

## THE METROLOGICAL PROPERTIES OF A BALL FLOWMETER LIQUID FUELS

**Jerzy Mirkowski, Marcin Majewski**

*Politechnika Częstochowska*

*Instytut Maszyn Tłokowych i Technik Sterowania*

*Częstochowa, ul. Armii Krajowej 21*

*e-mail: atax@poczta.fm*

### *Abstract*

*Ball flowmeters are characterized by a very simple construction and a low prices, which allows their mass production. For balls made of materials of lower densities, a relatively constant slip value is easily achieved. Statistical errors of processing in the order of 5% classify these devices to the group of control & measuring instruments used in the automotive industry.*

## WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNE KULKOWEGO PRZEPLYWOMIERZA PALIWA CIEKŁEGO

### *Streszczenie*

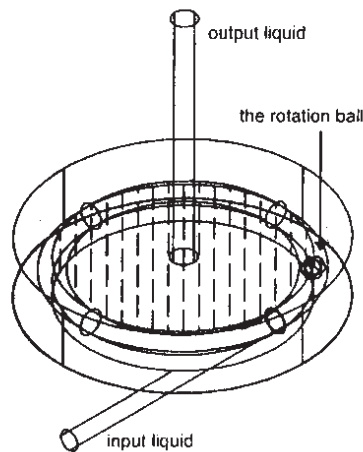
*Przepływomierz kulkowy charakteryzuje się bardzo prostą budową i niskim kosztem wykonania, który pozwala na ich masową produkcję. Przepływomierze z kulkami wykonanymi z materiałów o niskiej gęstości charakteryzują się relatywnie stałym poślizgiem. Statyczne błędy pomiarowe w granicach 5% klasyfikują ten przepływomierz do grupy kontrolno pomiarowych przyrządów pomiarowych używanych w przemyśle samochodowym.*

### **1. Wprowadzenie**

W technicznej działalności ludzkiej często pojawia się potrzeba pomiaru małych strumieni objętości lub strumieni masy cieczy. Przepływomierze mierzące te wielkości powinny być proste, tanie i wystarczająco dokładne. W wielu rozwiązaniach tych przyrządów strumień cieczy wprawia w ruch element mechaniczny, który będzie poruszał się podobnie jak napędzająca go ciecz. Takim elementem mechanicznym może być kulka o niewielkiej średnicy.

### **2. Kulkowy przepływomierz eksperymentalny**

Korpus przepływomierza kulkowego wykonano z tworzywa sztucznego przezroczystego dla światła (metaplex) rys. 1. Składa się on z dwóch części, które po montażu tworzą toroidalny kanał przepływowy.



Rys. 1. Przepływomierz eksperymentalny  
Fig. 1. Experimental flowmeter

Ciecz wpływa stycznie do kanału toroidalnego przez króciec (input liquid) a wypływa osiowo przez króciec (output liquid). W kanale umieszczono kulkę (the rotation ball), która porusza się w nim pod wpływem naporu cieczy. Na zewnątrz obudowy na wysokości kanału toroidalnego umieszczono z jednej strony diody elektroluminescencyjne a z drugiej - fototranzystory. Dzięki tym łączom optoelektronicznym uzyskuje się kilka impulsów elektrycznych na jeden pełny obieg kulki w kanale.

Ponieważ kulka porusza się wolniej niż napędzająca ją ciecz, występuje pewien poślizg P:

$$P = \frac{v - v_b}{v}$$

Skąd:

$$v_b = v(1 - P)$$

oraz

$$f = \frac{n * v_b}{2 * \pi * R} = \frac{n * k * Q_v * (1 - P)}{2 * \pi * R}$$

Siła napędzająca kulkę:

$$F = c_v * S_v * \frac{\rho * (v - v_b)^2}{2}$$

Dla zachowania proporcjonalności między strumieniem objętości a częstotliwością impulsów poślizg P powinien zachowywać stałą wartość.

