

УДК 629.4.084.13

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБЛІКУ ТА КОНТРОЛЮ ВИТРАТ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Асп. М. О. Котов, канд. техн. наук В. І. Дробаха

INCREASE ACCURACY ACCOUNTING AND CONTROL OF DIESEL FUEL CONSUMPTION

Postgraduate student M. O. Kotov, PhD (Tech.) V. I. Drobaha

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.183.2019.169648>

Одними з головних факторів, що пов'язані з економним використанням енергоресурсів, є їх облік та контроль. Існуюча тенденція активного розвитку автоматизації численних виробничих процесів на залізничному транспорті, в тому числі інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) за витратами нафтопродуктів, потребує постійних удосконалень. Подано основні шляхи і типи вимірювальних приладів та здійснено порівняння їх ефективності в процесах обліку. Отримано аналітичну залежність для коригування розрахункових значень швидкості ультразвукових коливань з урахуванням поточних значень температури і атмосферного тиску повітряного середовища.

Ключові слова: автоматизація, контроль, облік, ультразвук, паливо.

One of the main factors that are associated with the economical use of energy resources is their accounting and control. The current trend of the active development of automating production processes in railway transport, including information-measuring systems (IMS) for the consumption of petroleum products, requires continuous improvement. The key elements of these systems are liquid level measurement devices, they are the source of the main indicators in the accounting and control of fuel consumption in both the fuel tanks and reservoirs. The purpose of the study is to analyze and compare existing methods for measuring the level of liquid materials. Identification of possible ways to improve ultrasonic measurements. Increasing the accuracy of the calculated velocity of ultrasonic oscillations and their further development is the task of scientific work. The main ways and types of measuring devices are presented and their efficiency in the accounting processes is compared. In paper described the main advantages and principles of operation of ultrasonic level gauges. The action of these level gauges is based on the measurement of the passage time of the ultrasound pulse from the radiator to the surface of the oil product and back. When receiving a reflected pulse, the emitter becomes a sensor. In the general case, the velocity of sound propagation depends on changes in the density of the elastic air environment, its temperature and pressure. Like all other methods of measuring the level of the ultrasonic method has a certain measurement error. But if in most computing systems the errors can be partially compensated by various technical means, which, as a rule, leads to complication and appreciation of the output product, in this case only the algorithmic support of the sensor controller is subject to refinement. An analytical relationship was obtained to adjust the calculated values of the speed of ultrasound oscillations with regard to the current values of temperature and atmospheric pressure of the air environment.

Keywords: automation, control, accounting, ultrasound, fuel.

Вступ. Проблема удосконалення процесу обліку і контролю за витратами дизельного палива (ДП) у роботі локомотивного господарства Укрзалізниці останніми роками стає все більш значущою. Цьому сприяють не тільки з року в рік зростаючі ціни на енергоносії, але й активний розвиток на залізничному транспорті автоматизації численних виробничих процесів, у тому числі інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) за витратами нафтопродуктів. Ключовими елементами таких систем є прилади вимірювання рівня рідини, що є джерелом головних показників обліку та контролю витрат ДП як у паливних баках, так і в резервуарах нафтових баз (ТНТС).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні відомо кілька десятків розроблених способів вимірювання рівня рідини, що відрізняються використанням різних фізичних принципів і методів вимірювання [1–3]. Їх можна поділити на контактні, коли датчик занурений у рідину, безконтактні і комбіновані. Безконтактні методи дають змогу вимірювати рівень без безпосереднього контакту з вимірюваним середовищем і полягають у зондуванні звуком (ультразвукові), зондуванні електромагнітним випромінюванням (радарні, рефлексні), а також радіаційним випромінюванням. Найбільш поширені методи вимірювання показано в табл. 1.

Таблиця 1

Методи вимірювання рівня рідких матеріалів

Контактні методи		Безконтактні методи		Комбіновані методи	
Поплавкові механічні	УДУ-2, УДУ-5, УДУ-10 та інші	Ультразвукові локаційні	УЗИ-М-1, УЗІ2,5/2,5М Аналік-М,С Зонд-3 ДУУ-1 LUC 4,-Т РУ, ПТ-02, UC-126М та інші	Поплавково-магніто-стрикційні	ПМП-201, КВАРТА-М, УМ-ПО1, РОЗУМ-ГТСН, СТРУНА-М, LML, LMC та інші
Емнісні	АСУН УИР, АТ-FLM, БІС-Р, FAS, РПРТ, ИГЛА, ДКЕ і ДНЕ Гамма, LCL, LLS та інші	Радіо-локаційні	Зонд – 01, САКУ 1.4, УЛМ-11,-31, IQ Radar 300 та інші	Вібраційні	FTL 20, OPTISWITCH Vibra-nivo
Буйкові	ZTD, UQD, Сапфир-ДУ та інші	Радарні	Rosemount, Micropilot, УЛМ та інші	Поплавкові герконові	ПМП-118, ПМП-128, ПМП-138
Гідростатичні	АСК-ВІС, LGC, LHC, Кварц-ДИ, СКІТ та інші	Радіо-ізотопні	М FMG60	Рефлексні (хвильові)	MT 5000 KSR- GT

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз та порівняння існуючих методів вимірювання рівня рідких матеріалів. Виявлення можливих шляхів удосконалення ультразвукових вимірювань. Підвищення точності розрахункових значень швидкості ультразвукових коливань та їх подальший розвиток є завданням наукової роботи.

