

AUTOMATYCZNA WAGA KONTROLNA

Streszczenie: Omówiono stosowane obecnie wagi kontrolne oraz budowę, działanie i właściwości metrologiczne wykonanego prototypu wagi przeznaczonej do kontroli odchyłek masy paczek o masie nominalnej 1 kg. Podano możliwości jej budowy do innych obciążeń.

Abstrakt: A novel design of checking scales intended for verification of packages having nominal mass of 1 kg against scales currently employed is discussed. The fabricated prototype construction, operation and metrological properties are presented. Finally the possibilities of building the scales concerned for weights other than 1 kg are given.

1. WSTĘP

Znaczna część wyrobów przemysłowych, a zwłaszcza wyroby przemysłu spożywczego, są porcjowane, paczkowane czy też workowane w swojej końcowej fazie produkcji. Porcjowanie wyrobów sypkich, ziarnistych i granulowanych odbywa się przy użyciu wag porcjujących i dozujących lub przy użyciu dozowników objętościowych.

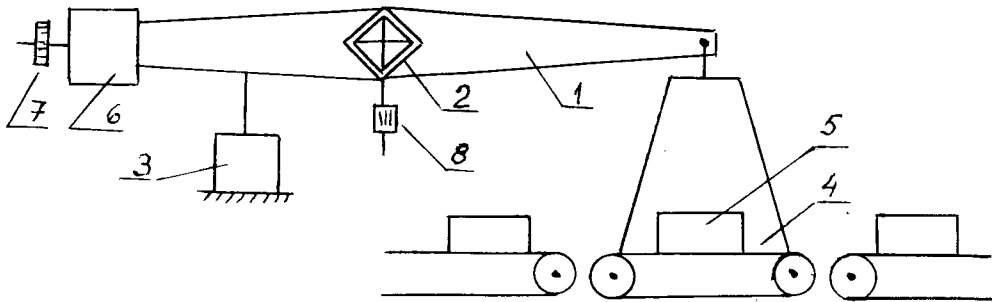
Wyroby paczkowane przed ich sprzedażą muszą mieć sprawdzoną masę nominalną (której wartość jest podana na opakowaniu). Masa nominalna porcji może mieć pewne odchyłki które ustala producent. Zgodnie z wymaganiami międzynarodowymi dolna odchyłka jest równa 0 (zero), a górna - jest bez ograniczeń.

Zadaniem wagi kontrolnej jest więc możliwie szybkie zważenie wyrobu z określoną dokładnością, celem stwierdzenia czy masa porcji jest prawidłowa, tj. czy mieści się w dopuszczalnych granicach odchyłek.

Ze względu na konieczność 100% kontroli wyrobów, istotna jest określona wydajność tych wag, które z tych względów budowane są obecnie wyłącznie jako wagi automatyczne. Wagi kontrolne mogą być budowane o działaniu statycznym lub dynamicznym. Wagi o działaniu statycznym mają niższą wydajność, ale są znacznie dokładniejsze od wag o działaniu dynamicznym. Wagi o działaniu dynamicznym cechuje wysoka wydajność, ale są mniej dokładne. Dlatego też pojawiły się konstrukcje hybrydowe, zbliżone dokładnością do wag o działaniu statycznym i wydajnością do wago o działaniu dynamicznym. Początkowo budowano wagi kontrolne jako mechaniczne (np. dźwigniowe, uchylne, sprężynowe) [1]. Wagi te, wymagały ręcznej obsługi i były mało wydajne. Miały jednak jako wagi o działaniu statycznym, stosunkowo dobrą dokładność wskazań. Dalszym etapem rozwoju tej grupy wag było wyposażenie ich w czujnik (zwykle - indukcyjny), uzyskując w ten sposób wyjściowy sygnał elektryczny i możliwość wpływania na proces dozowania [1]. Wagi takie są nadal produkowane. Najnowszą generację stanowią natomiast wagi kontrolne elektromagnetyczne [1].

2. WAGI KONTROLNE MECHANICZNE

Przykładem budowy wagi mechanicznej z czujnikiem indukcyjnym, może być waga pokazana na rys. 1.