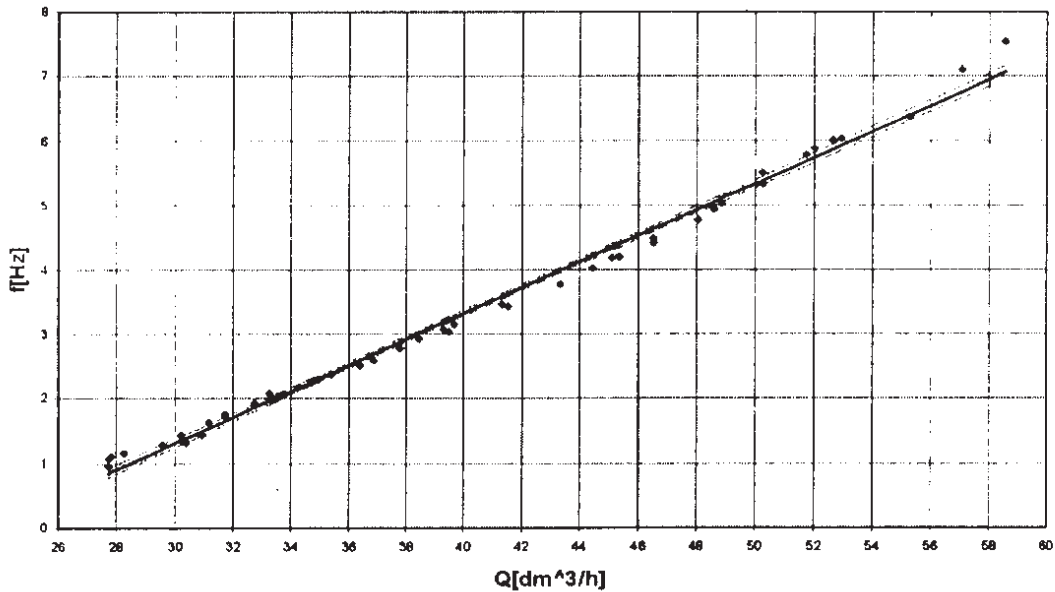
W równaniach :

- v - prędkość strumienia objętości w kanale przepływomierza,
- v<sub>b</sub> - prędkość ruchu postępowego kulki w kanale przepływomierza,
- P - poślizg kulki względem cieczy
- b - liczba sensorów fotoelektrycznych
- Q<sub>v</sub> - wydatek objętościowy,

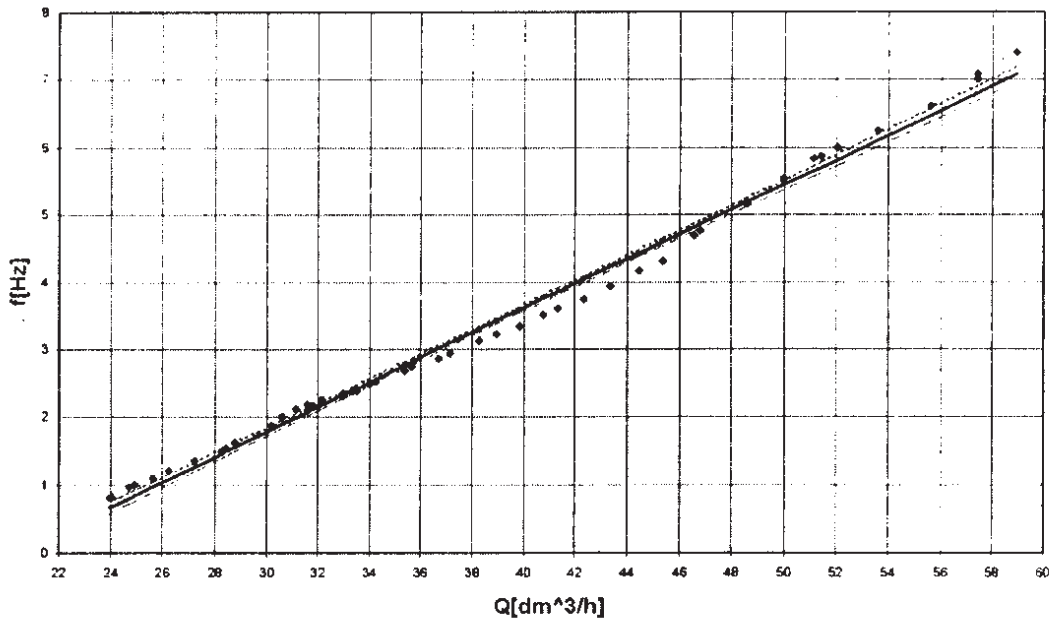
$k$  - współczynnik proporcjonalności,  
 $f$  - częstość impulsów,  
 $R$  - promień toroidu  
 $c_x$  - współczynnik oporu czołowego kulki,  
 $S_x$  - pole powierzchni czołowej kulki,  
 $\rho$  - gęstość cieczy.