Основна частина дослідження. Універсального рівнеміра на сьогодні не існує. Кожен прилад має характерний набір своїх технічних реалізацій, які в кожному конкретному випадку виявляють свої переваги і наявні недоліки. Істотно відрізняються вимірювальні системи і щодо вартості. Деякі з них використовуються тільки в дослідницьких лабораторіях через їх високу вартість та наявність спеціалізованих вимог.

На залізницях України застосовується кілька варіантів ІВС рівня дизельного палива, яке може перебувати в різних ємностях [4–6].

Найбільшого поширення набули системи ємнісного типу БІС-Р і БІС-Рм для контролю рівня палива в паливних баках тепловозів [7]. У першому кварталі 2018 року кількість тепловозів серій ЧМЕЗ та 2ТЕ116, обладнаних цією сигналізацією, складала в регіональній філії «Донецька залізниця» 77 секцій, на «Придніпровській залізниці» – 67 секцій, «Південній залізниці» – 192 секції, «Південно-західній залізниці» – 100 секцій, на «Одеській залізниці» – 144 секції і на «Львівській залізниці» – 145 секцій [8]. За рахунок використання даних ІВС щомісяця економиться близько 5 % від загальної витрати ДП. Акустичні системи контролю рівня в основному знайшли своє застосування як складова бортових пристроїв СКПРТ Дельта-СУ. Всього по Укрзалізниці використовується понад 2000 таких пристроїв. Дані системи з успіхом можуть бути також використані в технологічних процесах ТНТС.

На нафтовій базі локомотивного депо Смородино Південної залізниці здійснюють автоматизований контроль рівня ДТ у резервуарах для зберігання палива за допомогою ультразвукових (УЗ) датчиків. Ультразвукові вимірювання можуть забезпечити вбудований інструмент моніторингу на різних етапах експлуатації палива [9].

Використовуючи основні переваги УЗ-методу – безконтактність, незалежність від хімічних і фізичних властивостей контрольованого середовища, забезпечення належного рівня технологічної та екологічної безпеки, надійність, обмежені витрати на установлення датчиків і їх технічне обслуговування, а також близьке до оптимального співвідношення «ціна-якість», у депо отримали можливість забезпечити постійний контроль за наявністю і технологічним переміщенням нафтопродуктів, особливостями їх використання, перспективами планування [10–11].

Дію рівнемірів цього типу побудовано на вимірюванні часу проходження імпульсу ультразвуку від випромінювача до поверхні нафтопродукту і назад.

При прийомі відбитого імпульсу випромінювач стає датчиком. У загальному випадку швидкість поширення звуку залежить від змін щільності пружного середовища (повітря), його температури і тиску [12]. Вона може бути визначена виразом:

$$V_{uz} = (k * P / \rho)^{1/2} = \lambda * f, \quad (1)$$

де P – тиск газового середовища;

ρ – щільність пружного середовища;

λ – довжина хвилі ультразвукових коливань;

f – частота ультразвукових коливань;

k – адіабатичний коефіцієнт для газів.

Для повітря адіабатичний коефіцієнт дорівнює 1,4, а щільність має значення 1,29 кг/м³ при тиску 1атм (101325 Па).

Оскільки щільність повітря залежить від його температури, то і швидкість поширення звуку в повітрі є залежною від температури. Ця залежність може бути подана у вигляді:

$$V_{уз} = V_{0уз} (1 + T/273)^{1/2}, \quad (2)$$

де $V_{0уз} = 331,6$ м / с (швидкість поширення звуку в повітрі при $T = 0^{\circ}C$);

T – поточне значення температури повітря, $^{\circ}C$.

Ця формула дає змогу визначити, що відносна зміна швидкості поширення звуку становить приблизно 0,17 % на один градус.

Залежність швидкості поширення звуку в повітрі від температури подано в табл. 2.

Таблиця 2

Залежність швидкості поширення звуку в повітрі від температури

$T, ^{\circ}C$	- 20	0	20	40	60	80
$V_{уз}$	319,3	331,6	343,8	355,3	366,5	377,5

Швидкість поширення звуку в повітряному середовищі істотно залежить також від тиску повітря. При збільшенні атмосферного тиску швидкість ультразвукових коливань (УЗК) збільшується, а максимальне значення відносної зміни швидкості звуку в усьому діапазоні коливання атмосферного тиску становить близько 5 %. Меншою мірою на швидкість УЗК впливає вологість повітря. Вона вносить максимальну додаткову зміну швидкості звуку не більше 2 % [13].