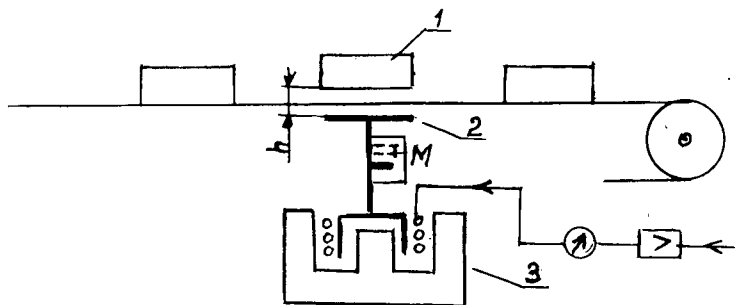


Rys. 1. Waga kontrolna mechaniczna z czujnikiem indukcyjnym

Dźwignia 1 wagi jest ułożyskowana na sprężynach krzyżowych 2. Do dźwigni są zamocowane: rdzeń czujnika indukcyjnego 3 oraz specjalna szalka 4 wykonana w postaci przenośnika taśmowego z własnym napędem elektrycznym i zawieszona na łożyskach nożowych. Szalka 4 jest zrównoważona wraz z masą nominalną paczki 5 przez przeciwwagęz 6 wraz z tarownikiem 7. Do regulacji czułości wagi służy uczulacz 8. Podczas „przejazdu” paczki 5 przez przenośnik szalki 4, następuje określenie odchyłki masy paczki od jej masy nominalnej. Zaletą wagi jest jej prosta budowa i stosunkowo niski koszt, wadą - niezbyt duża wydajność spowodowana głównie właściwościami dynamicznymi układu ważącego.

3. WAGI KONTROLNE ELEKTROMAGNETYCZNE

Wagę kontrolną elektromagnetyczną o konstrukcji hybrydowej, pokazano na rys. 2 [1].



Rys. 2. Waga kontrolna elektromagnetyczna

Przemieszczająca się na przenośniku paczka 1 zostaje na chwilę uniesiona przez szalkę 2 (na wysokość h). Sygnał z czujnika przemieszczeń M po wzmocnieniu zasila cewkę przetwornika elektromagnetycznego 3, powodując przepływ prądu kompensacyjnego i utrzymanie szalki w równowadze. Potrzebny do zrównoważenia układu prąd kompensacyjny I jest funkcją obciążenia, gdyż wartość siły kompensacyjnej F

$$F = BI l \quad (1)$$

gdzie: B - natężenie pola magnetycznego, I - natężenie prądu kompensacyjnego, l - długość drogi oddziaływania pola. Wysokość uniesienia paczki h jest bardzo mała (rzędu 0,1 mm), ale pozwala na uzyskanie statycznych warunków ważenia - co znakomicie poprawia dokładność ważenia, zachowując jednocześnie dobrą wydajność wagi.

4. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO BUDOWY WAGI

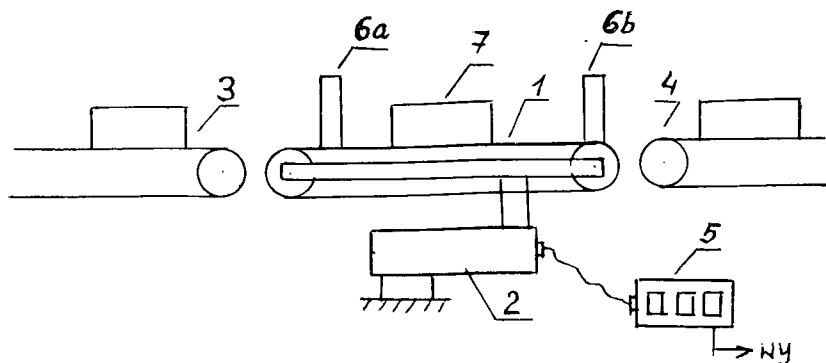
Do budowy nowego typu wagi, przyjęto następujące założenia techniczne:

- nominalne obciążenie wagi: 1000 g
- zakres odchyłek zmian masy: od 2 do 10 g
- dokładność wyznaczenia odchyłek: od 0,5 do 2 g
- wydajność wagi: od 60 do 120 szt./min.
- układ ważący: przetwornik tensometryczny o czułości napięciowej $1 \div 2$ mV/V
- zasilanie: napięcie stabilizowane o wartości min. 4 V, max. 12 V
- regulacja zera: zgrubna i dokładna
- zakres wskazań odchyłek: ustawialny, o rozdzielczości 10000 działek, co 1, 2, 5 lub 10 działek
- sygnalizacja granic odchyłek
- tarowanie masy nominalnej i automatycznej za pomocą przycisku
- przecinek dziesiętny - ustawialny
- wyjście: do wyświetlacza, do układu segregacji paczek i do układu sprzężenia zwrotnego
- temperatura pracy: od 5 do 40°C
- zasilanie sieciowe $220V_{-15\%}^{+10\%}$, 50 Hz $\pm 2\%$
- poziom zakłóceń radioelektrycznych: N
- odporność klimatyczna wg PN-73/E-044550

5. KONCEPCJA WAGI

Koncepcję wagi oparto o układ ważący umożliwiający ważenie paczek w ruchu, ale stwarzający quasistatyczne warunki ważenia. Podstawowym elementem wagi jest przetwornik tensometryczny o podwyższonej dokładności [2]. Zasadę działania wagi ilustruje rys. 3.

