

УДК 629.421.1

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ВІДХИЛЕНЬ ПИТОМОЇ УМОВНОЇ ВИТРАТИ ПАЛИВА ЗА МОНІТОРИНГОВИМИ ДАНИМИ ТЕПЛОВОЗІВ

А. М. Ходаківський

Аспірант кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу»*
andgpm@ukr.net

С. Д. Бронза

Доцент кафедри «Вища математика»*
*Українська державна академія залізничного транспорту
г.Харьков пл. Фейєрбаха 7

Проведення реостатних випробувань пов'язано зі значними втратами часу на подачу тепловоза до місця випробувань, приєднання до навантажувального реостата, непродуктивною витратою палива і т.д. Часу, відведеного за нормами на технічне обслуговування, не досить для проведення реостатних випробувань. Таким чином, потрібний такий метод, який би при проведенні діагностики дозволив: виключити необхідність у постановці тепловоза на реостатні випробування; оцінювати стан тепловоза в основному наявними в депо засобами без розбирання і ремонту; виконувати діагностику в періоди, що не приводять до завищення планових норм простоїв на оглядах і ремонтах

Вступ

Ефективність систем діагностування транспортних засобів у значній мірі визначається рівнем оптимальності використовуваного алгоритму постановки діагностів, а також правильністю нормування використовуваних цим алгоритмом діагностичних параметрів.

Витрата палива тепловозом в експлуатації понад норми внаслідок несправності вважається відмовою. Перевитрата палива окремим тепловозом викликає необхідність відставлення його на неплановий ремонт, проведення ретельної перевірки паливної апаратури, систем повітропостачання, регулювання на реостатних випробуваннях. Це приводить до погіршення показників надійності - параметра потоку відмов, коефіцієнта готовності і середнього часу відновлення. Відсутність в експлуатації відмов по перевитраті палива тепловозами у свою чергу викликає поліпшення показників, що характеризують надійність.

Аналіз останніх публікацій. Серед експлуатаційних властивостей технічних систем дизелів, що мають безпосередній зв'язок з діагностованими показниками потужності, паливної економічності, у останніх наукових дослідженнях виділяють технічний стан паливної апаратури, циліндро-поршневої групи, системи повітропостачання та газорозподілу [1, 6]. Найбільший вплив на економічність і склад газів, що відпрацювали, має технічний стан паливної апаратури [2-5]. Дослідженнями встановлено, що до 75% експлуатаційних відмов дизелів припадає на паливну апаратуру, причому близько 50% відмов у роботі паливної апаратури обу-

мовлено відхиленнями її регульовальних параметрів у процесі експлуатації від номінальних значень [7-8].

Мета роботи

Розробити метод визначення відхилень питомої умовної витрати палива тепловозним дизелем за даними бортових моніторингових систем тепловозів, з подальшим застосуванням, як методу визначення технічного стану тепловозного дизеля.

Метод визначення відхилень питомої умовної витрати палива. В момент часу $t=0$ дизель-генераторна установка тепловоза (далі за текстом система) має значення $n = n_0, p = p_0, g = g_0$. Оскільки всі ці величини залежать від часу то n, p, g можна розглядати як функцію часу $n = n(t), p = p(t), g = g(t)$. Якщо розглядати t як параметр в просторі $R = n, p, g$ то

$$\begin{cases} n = n(t) \\ p = p(t) \\ g = g(t) \end{cases} \quad (1.1)$$

геометрично являє собою криву, що в силу фізичної природи параметрів неперервна і гладка.

В експлуатації заміри параметрів виконуються на даному етапі розвитку вимірювальної техніки дискретним способом, тому замість виразу (1.1) ми одержимо набір дискретних значень, що геометрично буде відповідати системі точок які фіксує бортова моніторингова система тепловоза.

