

УДК 629.424.3:[621.434:004.416.6]
DOI: 10.34029/2311-4061-2022-142-1-32-40

Д-р техн. наук Капіца М. І.
Канд. техн. наук Бобирь Д. В.
Канд. техн. наук Кислий Д. М.
Аспірант Богомолов А. Р.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОЇ ЧАСТИНИ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДИЗЕЛЯ

Ключові слова: дизель, циліндропоршнева група, витрата повітря, датчик витрати повітря, термоанемометр, нерозбірне діагностування, тяговий рухомий склад, силова енергетична установка, технічне обслуговування.

Вступ

Для забезпечення перевізного процесу справними локомотивами на залізницях України застосовується планово-попереджувальна система їх технічного обслуговування (ТО) та ремонту. Вона забезпечує підтримання технічного стану тягового рухомого складу у експлуатації на необхідному рівні надійності та безпеки руху [1].

З урахуванням фактичного технічного стану, а також постійного зростання витрат на утримання тягового рухомого складу з понаднормованим строком служби, який експлуатується залізницями України, планово-попереджувальна система ремонтів не завжди відповідає вимогам забезпечення перевізного процесу та необхідного рівня безпеки руху. Непоодинокі випадки, коли відповідно до встановленої періодичності ремонту або обслуговування доводиться втручатися в роботу нормально налагодженого механізму, розбирати, замінювати деталі, збирати і регулювати, хоча його технічний стан такого втручання не потребує. Надійність роботи такого вузла не підвищується, проте збільшуються витрати на виконання ремонту. Враховуючи вище сказане та загальну тенденцію переходу до виконання технічного обслуговування та ремонтів відповідно до фактичного технічного стану складальних одиниць тягового рухомого складу доцільно застосовувати систему їх утримання за фактичним станом або комбіновану.

Виконання ТО та ремонтів залізничного тягового рухомого складу за його фактичним технічним станом буде можливим лише з застосуванням автоматизованих систем нерозбірного діагностування та контролю технічного стану вузлів і деталей технічного об'єкту, пошуку несправностей та визначення їх причин, прогнозування залишкового ресурсу механізмів і визначення термінів профілактичного ремонту, без зайвого розбирання [2].

Тепловозна силова енергетична установка є одним з найголовніших об'єктів для діагностування у локомотиві [3]. Одним з основних її елементів є двигун внутрішнього згоряння. За співвідношенням кількості відмов двигунів внутрішнього згоряння його циліндропоршнева група (ЦПГ) посідає друге місце (до 20%) після паливної апаратури (до 45%) [4]. Циліндропоршнева група двигуна працює у найбільш важких умовах, таких як висока температура та великі циклічні і динамічні навантаження. При цьому відбувається інтенсивне зношування поршневих кілець і поверхонь тіла циліндра. Внаслідок їх зношування зменшується компресія в циліндрах, двигун втрачає потужність, ускладнюється запуск двигуна, збільшується витрата масла та палива, погіршуються екологічні показники. Отже, герметичність камер згоряння циліндрів є одним із найважливіших ресурсних параметрів технічного стану двигуна.

Серед показників, за якими можна визначити технічний стан циліндропоршневої групи з застосуванням автоматизованих систем нерозбірного діагностування технічного стану, є втрата повітря під час його стиснення у циліндрах двигуна. Для визначення відповідного діагностичного параметру необхідно мати спеціалізований апаратний комплекс, який може базуватися на термоанемометричних датчиках.

Мета дослідження

Метою та завданням дослідження є розробка частини спеціалізованого апаратно-програмного комплексу для визначення технічного стану циліндропоршневої групи тепловозного дизеля, що забезпечить зменшення витрат матеріальних ресурсів та часу на виконання операцій з її технічного діагностування, скоротить час простою тепловозів на позапланових видах ремонтів та забезпечить відповідний рівень безпеки руху рухомого складу [5].

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми

Тепловозна силова енергетична установка є складною системою, від її технічного стану безпосередньо залежить працездатність тепловоза, що у свою чергу впливає на виконання плану пасажирських та вантажних перевезень залізницями і безпеку руху. У зв'язку з цим діагностування тепловозної силової енергетичної установки є одним з найважливіших завдань при визначенні технічного стану тягового рухомого складу [6]. Для зменшення витрат часу та коштів на визначення технічного стану силової енергетичної установки необхідно обрати метод, який буде забезпечувати суттєве скорочення витрат енергоресурсів під час діагностування й дасть можливість найбільш точно визначити технічний стан ЦПГ.