### 3. Doświadczalne badanie przepływomierza

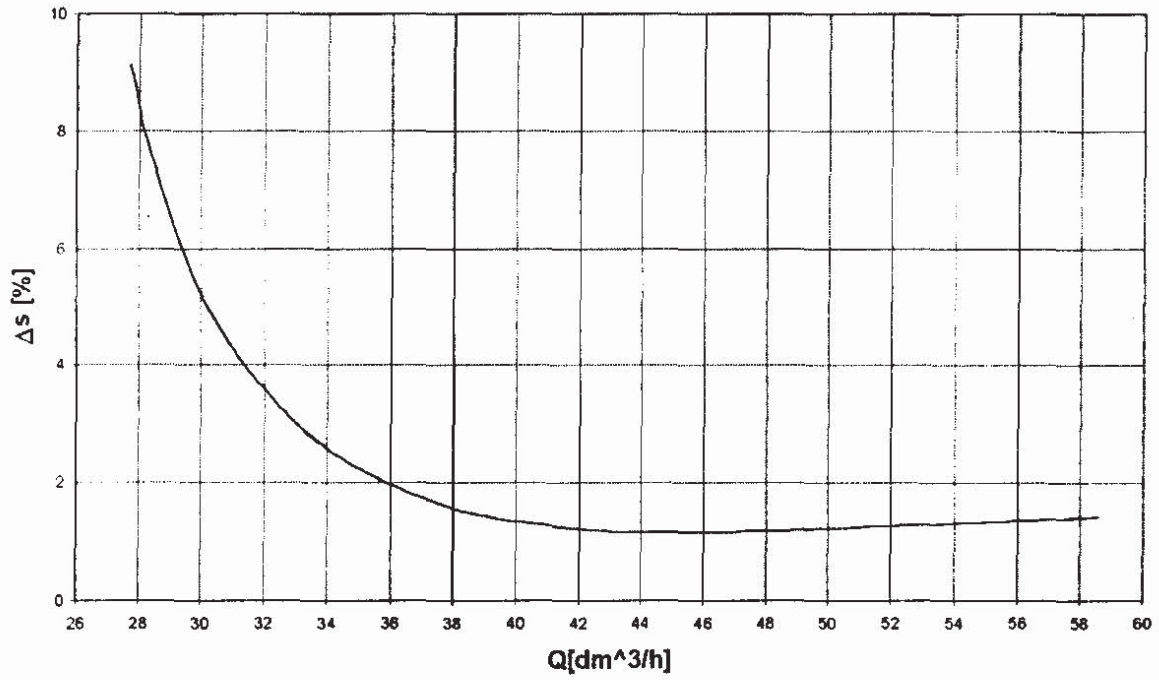
Doświadczalne próby przepływomierza kulkowego były wykonywane na stanowisku pomiarowym opisywanym w monografii [ 3 ]. Próby były wykonywane w warunków przepływu ustalonego (oleju napędowego) dla dwu kulek: stalowej i wykonanej z tworzywa sztucznego.



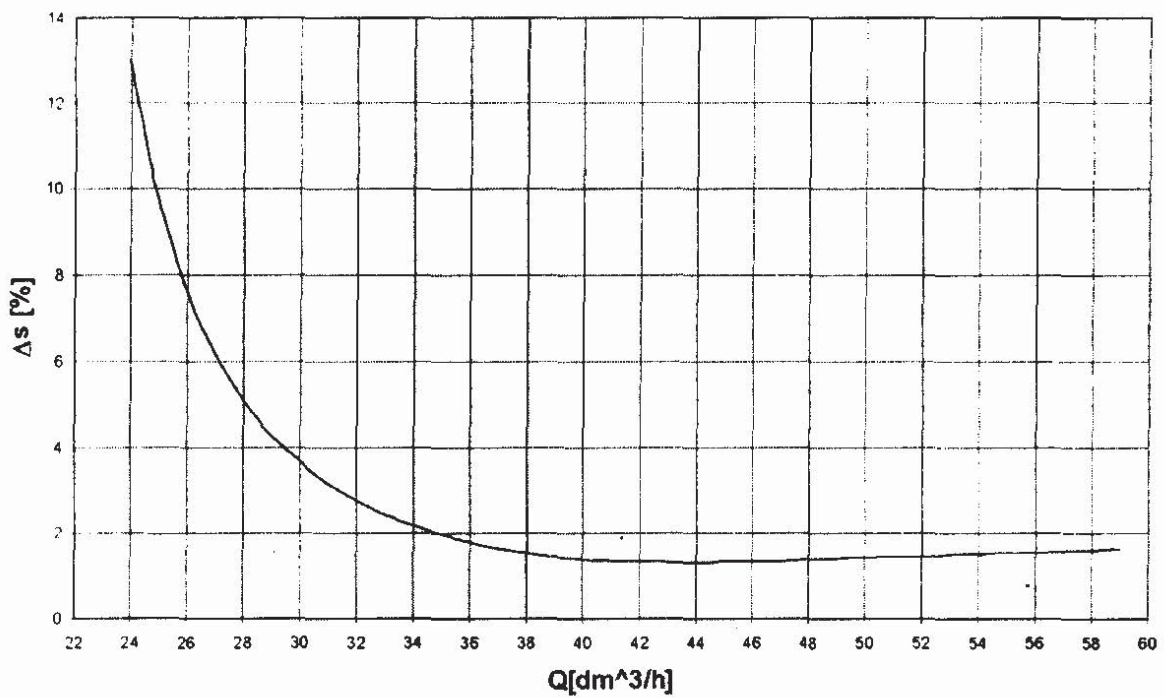
Rys. 2. Charakterystyka statyczna przepływomierza z kulką stalową  $\rho_k=7960 \text{ kg/m}^3$ .  
 Fig. 2. Static characteristic of processing of the flowmeter with a steel ball  $\rho_k=7960 \text{ kg/m}^3$ .