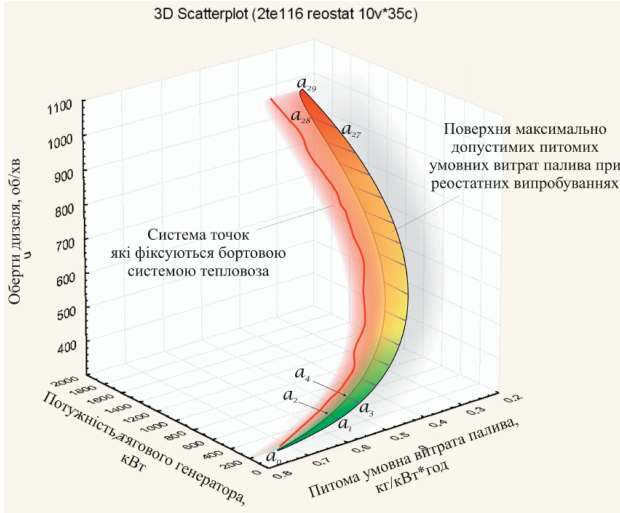


Рисунок 1 – Максимально допустимі питомі умовні витрати палива на реостатних випробуваннях тепловозу 2ТЕ116 після проведення ПР1

Позначимо через A впорядковану систему точок $\{a_i\}_{i=0}^{29}$.

На 30 точок натягнемо 15 площин L_j , де $j=1...15$ наступним чином:

для $j=1$, L_1 натягнемо на точки a_0, a_1, a_2

для $j=2...14$, L_j натягнемо на точки $a_{2j-3}, a_{2j-2}, a_{2j-1}, a_{2j}$

для $j=15$, L_{15} натягнемо на точки a_{27}, a_{28}, a_{29}

При цьому площини L_1 та L_{15} повністю визначені як площини що проходять через три різні задані точки що не лежать на одній прямій.

Площини L_j , $j=2...14$ будуть також визначені однозначно тому що вони задані чотирма різними точками, що лежать попарно на двох паралельних прямих.

Для того щоб записати рівняння цих площин відкинемо першу точку з кожної четвірки. Таким чином площини L_j при $j=1...14$ також визначаються однозначно трьома різними точками $a_{2j-2}, a_{2j-1}, a_{2j}$ що належать одній прямій. Якщо систему точок A доповнити точкою a_{30} що збігається з точкою a_{27} то L_{15} також визначається точками $a_{2j-2}, a_{2j-1}, a_{2j}$ для $j=15$. За повною системою точок залишимо теж саме позначення A . Кінцево маємо впорядковану систему точок $\{a_i\}_{i=0}^{30}$, які однозначно визначають площини L_j де $j=1...15$. Рівняння площини L_j з системи площин Λ , де $\Lambda = \{L_j\}_1^{15}$ має вигляд:

$$\det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \\ x & y & z & 1 \end{pmatrix} = 0 \quad j=1..15 \quad (1.2)$$

Позначимо через $B = \{b_i\}_1^k$ систему точок, що фіксують бортову моніторингова система тепловоза.

Використавши формулу відстані ρ точки b_0 з координатами $x_{b_0}, y_{b_0}, z_{b_0}$ до площини L з рівнянням $\alpha x + \beta y + \gamma z + \delta = 0$ маємо:

$$\rho = \rho(b_0, L) = \left| \frac{\alpha x_{b_0} + \beta y_{b_0} + \gamma z_{b_0} + \delta}{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2}} \right| \quad (1.3)$$

Точка $b_i \in B$ з координатами $x_{b_i}, y_{b_i}, z_{b_i}$ знаходиться від площини $L_j \in \Lambda$ на відстані $\rho = \rho(b_i, L_j)$:

$$\rho(b_i, L_j) = \frac{\left| \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \\ x_{b_i} & y_{b_i} & z_{b_i} & 1 \end{pmatrix} \right|}{\sqrt{\left| \begin{matrix} y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{matrix} \right|^2 + \left| \begin{matrix} x_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{matrix} \right|^2 + \left| \begin{matrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & 1 \end{matrix} \right|^2}}}, \quad j=1..15 \quad (1.4)$$