Існують різні способи та методи діагностування дизелів, серед яких є спосіб, в якому визначальним діагностичним параметром є витрата двигуном повітря для своєї роботи [7, 8]. Для вимірювання витрати повітря використовують датчики витрати повітря різних конструкцій, але кожен з них можна віднести до одного з двох типів – датчики вимірювання об'ємної витрати повітря та датчики масової витрати повітря. Переважно використовують датчики масової витрати повітря (ДМВП), тому що вони вимірюють безпосередньо масу повітря за одиницю часу (ДМВП враховує температуру, тиск атмосферного повітря, його вологість). Крім того, конструкція ДМВП не має рухомих механічних частин. Але через складність їх конструкції, в ранніх системах діагностування застосовувалися в основному датчики об'ємної витрати повітря (ДОВП). Вони використовуються рідше, оскільки вимірюють тільки обсяг споживаного повітря. Але маса повітря (як і будь-яких інших газів), суттєво залежить від його тиску, температури й вологості.

Датчик масової витрати повітря – це датчик, який використовується для визначення масової витрати повітря, яке надходить у двигуні внутрішнього згоряння та перетворює отриману масову витрату повітря в цифровий або аналоговий сигнал. Він використовується для коригування кількості повітря, що надходить в циліндри двигуна. Датчик масової витрати повітря може застосовуватися спільно з датчиками температури повітря та атмосферного тиску, які додатково коригують його показання.

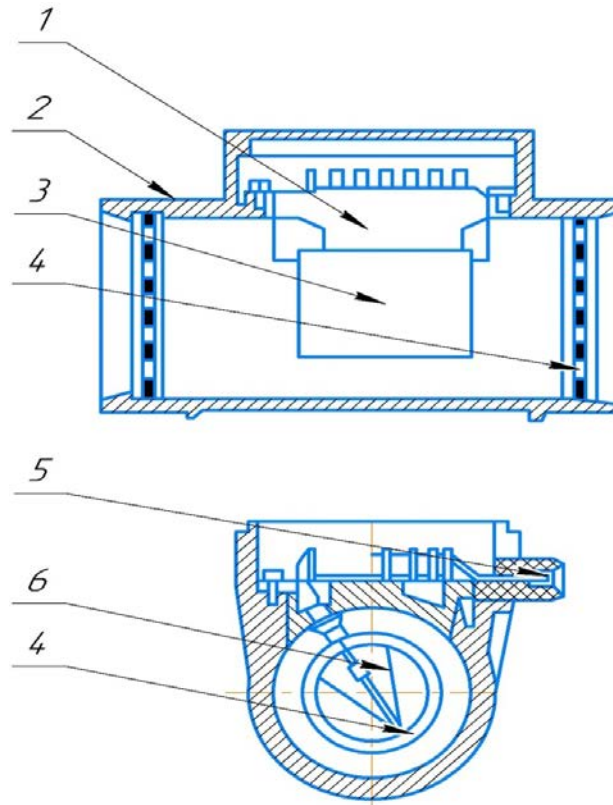
Розрізняють два основних типи ДМВП: проволочний та плівковий. Як правило, в якості датчиків масової витрати повітря застосовуються термоанемометри опору, в яких у перерізі потоку повітря розміщується чутливий елемент, який виконує функції термоопору. Датчик складається з двох платинових дрітів, які нагріваються електричним струмом. Через один дріт, охолоджуючи його, проходить потік повітря, а другий є контрольним. За зміною струму, який проходить через платиновий дріт, що охолоджується повітряним потоком, обчислюється кількість повітря що проходить через датчик (у відповідності зі зміною опору провідника, відповідно до закону Ома).

Конструктивну схему побудови термоанемометричного датчика наведено на рисунку 1. В корпусі датчика 2 знаходиться трубка 3, в якій встановлено платиновий дріт 6. Він підігрівається до температури 300–600°C. Чим більше швидкість руху повітря, що омиває дріт, тим більше знижується його температура та, відповідно, змінюється електричний опір. Точність вимірювання досягається порівнянням опору основного дроту та контрольного, який знаходиться поза потоком повітря. Електричні показники про зміну опору вимірювального провідника надходить через контакти термоелемента 1 і колодку роз'єму 5 [9].