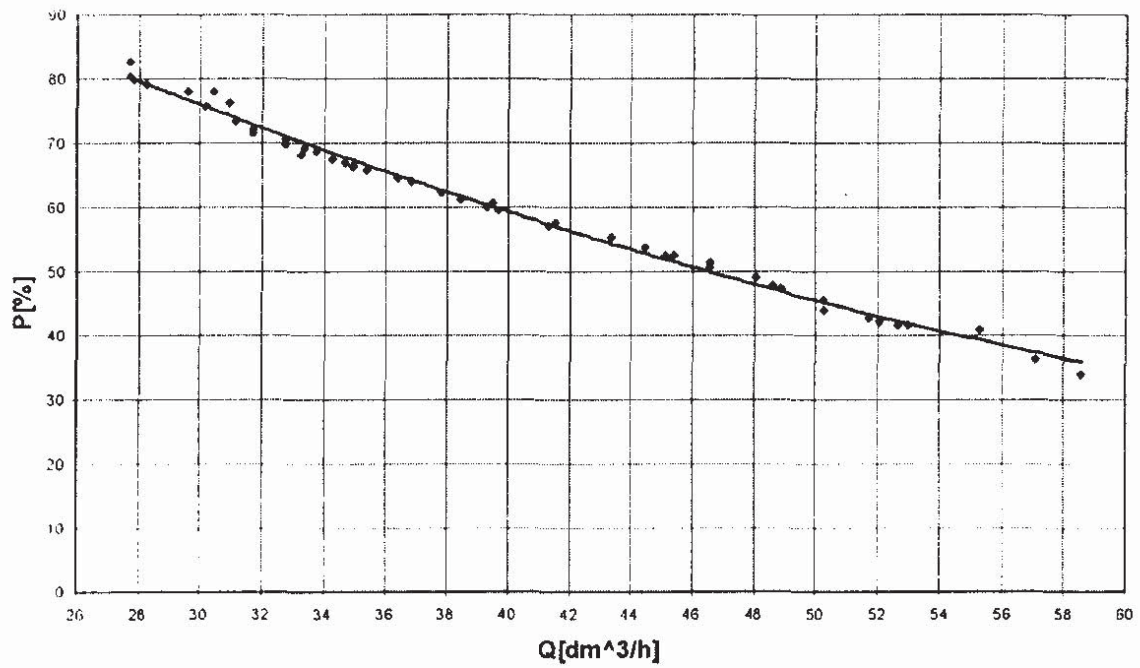
Rys. 3. Charakterystyka statyczna przepływomierza z kulką plastikową  $\rho_{kp}=923 \text{ kg/m}^3$ .  
 Fig. 3. Static characteristic of processing of the flowmeter with a plastic ball  $\rho_{kp}=923 \text{ kg/m}^3$ .



