

УДК 621.436.1.004.18:504

*Каграманян А.О., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)  
Онищенко А.В., інженер (УкрДАЗТ)*

## **ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВИЗНИХ ДИЗЕЛІВ ПРИ РОБОТІ НА ХОЛОСТОМУ ХОДІ**

**Постановка задачі.** Експлуатаційний цикл роботи тепловоза включає роботу на режимі тяги та режимі прогріву, при знаходженні його у «гарячому» резерві.

Статистичні дані по локомотивному господарству України показують, що тривалість роботи у режимі «гарячого» резерву становить до 15% від загальної тривалості роботи тепловозного дизеля.

Працюючи на нульовій позиції, у режимах «гарячого» резерву й при стоянках у заборонних сигналів, дизеля споживають від 10% до 16% загальної експлуатаційної витрати палива. У зимовий період тривалість роботи дизеля на холостому ході й малих навантаженнях зростає на 10%...15% в основному за рахунок роботи дизеля при стоянках у режимах «гарячого» резерву.

У теперішній час прогрів тепловоза здійснюється повсюдно методом самопрогріву від працюючого на холостому ході двигуна. При цьому цей метод має істотні недоліки: зменшується моторесурс двигуна, що веде до зниження інтервалу часу між капітальними ремонтами; витрачається дороге дизельне паливо й мастильні матеріали; збільшуються викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами. Тому проблема зниження витрати пального та поліпшення економічних показників тепловозних дизелів на режимах холостого ходу та малих навантажень в Україні є актуальною.

**Аналіз досліджень по даному питанню.** Питанням підвищення паливної економічності тепловозних дизелів на допоміжних режимах займалося та займається багато видатних вчених. До них можна віднести Симсона А.Е., Хомича А.З., Єроценкова С.А., Перельота В.І. та багатьох інших. Ними були проведені дослідження по різним напрямкам та розроблено багато заходів направлених на зниження витрат пального і зменшення забруднюючих атмосферу викидів. До

таких заходів можна віднести: вимикання однієї секції тепловоза; модернізація масляної системи; покращення процесу сумішоутворення за рахунок удосконалення конструкції дизелів; відключення ряду циліндрів у V- образних двигунів; використання різноманітних методів прогріву тепловозів та багато інших заходів. Аналогічні дослідження проводяться і закордонними спеціалістами. Наприклад в США фірма Мікрофор Інкорпорейтед серійно випускає систему прогріву тепловозних дизелів, яка дає суттєву економію дизельного пального, в зв'язку з чим вона рекомендована для повсюдного встановлення на тепловозах залізниць США.

**Основний матеріал.** Відомо, що в Україні повсюдно в якості прогріву тепловозів використовують самопрогрів, особливо, на території депо під час відстою тепловозів в «гарячому» резерві. При цьому витрата палива дуже значна, а ККД цього процесу низький. Крім того у такий спосіб тепловози, які обігріваються від власної ТСУ дуже забруднюють навколишнє середовище.

Виходячи із вище наведеного, виникла потреба в розробці альтернативних методів прогріву, які забезпечували б економію дорогого дизельного пального й відповідно зменшували б кількість шкідливих викидів до атмосфери.

Умовно методи прогріву тепловозних дизелів можна розділити на три групи: стаціонарні, автономні, комбіновані. До стаціонарного відносять такі як прогрів від деповської котельні, прогрів від електромережі, прогрів тепловоза гарячим повітрям, прогрів пальниками - інфрачервоним випромінюванням. До автономного відносять такі методи як прогрів від тягового генератора, прогрів від котла- підігрівника й прогрів з використанням акумулятора теплоти.

Надамо коротку характеристику кожному з наведених вище методів.

Спосіб прогріву від котельні депо розроблений в ХІІТ-і і реалізований у середині 80-х років у ряді локомотивних депо колишнього СРСР. Вода системи охолодження кожної секції дизеля тепловоза нагрівається в рекуперативних теплообмінниках, установлених стаціонарно в пункті прогріву, а циркуляція її здійснюється насосом. Як теплоносій у них використовується гаряча вода або пара, що подається до теплотраси з деповської котельні.

Переваги способу: високий (більше 70 %) коефіцієнт використання теплоти згоряння палива, що спалюється в котельні, прогрів при зупиненому дизелі з усіма його перевагами.

Недоліки: прогрів тепловозів тільки в певному місці депо (пункті прогріву), і капітальні витрати на створення пункту прогріву.

Спосіб прогріву від деповської (державної) електромережі конструктивно аналогічний способу прогріву від тягового генератора. Різниця полягає в тому, що електроживлення на котел надходить від зовнішньої електромережі. Оскільки прогрів при цьому здійснюється при зупиненому дизелі, то для забезпечення циркуляції води в системі охолодження передбачається спеціальний насос, живлення електропривода якого здійснюється також від зовнішньої електромережі.

Переваги: прогрів при зупиненому дизелі, надійність, можливість автоматизації системи прогріву, можливість прогріву тепловозів у різних місцях території депо. Ця ідея вже реалізована російськими спеціалістами у вигляді системи підігріву «Контур».