Принцип роботи таких термоанемометрів заснований на збільшенні тепловтрат нагрітого тіла при збільшенні швидкості його обдування більш холодним газом – зміни числа Нуссельта. Число Нуссельта $N_{\text{ц}}$ – це один з основних критеріїв подібності теплових процесів, що характеризує співвідношення між інтенсивністю теплообміну за рахунок конвекції та теплопровідності (в умовах нерухомого середовища), яке визначається за співвідношенням:

$$N_u = \frac{\alpha l}{\lambda} = \frac{q_c}{q_\lambda}, \quad (1)$$

де: l – характеристичний розмір;
 α – коефіцієнт тепловіддачі;
 λ – коефіцієнт теплопровідності середовища;
 q_c – тепловий потік за рахунок конвекції;
 q_λ – тепловий потік за рахунок теплопровідності.



*Рис. 1 – Термоанемометричний датчик витрати повітря:
1 – термоелемент; 2 – корпус; 3 – трубка вимірювального блока;
4 – захисна сітка; 5 – електричний роз'єм; 6 – платиновий дріт*

Чутливим елементом датчика є відкритий не ізольований тонкий металевий провідник (нитка розжарювання), що нагрівається вище температури середовища електричним струмом. Дріт виготовляється з металу з позитивним температурним коефіцієнтом опору – платини, або з вольфраму, ніхрому, срібла та іншого металу. Опір нитки розжарювання залежить від зміни її температури, таким чином за зміною опору можна виміряти температуру. Температура нитки певним чином залежить від швидкості руху, густини та вологості повітря що її омиває. Нитка термодатчика включається у вимірювальну електронну схему. Залежно від методу включення датчика розрізняють прилади зі стабілізацією струму нитки, стабілізацією напруги та з термостатуванням нитки. У перших двох методах характеристикою швидкості є температура нитки, в останньому – потужність, необхідна для термостабілізації.

До недоліків термоанемометрів можна віднести низьку механічну міцність, оскільки застосовується вимірювальна нитка невеликого перетину. Інший недолік – порушення калібрування через забруднення та окислення гарячої нитки. Але, незважаючи на це, термоанемометри, тому що вони практично безінерційні, широко застосовуються в аеродинамічних експериментах для вимірювання локальної турбулентності та пульсацій газових потоків.

Принцип роботи плівкового датчика, зображеного на рисунку 2, багато в чому схожий з проволочним. Однак в його конструкції є кілька відмінностей. Замість платинового дроту в якості

основного чутливого елемента встановлений кристал кремнію. Він має платинове напилення, яке складається з декількох тонких шарів (плівок). Кожен з шарів являє собою окремий резистор: нагрівальний; терморезистори (два); датчик температури повітря.

Кристал з напиленням поміщається в корпус, який розміщується в каналі подачі повітря. Він має особливу конструкцію, яка дозволяє виконувати вимірювання температури не тільки на вході потоку, але й на виході потоку. Оскільки всмоктування повітря досягається за рахунок його розрідження в циліндрі двигуна, швидкість руху потоку дуже висока, що перешкоджає забруднюванню чутливого елемента [9].

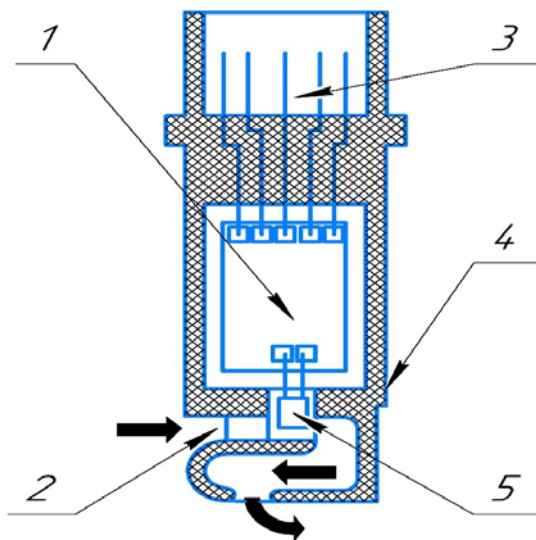


Рис. 2 – Схема плівкового датчика масової витрати повітря:

1 – електронний обчислювальний пристрій; 2 – вхід повітря; 3 – виводи електричного роз'єму; 4 – корпус; 5 – чутливий елемент.