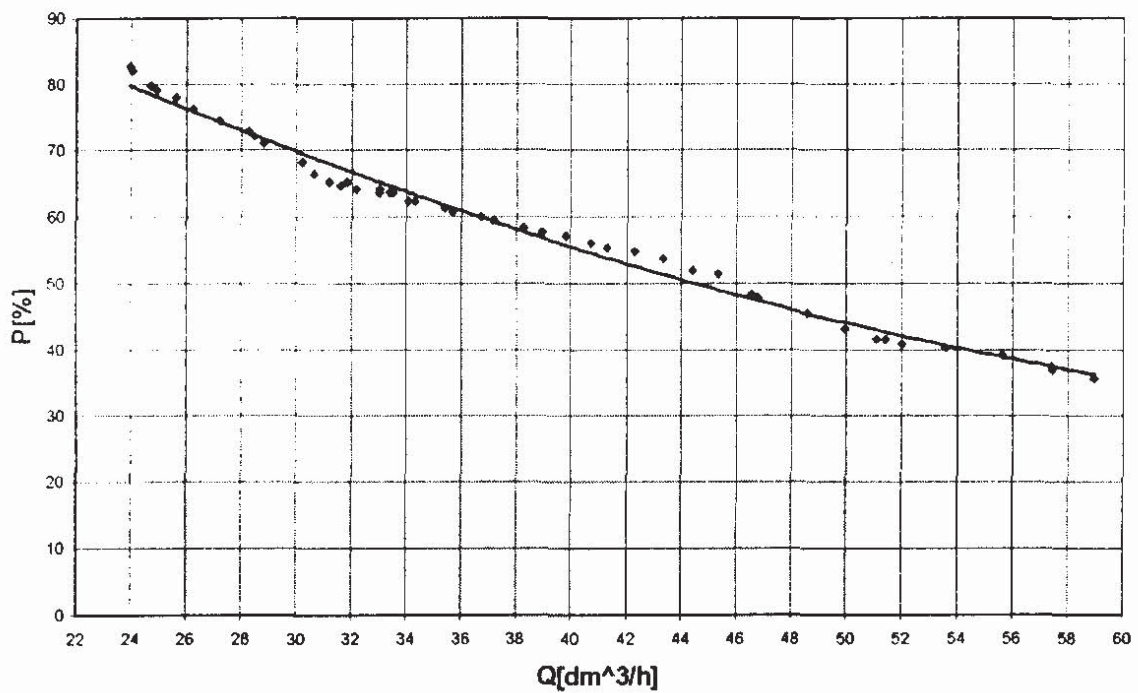
Rys. 4. Statyczne błędy pomiarowe dla przepływomierza z kulką stalową.  
 Fig. 4. Statistic errors for the flowmeter with a steel ball



Rys. 5. Statyczne błędy pomiarowe dla przepływomierza z kulką plastikową.  
 Fig. 5. Statistic errors for the flowmeter with a plastic ball



Rys. 6. Poślizg kulki względem cieczy dla przepływomierza z kulka stalową  
 Fig. 6. The slip of the ball with regard to the liquid for flowmeter with steel ball



Rys. 7. Poślizg kulki względem cieczy dla przepływomierza z kulka plastikową  
 Fig. 7. The slip of the ball with regard to the liquid for flowmeter with plastic ball

#### 4. Podsumowanie

Przeprowadzono statyczną estymację prostych regresji rys. 2 i rys. 3, a wyniki obliczeń błędów statycznych przedstawiono na rys. 4 i rys. 5. Statyczne błędy pomiarowe są między innymi funkcją strumienia objętości i zmieniają się od 13% do 1%. Błędy te są tego samego rzędu jak błędy dla innych przepływomierzy tachometrycznych [4].

#### Literatura

- [1] Kremlevskij P.P., Raschodomery i scetciki kolicestva, Masinostroenie, Leningrad 1975.
- [2] Mirkowski J., Własności metrologiczne przepływomierza kulkowego, Mayt. VII Konf. Nauk.-Techn. Nt. Miernictwo dynamicznych wielkości mechanicznych, Instytut Lotnictwa, Warszawa 1988.
- [3] Mirkowski J., Generacja, propagacja i detekcja znacznika termicznego w cieczech – model i aplikacje metrologiczne, Częstochowa 1998.
- [4] Mirkowski J., Statyczne i dynamiczne błędy turbinkowych przepływomierzy paliwa, KONES 93, Gdańsk Jurata 1993.
- [5] Sępniowski W., Przepływomierze kulkowe typu obiegowego z przetwornikiem fotoelektrycznym, III Konferencja Naukowo-Techniczna Miernictwo Dynamicznych wielkości mechanicznych, Instytut Lotnictwa, Warszawa 1972.