До недоліків способу потрібно віднести необхідність модернізації тепловоза з відповідними витратами на неї, витрати на установку розподільних щитів на території депо.

Спосіб прогріву гарячим повітрям реалізується шляхом обдування дизеля і його систем гарячим повітрям. Для тепловозів даний спосіб навряд чи прийнятний.

До переваг можна віднести тільки прогрів при зупиненому дизелі.

Недоліки: мала ефективність (3 - 4 %) використання теплоти гарячого повітря, складність самої системи.

Спосіб прогріву від пальників інфрачервоного випромінювання для тепловозів, особливо капотних, практично не можливо реалізувати, хоча б з міркувань підвищеної пожежонебезпеки.

Спосіб самопрогріву з підключенням тягового генератора [2] полягає в тому, що в систему водяного охолодження вбудовується електричний водонагрівальний котел, що одержує енергію під час прогріву від тягового генератора. Прогрів відбувається при роботі тепловозного двигуна під навантаженням (I-III-я позиції контролера машиніста), а не в режимі холостого ходу. Таким чином, додаткова теплота на прогрів надходить за рахунок перетворення механічної енергії двигуна через електричну в теплову. При цьому за рахунок підвищення ККД двигуна як нагрівального пристрою знижується витрата палива на прогрів.

До переваг цього способу можна віднести автономність, зменшення витрати пального, викидів шкідливих речовин газів, відпрацьованих в двигуні, а також зменшення витрати моторесурса.

До недоліків способу відносять витрати на модернізацію систем тепловоза, витрата (хоч і зменшена) дорогого дизельного пального, викиди шкідливих речовин газів, відпрацьованих в двигуні, і витрата моторесурса.

Різновидом вищенаведеного способу є прогрів другої секції тепловоза від дизеля працюючої секції. Розрахунки показали, що такий спосіб економічно недоцільний.

Спосіб прогріву від котла-підігрівника застосовувався на тепловозах 2ТЕ10. У дизельному приміщенні тепловозів зазначених серій розташовувався водонагрівальний котел, що працює на дизельному пальному. Він забезпечував прогрів тепловоза при непрацюючому двигуні.

Переваги такого способу прогріву: автономність, прогрів з непрацюючим двигуном тепловоза.

Недоліки: складність конструкції, низький ККД, пожежонебезпека.

Спосіб прогріву від акумулятора теплоти запозичений, очевидно, із систем гарячого водопостачання і опалення.

У стаціонарних системах і пристроях як речовина, що акумулює теплоту, ви користується вода, яка має високу теплоємність ( $C_p = 4,186$  кДж/кг·град). Для транспортних засобів водянні акумулятори виявляються занадто громіздкими і важкими. Тому в них можуть використатися речовини, що мають високу теплоту фазового переходу при відносно низькій температурі плавлення (60 - 80 °С). Такі акумулятори теплоти виявляються більш компактними.

До переваг цього способу прогріву можна віднести автономність, прогрів тепловоза з непрацюючим дизелем і додаткову економію пального працюючим дизелем за рахунок зупинки вентиляторів холодильної камери при зарядці акумулятора теплоти в період виконання поїзної роботи.

Недоліки цього способу: складність конструкції, збільшення маси тепловоза, обмежений час перебування у відстої (6 - 8 годин).

Окремо кожен з цих методів не дуже ефективний і у більшості випадків не підходить із-за конструктивних особливостей тепловозів. Тому доцільно використовувати комбіновані системи прогріву, що реалізують якусь сукупність способів з наведених вище.

Для прикладу зробимо поверхневий розрахунок економії палива та грошових коштів без обліку витрат на модернізацію тепловоза і капітальних витрат при використанні комбінованої системи прогріву тепловоза 2ТЕ116.

В якості комбінованої системи виберемо систему, яка включає в себе:

- прогрів з підключенням тягового генератора;
- прогрів тепловоза від електричної мережі депо;
- прогрів тепловоза за допомогою акумулятора теплоти

Комбінація цих методів дуже ефективна, бо майже повністю виключає викиди забруднюючих речовин до атмосфери, покращує

екологію регіонів, де містяться депо. Також ці методи зменшують шум та вібрації в тепловозі, джерелом яких є механізми тепловозу та дизель.

Економія грошових коштів за рахунок використання комбінованої системи прогріву тепловоза ККД, якої більше ніж при самопрогріві, одразу за опалювальний період визначається за формулою:

$$Z_{\text{екон.}} = \sum \frac{Q^{t_n}}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \Pi_i \cdot C_{\text{кДжс1}} - \dots - \sum \frac{Q^{t_n}}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \Pi_i \cdot C_{\text{кДжс2}}, \quad (1)$$

де  $\sum \frac{Q^{t_i}}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \dot{I}_i \cdot \tilde{N}_{\text{еАе1}}$  - сумарний добуток тепловтрат секції тепловоза

на  $\Pi_i$  - місячний термін знаходження тепловоза в «гарячому» резерві при середній температурі зовнішнього повітря у даному місці на  $\tilde{N}_{\text{еАе1}}$  - вартість 1МДж теплоти, що йде на прогрів двигуна при самопрогріві, коп./МДж ;

$\sum \frac{Q^{t_i}}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \dot{I}_i \cdot \tilde{N}_{\text{еАе2}}$  - сумарний добуток тепловтрат секції тепловоза

на  $\Pi_i$  - місячний термін знаходження тепловоза в «гарячому» резерві при середній температурі зовнішнього повітря у даному місці на  $\tilde{N}_{\text{еАе2}}$  - на вартість 1МДж теплоти, що йде на прогрів двигуна при самопрогріві з підключенням тягового генератора, від зовнішньої електромережі, коп./МДж.