Так само, як і в проволочному датчику, чутливий елемент плівкового нагрівається до певної заданої температури. У момент проходження повітря на терморезисторах виникає різниця температур, на основі якої розраховується маса потоку, що надходить з атмосфери (характеристика плівкового датчика в координатах маса повітря « Q_{Π} » – напруга « U » наведена на рисунку 3). У таких конструкціях вихідний сигнал може бути представлений як в аналоговому форматі (вихідна напруга), так і в більш сучасному і зручному для обробки – цифровому.

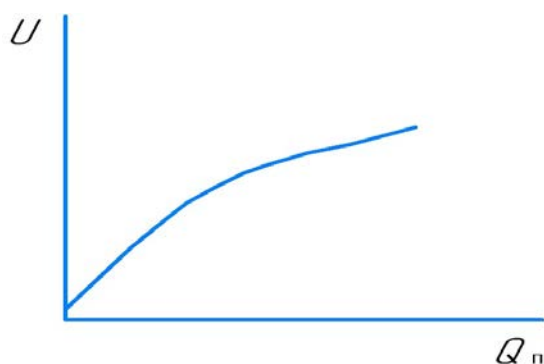


Рис. 3 – Характеристика плівкового датчика масової витрати повітря

В датчиках об'ємного типу принцип роботи побудований на отриманні відомостей про масу повітряного потоку шляхом зміни положення повзунка, який приводиться в дію спеціальною лопаткою, на яку впливає повітряний потік, що проходить крізь прилад. Пневмодинамічний витратомір ДОВП вимірює тиск в повітропроводі до і після перешкоди (наприклад дросельної заслінки). Величина перепаду тиску повітря до і після заслінки дає можливість визначити швидкість руху повітря по повітропроводу. Обчислювальний пристрій (ОП) по швидкості руху та

густині повітря також визначає його масу. Кількість повітря, що проходить крізь впускний колектор дизеля за рівнянням Бернуллі має вигляд:

$$Q_{\Pi} = \varepsilon \cdot f_k \cdot v_{\Pi} \cdot \rho_{\Pi} \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де: f_k – прохідний перетин впускного повітропровода;
 ρ_{Π} – густина повітря;
 Δt – тривалість вимірювання;
 v_{Π} – швидкість руху повітря:

$$v_{\Pi} = \varphi \sqrt{2(p_1 - p_2) / \rho_{\Pi}}, \quad (3)$$

де: p_1, p_2 – тиск повітря до і після дроселя;
 ε, φ – коефіцієнти, які враховують масштабні та геометричні параметри.

Крім датчиків тиску, до складу пневматичних ДОВП входять датчик температури (для визначення густини повітря) та датчик кута повороту дросельної заслонки. Часто встановлюють один датчик тиску після дроселя. До пуску двигуна він заміряє тиск (атмосферний), який ОП запам'ятовує як p_1 .

Прохідний перетин в патрубку зі зміною кута відкриття дроселя змінюється за досить складним законом. Ця залежність закладається в пам'ять ОП. Отримавши сигнали про кут повороту дроселя, про перепад тиску на ньому та температуру потоку, ОП обчислює витрату повітря.

Результати та методи дослідження

Розроблена методика визначення технічного стану циліндропоршневої групи тепловозного дизеля базується на застосуванні математичних методів інтерполяції, системного аналізу, теорії двигунів внутрішнього згорання та засобів програмування електронних контролерів.

Розглянуті типи датчиків, окрім переваг, мають ряд недоліків. До них можна віднести низьку механічну міцність, зменшення точності вимірів та забруднення чутливого елементу датчиків в процесі експлуатації, інерційність датчиків, високу собівартість та складність їх виробництва, необхідність використання додаткових вимірювачів та наявність рухомих частин, які зменшують надійність датчиків.

Для розв'язання задачі визначення залежностей масової витрати повітря Q через впускний $f^1(\varphi)$ та випускний $f^2(\varphi)$ тракти дизельного двигуна, яка віднесена до кута повороту колінчастого валу як

$$f^i(\varphi) = \frac{dQ}{d\varphi}, \quad (4)$$

з урахуванням таких обмежень: частота обертання колінчастого валу до 400 хв^{-1} ; повний об'єм циліндрів до $0,2 \text{ м}^3$; продуктивність до $40 \text{ м}^3/\text{хв}$, необхідно розробити систему вимірювань, яка володітиме достатньою механічною міцністю, необхідною потужністю та швидкодією.

