

Wpływ przyjęcia stałej wartości gęstości paliwa na dokładność przedstawianej w odmierzacach paliw ciekłych objętości w temperaturze bazowej

The influence of the adoption constant fuel density on the accuracy of measured volume in liquid fuel dispensers at the base temperature

Stanisław Kowalczyk (Zakład Mechaniki GUM)

Odmierzacze paliw ciekłych mierzą objętość paliwa w temperaturze pomiaru. W artykule przeprowadzono analizę wpływu przyjęcia stałej gęstości paliwa na dokładność przeliczania objętości paliwa wydanego w temperaturze pomiaru, na objętość tego paliwa przedstawianą w temperaturze bazowej (15 °C).

The fuel dispensers measure the volume of liquid fuel in the measuring temperature. The article presents an analysis of the influence of the adoption constant fuel density on the accuracy of counting of the fuel volume dispensed in measurement temperature for the volume of fuel presented at the base temperature (15 °C).

Wprowadzenie

Sprzedaż paliwa na stacjach paliw odbywa się za pomocą odmierzaczy paliw ciekłych. W ostatnich latach, w Polsce zostały wprowadzone do obrotu odmierzacze wydające paliwo w temperaturze bazowej 15 °C. Odmierzacze te wyposażone są w przeliczniki. Wielkościami wejściowymi przesyłanymi do przelicznika są ilości wydanego paliwa, jego temperatura oraz gęstość. Wielkości te podawane są z czujnika objętości i urządzeń współpracujących z przelicznikiem, takich jak czujniki temperatury oraz opcjonalnie gęstościomierze. Określenie gęstości paliwa jest niezbędne, gdyż rozszerzalność paliwa w funkcji temperatury jest nieliniowa. Do określenia objętości paliwa w temperaturze bazowej stosuje się tablice przeliczeniowe ASTM 54B [1], wprowadzone normą PN-ISO 91-1:1999 [2].

W odmierzacach paliw, wprowadzonych do użytkowania, które przedstawiają objętość wydanego paliwa w temperaturze bazowej, gęstościomierze nie są montowane. Gęstość paliwa przyjmowana jest jako stała wartość wpisywana do przelicznika odmierzacza.

Przeprowadzono analizę wpływu przyjęcia stałej wartości gęstości paliwa na błąd przeliczania

objętości paliwa wydawanego w temperaturze pomiaru, na objętość paliwa w temperaturze bazowej.

Analiza wpływu przyjęcia stałej wartości gęstości

Do analizy przyjęto gęstość benzyny i oleju napędowego w temperaturze 15 °C, wynoszące przykładowo 756 kg/m³ i 832 kg/m³ oraz 820 kg/m³ (jako umowne wartości odniesienia). Gęstości te przyjęte są w taki sposób, aby błąd, zarówno dla gęstości „mniejszej”, jak i dla gęstości „większej” od przyjętej, dawał zbliżone błędy względne określone w stosunku do objętości dla przyjętej gęstości. Przyjęte gęstości paliw ciekłych są przykładowe i nie stanowią propozycji gęstości normatywnych.

Założono, że podczas badania wydane zostało dokładnie 100 dm³ paliwa w temperaturze pomiaru. Następnie przeliczono objętość tego paliwa do objętości w temperaturze bazowej. Wartość określona przy przyjętej gęstości jest objętością poprawną i do tej objętości odnoszona jest objętość paliwa określona w temperaturze bazowej, dla gęstości skrajnych dla danego gatunku paliwa, oraz wyznaczany jest błąd względny:

$$e = \frac{V_b - V_{\text{bref.}}}{V_{\text{bref.}}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

gdzie:

V_b – objętość benzyny o gęstości określonej w temperaturze bazowej,

$V_{\text{bref.}}$ – objętość benzyny o umownie przyjętej gęstości odniesienia w temperaturze bazowej (wartość przyjęta jako wartość poprawna).

Przyjęto, że paliwo będzie wydawane w temperaturze 0 °C i 19 °C. Temperatura maksymalna została określona na podstawie miesięcznych temperatur powietrza dla Warszawy w latach 1981–2010 [3]. Temperatura 0 °C została przyjęta ze względu na fakt, że paliwo przechowywane jest w zbiornikach podziemnych. Zbiorniki te posadowione są zawsze poniżej poziomu zamarzania gruntu. Z powyższego

wynika, że paliwo w zbiorniku ma zawsze temperaturę wyższą niż 0 °C, niemniej do analizy przyjęto ekstremalny zakres zmian temperatury, jakie mogą wystąpić w zbiornikach. Rzeczywista temperatura paliwa w zbiornikach podziemnych waha się od 5 °C do 15 °C.