Визначимо економію коштів на пальне і зменшення витрати дизельного пального за опалювальний період відповідно до кліматичних умов міста Харкова, за рахунок використання енергії від електричної мережі, самопрогріву при підключенні тягового генератора та використанні акумулятора теплоти.

Для цього потрібні вихідні данні:

1 Обігрів тепловозів відбувається 190 діб (з 13 жовтня по 20 квітня).

2 Прогрів тепловозу з підключенням тягового генератора приймаємо 4 години на добу.

3 Прогрів тепловозу за допомогою акумулятора теплоти беремо з розрахунку – 4 години на добу.

4 Прогрів від деповської (державної) електромережі.

Вартість 1 МДж теплоти, витраченої на прогрів тепловоза,  $C_{\text{кДж}} = 8,03$  коп./МДж.

5 Самопрогрів від працюючого на холостому ходу двигуна.

Вартість 1 МДж теплоти, що йде на прогрів двигуна,  $C_{кДж} = 26,82$  коп./МДж.

6 Знаходження тепловоза у «гарячому» резерві депо приведено у таблиці 1.

7 Втрати теплоти секції тепловоза 2ТЕ116 з дизелем 1Д80Б беремо з графіку залежності  $Q_1, Q_2, Q, t_1, t_3, t_6, t_v = f(t_n)$  для району з  $t_n^{min} = -30$  °С [7].

В результаті розрахунків з'ясувалось, що економія коштів складає 602,453 тис. грн. за опалювальний сезон, а економія пального 191,742 т. Але такий приклад не є достатнім для ухвалення рішення про розробку такої чи іншої комбінованої системи прогріву тепловозів. Кваліфіковане рішення повинно базуватися на урахуванні як витрати на їх розробку, так й одержуваний економічний ефект.

Таблиця 1 - Час знаходження тепловозів у гарячому резерві депо.

Місяць	Час знаходження тепловозів у гарячому резерві депо Пі, в секцій-годин.	Місяць	Час знаходження тепловозів у гарячому резерві депо Пі, в секцій-годин.
жовтень (18діб)	1008	лютий	1624
грудень	1736	березень	1736
січень	1736	Квітень (21доба)	1120
листопад	1680	усього	10640

**Висновки:**

1. Наведено класифікацію і короткі характеристики відомих способів прогріву тепловозів, що перебувають в «гарячому» резерві.
2. Зроблено висновок про необхідність розробки та використання комбінованих способів прогріву тепловозів.
3. Наведено приклад розрахунку економії пального та грошових коштів при використанні комбінованої системи прогріву тепловозів.

*Список літератури*

- 1 Хомич А.З. Эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей. Транспорт, 1979 г., 144 с.
- 2 Хомич А.З., Тупицын О.И., Симсон А.Э. Экономия топлива и теплотехническая модернизация тепловозов. М., «Транспорт», 1975 г., 264 с.
- 3 «Сравнительные испытания бортовых систем прогрева тепловозных двигателей. Система электропрогрева тепловозов с использованием электроэнергии генератора». Отчёт о научно-исследовательской работе, ХИИТ, 1987г., 10 с.
- 4 Хомич А.З., Мартышевский М.И. Электропрогрев водяной системы.- Электрическая и тепловозная тяга. – М., 1978, № 9, с. 30
- 5 Сергиенко Н.И. Выбор и научное обоснование технико-экономических показателей тепловозных дизелей для локомотивного парка Украины. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Харьков, ХарГАЖТ, 2000 г., 194 с.
- 6 Мартышевский М.И. Совершенствование режимов прогрева дизелей тепловозов с электрической передачей. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Харьков, 1982 г., 133 с.
- 7 А.О. Каграманян, А.В. Онищенко Аналіз витрат тепла секції тепловоза та його вплив на визначення кількості теплоти при самопрогріві дизеля// Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2007. - №12. – с. – 30.

**УДК 629.4.027.3**

*Жижко В.В., старший науковий співробітник (ДІТ)*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕТЕКАНИЯ  
РЕАЛЬНОГО ГАЗА В ПНЕВМОСИСТЕМАХ**

При расчете и моделировании пневматических исполнительных и управляющих элементов обычно используются уравнения состояния идеального газа. В данной работе применена приближенная формула, позволяющая с достаточной для технических расчетов точностью вычислять значения коэффициента сжимаемости реального газа при заданных температуре и давлении. Рассматривается изоэнтальпное и адиабатическое перетекание газа из пространства 1 с известными параметрами состояния реального газа в пространство 2 также с известными параметрами состояния газа. На этом примере показано