Враховуючи особливості розглянутих типів датчиків, для вимірювання витрат повітря, при реалізації поставлених задач, доцільно використовувати датчики масової витрати повітря з термочутливими елементами та розробленою електронною схемою живлення і керування, яку наведено на рисунку 4. Цей датчик не має рухомих частин, має високу механічну міцність, мінімальну кількість первинних елементів для визначення масової витрати повітря. Його декілька підвищена інерційність достатня для розв'язання поставлених задач під час роботи у стаціонарних режимах двигунів внутрішнього згорання. Собівартість виготовлення такого датчика досить низька, оскільки він не має прецензійних елементів.

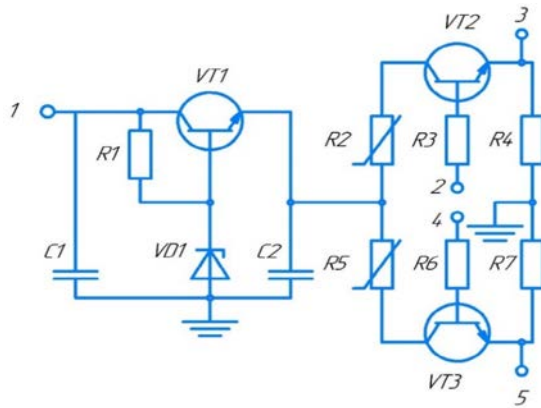


Рис. 4 – Електронна схема датчика вимірювання масової витрати повітря

Електронна схема датчика вимірювання масової витрати повітря складається з резисторів R1 (50 Ом), R2, R5 (0,5 кОм), R3, R6 (1 кОм), R4, R7 (3 Ом); стабілітрона VD1 з номінальною напругою 12 В та силою струму 100 мА; біполярних транзисторів VT1, VT2 і VT3. Для керування роботою даної схеми використовується мікроконтролер ATmega328P. Мікроконтролер ATmega328 являє собою 8-бітний мікроконтролер на базі ядра AVR RISC, має 32 кБ флеш-пам'яті для зберігання коду програми. ATmega328 має 2 кБ ОЗУ і 1 кБ EEPROM (яка читається і записується за допомогою бібліотеки EEPROM), 23 лінії вводу-виводу загального призначення, 32 робочі регістри загального призначення, три гнучкі таймери/лічильники з режимами порівняння, внутрішніми та зовнішніми перериваннями, послідовно програмований USART, байт-орієнтований 2-провідний послідовний інтерфейс, послідовний порт SPI, 6-канальний 10-бітний АЦП (8-канальний в пакетах TQFP та QFN/MLF) та п'ять режимів енергозбереження на вибір. Пристрій працює від 1,8-5,5 вольт напруги і досягає пропускну здатності, що наближається до 1 MIPS на 1 МГц. Програма керування датчиками масової витрати повітря наведена на рисунку 5.

В першому рядку програми, за допомогою функції «int», виконано визначення змінних програми, які можуть змінюватись в діапазоні від -2^{15} до 2^{15} і враховують від'ємні значення та є цілими числами. Змінна «n» визначає кількість циклів вимірювань повітряного потоку для отримання значення масової витрати повітря з найменшою похибкою. В нашому випадку шляхом мінімізації похибки експериментально отримано значення «n=100», що реалізовано в рядку № 17. Змінні «m» та «p» показують фактичне значення масової витрати повітря, визначене датчиками та перераховане передаточною функцією. Виведення цих даних реалізовано в рядках № 18 та № 20. Змінні «SensorValue1» та «SensorValue2» мають ті ж параметри, що й змінна «n». Вони визначають температуру нагріву термоелементів в режимі очікування. Ці значення отримуються з аналогових входів «A0» та «A1» і відповідають позиціям 3 та 5 рисунку 4. Значенню 100°C нагріву термочутливих датчиків відповідає значення «45» на вимірювальному вході при 10-бітному розширенні аналогово-цифрового перетворювача [10]. Ця функція реалізована в рядках № 11 та № 12. В рядку № 4 виконується відкриття послідовного порту зі швидкістю 9600 біт/с. Цим портом надсилаються значення змінних «m» та «p». В рядках № 5 та № 6 визначаються виводи для керування транзисторами, які нагрівають термочутливі елементи (позиція 2, 4, та VT2, VT3 на рис. 4).


```

1      int n,m,p = 0;
2      int sensorValue1,sensorValue2=0;
3      void setup() {
4          Serial.begin(9600);
5          pinMode(3, OUTPUT);
6          pinMode(4, OUTPUT);
7      }
8      void loop() {
9          digitalWrite(3, 1);
10         digitalWrite(4, 1);
11         sensorValue1 = analogRead(A0);
12         sensorValue2 = analogRead(A1);
13         if (sensorValue1 < 45) {m++;}
14         else {digitalWrite(3, 0);}
15         if (sensorValue2 < 45) {p++;}
16         else {digitalWrite(4, 0);}
17         if (n==100) {
18             Serial.print(m);
19             Serial.print(";");
20             Serial.println(p);
21             n=0;
22             m=0;
23             p=0;
24         };
25         delay(1);
26         n++;
27     }