Таким чином, як і всі інші методи, ультразвуковий метод має певну похибку вимірювання. Але якщо в більшості ІВС похибки можуть бути частково компенсовані різними технічними засобами, що, як правило, призводить до ускладнення і підвищення вартості вихідного виробу, то в даному випадку доопрацюванню підлягає лише алгоритмічне забезпечення контролера датчиків.

Висновки. В результаті проведеного дослідження отримано порівняльний аналіз

методів вимірювання та виявлено переваги ультразвукового методу. Розроблено аналітичну залежність для коригування розрахункових значень швидкості ультразвукових коливань з урахуванням поточних значень температури і атмосферного тиску повітряного середовища, м/с,

$$V_{уз} = 345 + \frac{P + 4T - 1100}{5,6}.$$

Використання цього математичного виразу в програмному комплексі системи «НафтаПОС» у локомотивному депо Смородино РФ «Південна залізниця» дало змогу підвищити точність здійснюваних замірів рівня дизельного палива в резервуарах.

У подальшому необхідно провести порівняння підходів обліку та контролю витрат дизельного палива на існуючих базах палива різних виробників систем.

Список використаних джерел

1. Балабин В. Н., Домогацкий В. В. Существующие системы измерения расхода топлива. *Локомотив*. 2003. № 2. С. 30-36.

2. Тартаковський Е. Д., Котов В. В., Сергієнко М. І., Дробаха В. І. Настанова про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафтопродуктів на базах палива Укрзалізниці: № ЦТ-0102, затв. наказом Укрзалізниці № 50-Ц від 03.03.2005. Київ, 2005. 110 с.
3. Трихліб О. Д., Дробаха В. І., Котов М. О. Вимірювальні засоби автоматизованої системи обліку й контролю дизельного палива. *Локомотив-інформ*. 2012. № 12. С. 59-61.
4. Дробаха В. І., Трихліб О. Д., Каплун О. М. Результати практичного впровадження систем «БІС-Р». *Локомотив-інформ*. 2007. № 9. С. 24-25.
5. Трихліб О. Д., Котов В. В., Котова У. В. Техніко-економічні аспекти автоматизованого обліку та контролю витрат дизельного палива. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля*. Луганськ. 2012. № 3. С. 199-201.
6. Трихліб О. Д. Удосконалення вимірів рівня палива при автоматизованому контролі його витрати. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2013. № 136. С. 130-134.
7. Грицук І. В., Панченко С. В., Каграманян А. О., Фалендиш А. П. Особливості інформаційного обміну в процесі дистанційного моніторингу технічного стану і управління працездатністю енергоустановок залізничного транспорту з двигунами внутрішнього згорання. *Залізничний транспорт України*. 2015. № 5. С. 41-45.
8. Аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів на залізничному транспорті України за 2017 рік. Київ: ПАТ «Укрзаліниця», 2018. 144 с.
9. Vaêsso R. M., Costa-Felix R.P.V., Miloro P., Zeqiri B. Ultrasonic parameter measurement as a means of assessing the quality of biodiesel production. *Fuel Elsevier*. 2019. Vol. 241. P. 155–163.
10. Дробаха В. І., Котов В. В. Вірогідність методик нормування витрати дизельного палива на тягу поїздів. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків: УкрДАЗТ, 2003. №56. С. 16–26.
11. Фалендиш А. П., Гатченко В. О., Клецька О. В., Сулежко Д. Е. Модель вибору стенду для проведення еколого-енергетичних випробувань дизельного рухомого складу. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: наук. журнал*. Северодонецьк: ПП «Поліграф-сервіс». 2018. № 2 (243). С. 208-215.
12. Truhlib O., Drobaha V. The hurst method in analyzing the technical condition and fuel economy of locomotive. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. Vol. 6. P. 25-28.
13. Handbook for the training pack. SENSORIC SP1. Pepperl+Fuchs. Kolleg GmbH, Mannheim, 1995.

Котов Микита Олегович, аспірант кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-35. E-mail: kotov@kart.edu.ua.

Дробаха Володимир Ілліч, канд. техн. наук, начальник відділу експлуатації рухомого складу «ПРАТ Київ-Дніпровське МППЗТ». E-mail: drobahav55@gmail.com.

Kotov Mykyta, postgraduate student, Department of Specialized Computer Systems Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-35. E-mail: kotov@kart.edu.ua.

Drobaha Volodumir, PhD (Tech.), Head of Operations Department PJSC "Kyiv - Dniprovsky IEIRT". E-mail: drobahav55@gmail.com.

Статтю прийнято 22.02.2019 р.