Тоді середня відстань від точок множини $B = \{b_i\}_1^k$ до площин системи $\Lambda = \{L_j\}_1^{15}$ визначається за наступною формулою:

$$\rho_{cp} = \rho\{B, \Lambda\} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} \rho(b_i, L_j)$$

або в розгорнутому вигляді маємо формулу:

$$\rho_{cp} = \rho\{B, \Lambda\} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} \frac{\left| \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \\ x_{b_i} & y_{b_i} & z_{b_i} & 1 \end{pmatrix} \right|}{\sqrt{\left| \begin{matrix} y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{matrix} \right|^2 + \left| \begin{matrix} x_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{matrix} \right|^2 + \left| \begin{matrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & 1 \end{matrix} \right|^2}}}} \quad (1.5)$$

Знайдемо середнє відхилення за питомою умовною витратою палива g_{cp} . Пряма, що проходить через точку $b_i = (x_{b_i}, y_{b_i}, z_{b_i})$ перпендикулярна площині L_j має рівняння:

$$\frac{x - x_{b_i}}{\alpha_j} = \frac{y - y_{b_i}}{\beta_j} = \frac{z - z_{b_i}}{\gamma_j} \quad (1.6)$$

де $\vec{l}_j = (\alpha_j, \beta_j, \gamma_j)$ - нормальний вектор площини L_j що перетинає площину в точці \tilde{b}_i координати якої є рішенням системи рівнянь:

$$\begin{cases} \alpha_j x + \beta_j y + \gamma_j z = 0 \\ \frac{x - x_{b_i}}{\alpha_j} = \frac{y - y_{b_i}}{\beta_j} = \frac{z - z_{b_i}}{\gamma_j} \end{cases} \quad (1.7)$$

де перше рівняння системи є рівнянням площини L_j .

Розв'язавши систему рівнянь (1.7) маємо:

$$\begin{cases} \tilde{x}_{b_i} = \frac{\alpha_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2} + x_{b_i} \\ \tilde{y}_{b_i} = \frac{\beta_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2} + y_{b_i} \\ \tilde{z}_{b_i} = \frac{\gamma_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2} + z_{b_i} \end{cases} \quad (1.8)$$

Різниця $|\tilde{z}_{b_i} - z_{b_i}| = \frac{\gamma_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2}$

Звідки середнє абсолютне відхилення $g_{\text{ср.абс.}}$:

$$g_{\text{ср.абс.}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} |\tilde{z}_{b_i} - z_{b_i}| = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} \left| \frac{\gamma_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2} \right| =$$

$$= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} \frac{\left| \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \cdot \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \\ x_{b_i} & y_{b_i} & z_{b_i} & 1 \end{pmatrix} \right|}{\left(\det \begin{pmatrix} y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \right)^2 + \left(\det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \right)^2 + \left(\det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \right)^2} \quad (1.9)$$

Звідки середнє відносне відхилення $g_{\text{ср.відн.}}$:

$$g_{\text{ср.відн.}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} \left| \frac{\frac{\gamma_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2}}{\frac{\gamma_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2} + z_{b_i}} \right| = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} \left| \frac{\gamma_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i)}{\gamma_j(\alpha_j x_{b_i} + \beta_j y_{b_i} + \gamma_j z_{b_i} + d_i) + z_{b_i}(\alpha_j^2 + \beta_j^2 + \gamma_j^2)} \right| = \quad (1.10)$$

$$= \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \min_{j=1..15} \frac{\left| \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \cdot \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \\ x_{b_i} & y_{b_i} & z_{b_i} & 1 \end{pmatrix} \right|}{\left| \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \cdot \det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \\ x_{b_i} & y_{b_i} & z_{b_i} & 1 \end{pmatrix} \right| + z_{b_i} \left(\left(\det \begin{pmatrix} y_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ y_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ y_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \right)^2 + \left(\det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & z_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & z_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & z_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \right)^2 + \left(\det \begin{pmatrix} x_{a_{2j-2}} & y_{a_{2j-2}} & 1 \\ x_{a_{2j-1}} & y_{a_{2j-1}} & 1 \\ x_{a_{2j}} & y_{a_{2j}} & 1 \end{pmatrix} \right)^2 \right)}$$