```

Рис. 5 – Програма керування датчиками масової витрати повітря

Функція «void loop()» визначає безкінечний цикл вимірювання перерахунку та виводу даних по масовій витраті повітря. Рядками № 9 та № 10 визначається подача короткочасного імпульсу на термочутливі елементи для визначення їх температури шляхом вимірювання напруги на відповідних резисторах R4 та R7 (рис.4). Отримані значення присвоюються змінним «sensorValue1» та «sensorValue2» в рядках № 13 та № 15. У випадку, якщо температура термочутливого елемента дорівнює 100°C, відповідний канал закриває транзистор та припиняє примусове нагрівання відповідного термочутливого елемента (рядки № 14 та № 16). У разі, якщо температура термочутливого елемента <100°C, то відповідний транзистор залишається відкритим та продовжується нагрів елемента. Після виведення поточних значень змінних «*m*» та «*p*» виконується їх обнуління (рядки № 22 та № 23). Функція «delay(1)» в рядку № 25 визначає тривалість вимірювань, нагрівання або охолодження термочутливих елементів та дорівнює 1 мс і заснована на алгоритмах реалізованих в [11].

Перевірка точності, адекватності роботи комплексу що пропонується для визначення технічного стану циліндропоршневої групи дизеля та оцінки достовірності результатів вимірювань планується провести на чотирьох- та шестициліндрових рядних дизельних двигунах.

Висновки

Виконано огляд та аналіз характеристик різних типів датчиків масової витрати повітря. Враховуючи переваги та недоліки розглянутих датчиків, з урахуванням відсутності рухомих частин, високої механічної міцності, мінімальної кількості первинних елементів для визначення масової витрати повітря та досить низької собівартості виготовлення датчика, визначено найбільш оптимальний тип пристрою для вирішення поставлених задач з технічного діагностування циліндропоршневої групи тепловозного дизеля – термоанемометричний датчик.

Спроековано електронну схему датчика вимірювання масової витрати повітря на базі мікроконтролера ATmega328P з термочутливими елементами. Побудовано частину апаратно-програмного комплексу для визначення масової витрати повітря у циліндрах двигуна внутрішнього згорання. Визначено алгоритм роботи за яким комплекс виконує поставлені задачі. Розроблено програму керування контролером, яка забезпечує опитування датчиків масової витрати повітря та визначення значень параметрів технічного діагностування циліндропоршневої групи тепловозного дизеля.

Удосконалено метод нерозбірного діагностування силової енергетичної установки тепловозу за втратами свіжого заряду в циліндрах дизеля. На відміну від існуючих систем нерозбірного технічного діагностування застосування для визначення технічного стану циліндропоршневої групи дизеля згаданого апаратного комплексу з запропонованими термоанемометричними датчиками витрат повітря потребує значно меншого машинного часу на діагностичні роботи та

забезпечить високу точність вимірювання, що дасть можливість отримати економію матеріальних, людських та енергетичних ресурсів.