Zespół ważący stanowi jeden lub dwa połączone równolegle przetworniki tensometryczne 2, połączone z układem transportu 1 paczek 7, stanowiącym przenośnik taśmowy z własnym napędem elektrycznym. Układy: podający paczki 3 i odbierający paczki 4, mają taką samą prędkość przesuwu taśmy, jak układ transportu 1. Wartość odchyłki masy każdej paczki jest wskazywana (rejestrwana) na mierniku cyfrowym 5, a odchyłki przekraczające nastawiane wartości graniczne - sygnalizowane (np. sygnałem wizualnym, akustycznym), a paczka kierowana jest do odpowiedniej grupy selekcyjnej.



Rys. 3. Waga kontrolna z przetwornikiem tensometrycznym

Fotokomórka 6a sygnalizuje rozpoczęcie pomiaru (eliminuje to zakłócenia dynamiczne powstające w momencie „najazdu” paczki z przenośnika 3 na przenośnik 1). Natomiast fotokomórka 6b sygnalizuje, że paczka opuściła zespół ważący wagi, tj. może nastąpić automatyczne zerowanie wagi i może być podana następna paczka. Ponadto, fotokomórka 6b umożliwia zliczanie ilości paczek.

6. WSTĘPNA OCENA DOKŁADNOŚCI I WYDAJNOŚCI WAGI

Wstępną analizę dokładności wagi można przeprowadzić na podstawie analizy jej budowy i działania [3]. Najważniejsze błędy będą wnoszone przez: przetwornik (przetworniki) tensometryczny, miernik, linię przesyłową łączącą wagę z miernikiem, układy: podający i transportu paczki, zakłócenia zewnętrzne (głównie - temperaturowe).

Przyjmując, że przetwornik będzie klasy 0,03, a miernik - 0,05, że błędy linii przesyłowej będą pomijalnie małe (linia będzie skompensowana temperaturowo, a przewody ekranowane), błędy dynamiczne spowodowane najazdem paczki (w dużej części zminimalizowane) jako równe 0,01%, a błędy temperaturowe rzędu 0,02%/10°C, błąd graniczny wagi wyniesie:

$$e_{gr} = \sqrt{\sum e_i^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,05^2 + 0,01^2 + 0,02^2} = \sqrt{0,0039} = 0,062\%$$

Można więc stwierdzić, że błąd graniczny wagi nie przekroczy 0,1% - co spełnia wymogi założeń.

Właściwości dynamiczne wagi można wstępnie ocenić przyjmując pewne założenia upraszczające, tj. że układ ważący stanowi zginana belka (sprężyna płaska), na końcu której są skupione masy: przenośnika taśmowego i masa paczki. Zgodnie z [1] analizując równanie ruchu układu można określić częstotliwość drgań własnych f_0 jako równy

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\lambda_{st}}} \quad (2)$$

lub

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{c}} \quad (3)$$

gdzie: λ_{st} - statyczna strzałka ugięcia sprężyny płaskiej, m - masa układu skupiona na końcu sprężyny, c - sztywność sprężyny, g - przyspieszenie ziemskie. Z zależności (2) lub (3) można wyciągnąć odpowiednie wnioski konstrukcyjne dotyczące dynamiki układu ważącego. Ze wstępnych obliczeń wynika, że można bez problemu uzyskać częstotliwość drgań własnych układu f_0 rzędu 60 - 120 Hz.

7. WNIOSKI

Na podstawie obliczeń konstrukcyjnych oraz przeprowadzonych badań wagi można wyciągnąć następujące wnioski:

- zbudowany prototyp wagi spełnia wymogi założeń,
- właściwości metrologiczne wagi są zgodne z oczekiwanymi,
- wagę cechuje dobra stabilność właściwości metrologicznych i mały rozrzut wskazań,
- waga wykazuje dobrą odporność na ciężkie warunki eksploatacyjne,
- istnieje możliwość budowy wag o innych nominalnych obciążeniach,
- należy kontynuować prace nad ulepszeniem wagi, zwłaszcza poprawą jej właściwości dynamicznych.

LITERATURA

- [1] Jankowski J.: Wagi i ważenie w przemyśle i handlu. WNT Warszawa 1982
- [2] Jankowski J., Czwał T.: Przetworniki tensometryczne o podwyższonej klasie dokładności stosowane w układach do pomiaru masy i siły. Pomiary Automatyka Kontrola nr 2, 1994, s. 36-37
- [3] Sprawozdanie z pracy 114/503/571: Automatyczna waga kontrolna. Instytut Metrologii i Systemów Pomiarowych PW 1995