Висновки

Витрата палива для дизельної установки - один з головних параметрів ефективності його роботи. Він безпосередньо пов'язаний з механічним і хімічним негорюванням палива, а отже із технічним станом дизеля, тому розробці методів його діагностування в умовах експлуатації приділяється особлива увага. В цій ро-

боті запропоновано метод обробки діагностичного матеріалу, що накопичується в процесі безупинної роботи навігаційних моніторингових комплексів на залізничному транспорті. Слід зазначити, що інформаційний потенціал зазначених комплексів, дозволить в найближчій перспективі зробити перехід до експлуатації тягового рухомого складу за фактичним станом.

Література.

1. Говорущенко И.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. -- М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
2. Ходаківський А.М. Визначення технічного стану ДГУ тепловозів в експлуатації за даними бортових систем. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 3/5 (33) – С. 19 – 21.
3. Малоземов Н.А. Организация и планирование тепловозоремонтного производства. – М.: Транспорт, 1986. – 267 с.
4. Находкин В.М., Черепашенец Р.Г. Технология ремонта тягового подвижного состава. – М.: Транспорт, 1998. – 461 с.
5. Тартаковский Э.Д. Качество ремонта и надежность тепловозов. М.: Транспорт, 1973, 81с.
6. Тартаковский Э.Д. Предпосылки автоматизации проектирования технологических процессов обслуживания и ремонта локомотивов //Межвуз.сб.науч.тр./МИИТ, 1987.- Вып.795. 8с.
7. Тартаковский Э. Д., Артеменко В. В., Артеменко А. В. Концепция создания автоматизированной системы управления и контроля за тяговым подвижным составом железнодорожного транспорта с применением навигационных систем // 36. на-ук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. –Вип. 82. – С. 17 – 24.
8. Хомич А.З. Топливная эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транс-порт, 1987. – 271 с.

УДК 536.2

Исследована погрешность математических моделей в задачах теплопроводности твердых тел с плоским представлением одного или нескольких размеров источника тепла. Расчет ошибки пренебрежения реальным размером источника мощности производится вычислением отношения выражений температурного поля в теле с объемным и точечным источникам тепла. Получены выражения для расчета погрешности при плоском, линейном и точечном представлении источников. Построена графическая зависимость относительной погрешности от основных параметров конструкции. Результаты работы могут быть использованы для расчета поправочных коэффициентов при различных вычислениях и аналитических исследованиях температурных полей и теплофизических параметров тел, а также других физических полей, описываемых аналогичным классом дифференциальных уравнений.

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ РЭА

В. И. Азаренков

Старший преподаватель кафедры Инженерная и компьютерная графика*

Контактный телефон: +38-050-524-84-84

E-mail:azarnikov@ukr.net

Е. В. Азаренков

Студент*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166.

Контактный телефон: +38-068-890-66-38

E-mail:jazar@pochta.ru

1. Анализ последних исследований

В практике аналитического исследования достаточно часто с целью упрощения математических выкладок игнорируют действительными размерами тел или некоторых объемов пространства, считая их бесконечно малыми (точечными).

Так, например, некоторые методы определения теплопроводности и температуропроводности базируются

на понятиях точечного, линейного или плоского источника тепла [1].

При анализе теплового режима микросхем и других элементов радиоэлектронной аппаратуры широко применяется тепловые модели с точечными и плоскими источниками рассеиваемой мощности [2].

Для решения обратных задач теплопроводности используются измерения температуры, температурно-