zapisu (archiwizacji) i prezentacji (wizualizacji) wyników pomiaru parametrów kontrolowanych w czasie (np. temperatury, ciśnienia).

Ze względu na rodzaj nośnika zapisu wyróżnia się następujące typy rejestratorów:

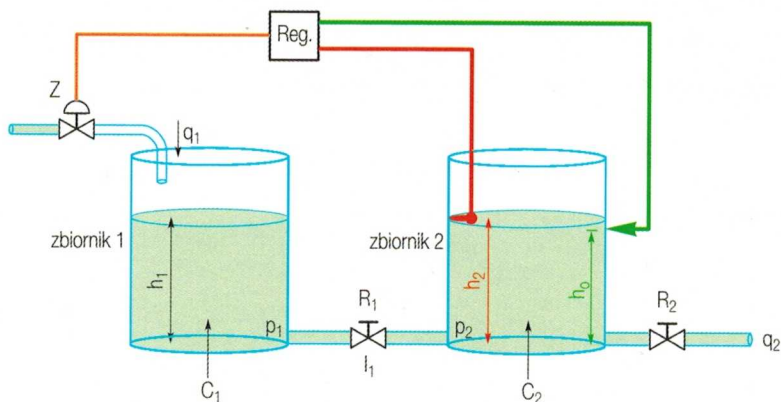
- rejestratory papierowe (taśmowe) – rejestratory, w których dane są zapisywane na taśmie papierowej (najczęściej za pomocą pisaka);
- rejestratory cyfrowe – rejestratory, w których dane są zapisywane na nośnikach pamięci cyfrowej (karty pamięci FLASH, dyski twarde, taśmy magnetyczne).



Rys. 4.20. Rodzaje rejestratorów: taśmowy i cyfrowy

UKŁADY AUTOMATYCZNEJ REGULACJI

Regulacja to proces utrzymywania na określonym poziomie wielkości fizycznych (temperatury, poziomu cieczy) w urządzeniach technologicznych.



Rys. 4.21. Schemat ideowy układu automatycznej regulacji poziomu cieczy

Obiektem w układzie regulacji poziomu cieczy jest zespół dwóch zbiorników połączonych rurociągiem. Każdy z tych zbiorników reprezentowany jest przez pojemności hydrauliczne C_1 i C_2 . Parametrami określającymi rurociąg łączący oba zbiorniki są: opór przepływu R_1 oraz bezwładność I_1 cieczy w procesie przepływu pomiędzy zbiornikami 1 i 2. Ze zbiornika 2 wypływa swobodnie ciecz z zaworu o oporności przepływu R_2 .

Zadaniem układu regulacji jest utrzymanie stałego poziomu h_2 cieczy w zbiorniku 2 przy zmieniającej się wartości q_2 strumienia cieczy swobodnie wypływającej z tego zbiornika. Wielkością regulowaną jest więc wysokość h_2 słupa cieczy w zbiorniku 2. Różnica pomiędzy wysokością zadaną h_0 a mierzoną h_2 (regulowaną) wymusza, za pośrednictwem regulatora i zaworu Z, odpowiednią wartość q_1 strumienia cieczy dopływającej do zbiornika 1. Tak więc steruje obiektem, jakim są połączone zbiorniki, ów strumień q_1 , a zakłóca jego pracę zmieniająca się wartość q_2 strumienia cieczy wypływającej ze zbiornika 2.