Література

1. Босов А.А. Основная задача совершенствования системы планово-предупредительных ремонтов локомотивов / А.А. Босов, Е.Б. Боднар, А.И. Мосендз // Вісник Східноукр. нац.ун-ту. – 2001. – № 7 (41). – С. 93–97.
2. Боднар Б.Є. Методи нерозбірного діагностування дизелів при експлуатації рухомого складу / Б.Є. Боднар, О.Б. Очкасов, Д.В. Черняєв, О.Я. Децюра // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 41. – С. 63–67.
3. Скалозуб В.В. Автоматизований експертний комплекс із дослідження та прогнозування параметрів силових енергетичних установок локомотивів / В.В. Скалозуб, О.Б. Очкасов, Д.В. Кібець // Інформ.-керуючі системи на залізн. трансп. – 2020. – № 2. – С. 8–18.
4. Куков С.С. Диагностирование цилиндропоршневой группы по результатам оценки динамической компрессии / С.С. Куков, А.М. Плаксин, А.В. Гриценко, К.В. Глемба, А.Г. Карпенко, В.В. Руднев // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11-2. – С. 300-305.
5. Кончаков Е.И., Техническая диагностика судовых энергетических установок : учеб. пособие / Е.И. Кончаков. – Владивосток : Изд - во ДВГТУ, 2007. – 112 с.
6. Капица М.И. Модели режимов диагностирования тягового подвижного состава с заменой комплектующих изделий / М.И. Капица, В.В. Лагута // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2013. – № 5. – С. 56-62.
7. Боднар Б.Є. Визначення методу фільтрації сигналу нерівномірності частоти обертання колінчастого вала дизеля / Б.Є. Боднар, О.Б. Очкасов, Д.В. Черняєв // Наука та прогрес транспорту : Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2013. – Вип. 1. – С. 113-118.
8. Диагностирование дизелей / Е. А. Никитин, Л. В. Станиславский, Э. А. Улановский и др. – М. : Машиностроение, 1987. – 224 с.
9. Палагута К.А. Микроконтроллеры в системах управления современных автомобилей / К.А. Палагута. – М. : МГИУ, 2007. – 217 с.
10. Макаричев Ю.А. Методы планирование эксперимента и обработки данных : учеб. пособие / Ю.А. Макаричев, Ю.Н. Иванников. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 131 с.
11. Use of the Wavelet Transform for the Analysis of Irregularity of Crankshaft Angular Velocity / B. Bodnar, O. Ochkasov, D. Chernyaev, R. Skvireckas. Transport Means 2018: Proc. of the 22nd Intern. Sci. Conf. (Oct. 03–05, 2018, Trakai, Lithuania) / Kaunas Univ. of Technology, Klaipėda Univ., JSC Lithuanian Railways (AB “Lietuvos Geležinkeliai”) [et al.]. Kaunas, 2018, pp. 962–967.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Капица Михайло Іванович,

д.т.н., професор, завідувач кафедри «Локомотиви» Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ).

Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна.

Тел.: +38 095 179 11 18.

E-mail: m.i.kapica@ua.fm.

ORCID: orcid.org/0000-0002-3800-2920.

Бобирь Дмитро Валерійович,

к.т.н., доцент, доцент кафедри «Локомотиви» УДУНТ.

Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна.

Тел.: +38 050 964 96 42.

E-mail: dmitrob@ua.fm.

ORCID: orcid.org/0000-0003-1441-3861.

Кислий Дмитро Миколайович,
к.т.н., доцент, доцент кафедри «Локомотиви» УДУНТ.
Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна.
Тел.: +38 066 625 18 59.
E-mail: dmitriykisliy@gmail.com.
ORCID: orcid.org/0000-0002-4427-894X.

Богомолів Андрій Русланович,
аспірант кафедри «Локомотиви» УДУНТ.
Вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна.
E-mail: bogomolov1811@gmail.com.
ORCID: orcid.org/0000-0003-1972-9726.

«ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ» ПЕРЕДПЛАТА НА ВИДАННЯ

Оформити передплату на **науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України»** по кварталах і на весь 2022 рік можливо у кожному поштовому відділенні України за **Каталогом видань України «Преса поштою»** або на **офіційному сайті ДП «Преса» www.presa.ua**.

Періодичність видання журналу – 4 рази на рік.

Передплатний індекс: для індивідуальних передплатників – 74126, для підприємств і організацій – 40294.

Передплату підприємства та фізичні особи можуть також **оформити передплату на договірних умовах у видавця журналу** філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця» за зверненням до директора по адресу:

03038, м. Київ, вул. Івана Федорова, 39.

Електронна пошта: ztu1520mm@gmail.com.

Тел.: +38 (044) 465-38-11; +38 (044) 309-68-93.