Analiza wpływu błędnego wskazania termometru

Przyjęto błędy pomiaru temperatury ±0,25 °C i ±0,5 °C (w odniesieniu do temperatury 15 °C). Granice błędu 0,25 °C i 0,5 °C są wartościami, które podano w tablicach przeliczeniowych [2] (zostały przyjęte w ten sposób, w celu uniknięcia interpolacji współczynników korekcji). Założono, że zostało wydane 100 dm³ paliwa o przyjętej do analizy gęstości w temperaturze 15 °C.

Tabela 1. Obliczenia wpływu przyjęcia stałej gęstości paliwa na błąd względny przeliczeń

Gęstość paliwa (kg/m ³)	Temperatura paliwa (°C)	Objętość paliwa w temperaturze pomiaru (dm ³)	Współczynnik korekcji wg normy	Objętość paliwa w temperaturze bazowej (dm ³)	Błąd względny (%)
ρ	t_p	V_p	C_v	V_b	e
Obliczenia dla benzyny					
720	0	100	1,0191	101,91	0,138
756			1,0177	101,77	0,000
775			1,0164	101,64	-0,128
720	19		0,9949	99,49	-0,030
756			0,9952	99,52	0,000
775			0,9956	99,56	0,040
Obliczenia dla oleju napędowego „standardowego”					
820	0	100	1,0132	101,32	0,039
832			1,0128	101,28	0,000
844			1,0125	101,25	-0,030
820	19		0,9965	99,65	-0,010
832			0,9966	99,66	0,000
844			0,9966	99,66	0,000
Obliczenia dla oleju napędowego „o polepszonych właściwościach niskotemperaturowych”					
800	0	100	1,0139	101,39	0,069
820			1,0132	101,32	0,000
840			1,0126	101,26	-0,059
800	19		0,9963	99,63	-0,020
820			0,9965	99,65	0,000
840			0,9966	99,66	0,010

Tabela 2. Obliczenia wpływu błędu pomiaru temperatury na błąd względny przeliczeń

Temperatura paliwa (°C)	Objętość paliwa w temperaturze pomiaru (dm ³)	Współczynnik korekcji wg normy	Objętość paliwa w temperaturze bazowej (dm ³)	Błąd względny (%)
t_p	V_p	C_v	V_b	e
Obliczenia dla benzyny o gęstości równej $\rho = 756 \text{ kg/m}^3$				
14,5	100	1,0006	100,06	0,06
14,75		1,0003	100,03	0,03
15		1,0000	100,00	0,00
15,25		0,9997	99,97	-0,03
15,5		0,9994	99,94	-0,06
Obliczenia dla oleju napędowego „standardowego” o gęstości $\rho = 832 \text{ kg/m}^3$				
14,5	100	1,0004	100,04	0,04
14,75		1,0002	100,02	0,02
15		1,0000	100,00	0,00
15,25		0,9998	99,98	-0,02
15,5		0,9998	99,96	-0,04
Obliczenia dla oleju napędowego „o polepszonych właściwościach niskotemperaturowych” o gęstości $\rho = 820 \text{ kg/m}^3$				
14,5	100	1,0004	100,04	0,04
14,75		1,0002	100,02	0,02
15		1,0000	100,00	0,00
15,25		0,9998	99,98	-0,02
15,5		0,9996	99,96	-0,04

Błąd maksymalny

Maksymalny błąd wynika z przyjęcia stałej gęstości oraz błędów czujnika temperatury do przeliczenia objętości paliwa wydawanego w temperaturze pomiaru na objętość paliwa w temperaturze bazowej.

Błąd sumaryczny oblicza się z pierwiastka sumy kwadratów błędów cząstkowych. Dla benzyny uzyskano maksymalny błąd wywodzący się z przyjęcia stałej gęstości, równy 0,138 % oraz błąd wynikający z błędnego pomiaru temperatury, równy 0,06 %. Z tego wynika, że sumaryczny błąd pomiaru będzie wynosić 0,15 %.

Dla oleju napędowego analogiczne błędy wynoszą odpowiednio 0,069 % i 0,04 %, co daje błąd pomiaru 0,08 %.

Wnioski

Powyższa analiza pozwala stwierdzić, że sumaryczny błąd wynikający z przyjęcia stałej wartości gęstości i z błędu, zamontowanego w odmierzaczu paliw czujnika temperatury, nie większego niż $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, nie przekracza 0,15 %.

Literatura

- [1] ASTM D 1250-80, tabela 54B – Generationized Products Correction of Volume to 15 °C Against Density at 15 °C.
- [2] PN-ISO 91-1:1999 Tabele przeliczeniowe dla przetworów naftowych – Tabele oparte na temperaturach odniesienia 15 °C i 60 °F.
- [3] Strona internetowa Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej <http://www.pogodynka.pl/polska/daneklimatyczne/>.