

## ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРІВУ ТЕПЛОВОЗІВ ВІД АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

У статті розглянуто питання економічної ефективності використання прогріву тепловозів за рахунок працюючого на холостому ходу тепловозного дизеля та проведена економічна оцінка різних способів прогріву тепловозів.

В статье рассмотрены вопросы экономической эффективности использования прогрева тепловозов за счет работающего на холостом ходу тепловозного дизеля и проведена экономическая оценка разных способов прогрева тепловозов.

In the article the issues of economic efficiency of use of warming-up the diesel locomotives at the expense of an idle-run diesel engine are considered and the economic estimation of different ways of warming-up the diesel locomotives is carried out.

### Постановка проблеми у загальному вигляді

Як відомо, для нормального функціонування тепловозного дизеля на будь-яких позиціях контролера машиніста згідно технічних умов заводу-виробника потрібно, щоб температура води та масла була не менше 40 °С. Географічне положення України та кліматичні умови експлуатації тепловозів вимагають підтримувати параметри води та масла дизелю тепловоза під час відстою на необхідному температурному рівні. Це можливо за рахунок роботи двигуна на холостому ході або прогріву від стороннього джерела енергії.

В Україні майже повсюдно практикується прогрів тепловозів за рахунок працюючого на холостому ходу тепловозного дизеля. Як показала практика, цей метод дуже неефективний, як з економічної, так і з екологічної точки зору. Згідно статистичних даних, за 2008 р. по залізницях України витрата палива на прогрів складала приблизно 3750 т натурального палива. При цьому зменшується моторесурс дизеля, час між капітальними ремонтами, а також значно погіршується екологічна ситуація в місцях відстою тепловозів. Особливо треба зауважити те, що тепловоз, який працює в режимі «гарячого» резерву, є небезпечним джерелом забруднюючих речовин. Оскільки при роботі дизеля на холостому ході до атмосфери викидається така кількість оксидів і діоксидів вуглецю, діоксидів сірки, оксидів азоту та вуглеводнів, яка дорівнює, а іноді навіть перевищує показники дизелів, які працюють на номінальних та максимальних режимах навантаження. Тому питання економії палива при прогріві тепловозів, які

знаходяться у «гарячому» резерві, а як наслідок зменшення викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами, є одними з найактуальніших проблем для України.

### Аналіз досліджень щодо даного питання

Питаннями підвищення економічності тепловозних дизелів, де немалу частку складають і питання економії дизельного палива при прогріві під час відстою, займалося та займається багато видатних вчених таких, як Хомич А. З., Симсон А. Є., Єрощенков С. А., Перельбот В. І., Тупіцин О. І., Грищенко А. В., Володін А. І. та багато інших. Ними були проведені дослідження і запропоновано чимало альтернативних методів прогріву, які ми розглянемо в основній частині статті.

### Основний матеріал

Як було сказано вище, в Україні прогрів тепловозів відбувається за рахунок працюючого на холостому ходу тепловозного дизеля. При цьому коефіцієнт корисної дії двигунів внутрішнього згоряння, як джерела енергії для самопрогріву, не перевищує 45...47 %.

Крім того, слід звернути увагу також на те, що необхідність у прогріві не залежить від географічного розташування тепловозного депо або точки обороту локомотива (у межах України) і не є характерним для якоїсь із серій тепловозів (дизеля), тобто тут не простежується прямий вплив кліматичної зони. На рис. 1 надано розподіл витрат палива на прогрів по залізницях України.

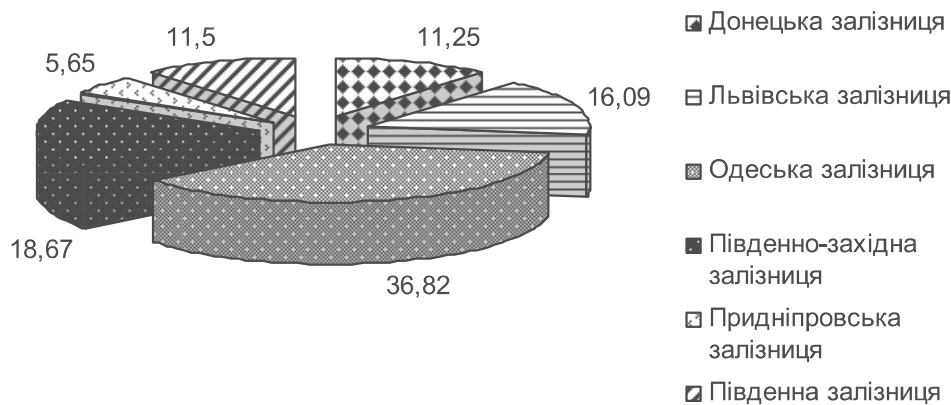


Рис. 1. Розподіл витрат палива на прогрів по залізницях України

Рівень витрати палива тепловозами на прогрів по депо залізниць України в основному залежить від рівномірності та пропорційності за часом у подачі тепловозів до поїздів, а також від наявності в депо вільних опалювальних приміщень (стійл) для очікування в непрацюючому стані тепловоза до відправлення поїздів.

Після розглянутого вище, робимо висновок, що економія палива на обігрів тепловозів і виключення інших недоліків, пов'язаних з їх самопрогрівом, можуть бути досягнуті використанням тільки альтернативних систем прогріву, які мають більш високий коефіцієнт корисної дії, ніж двигуни тепловозів, які працюють в режимі самопрогріву і забезпечують можливість підтримки силових установок тепловозів в мобільному стані на мінімально допустимому температурному рівні.

Умовно методи прогріву тепловозних дизелів можна розділити на три групи: стаціонарні, автономні, комбіновані. До стаціонарного відносять такі, як прогрів від депоівської 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, прогрів з використанням теплоти відпрацьованих газів й прогрів з використанням акумулятора теплоти.

Рядом авторів [3] було запропоновано економічну оцінку різних способів прогріву тепловозів за вартістю 1 МДж теплоти, що витрачається на прогрів. Вона є досить наближеною і умовною, оскільки виконується без обліку ви-

трат на модернізацію тепловоза і капітальних витрат. Але є дуже практичною для наглядного порівняння того чи іншого способу прогріву та визначення економічного ефекту від запровадження альтернативних або комбінованих систем прогріву. За даною методикою були проведені розрахунки, які представлені в табл. 1.

Як бачимо з цієї таблиці, перспективним способом прогріву є підігрів від акумулятора теплоти. Застосування прихованої теплоти фазових переходів хімічних речовин (відомого фізичного принципу переходу речовини з одного агрегатного стану в інший) дозволить значно підвищити ефективність передпускового прогріву системи охолодження тепловоза в холодну пору року. На жаль, багато конструкторів і фахівці-теплотехніки проходять повз факт використання (як акумуляторів теплової енергії) речовин, що мають низьку теплоту плавлення. Температура фазового переходу, так само як і кількість тепла, яка поглинається або виділяється при цьому процесі, залежить від типу застосованої речовини й змінюється в широких межах. Найбільший ефект можна одержати при взаємодії обраної речовини із системою охолодження, яка представлена розгалуженою водяною системою охолодження. Тому що максимальне значення температури охолоджувальної рідини тепловоза не перевищує 95 °С, існує невелика група речовин, що мають температуру плавлення нижче необхідної максимальної. Причому, чим вище температурний перепад і питома теплота плавлення робочої речовини, тим більший ефект можна одержати.

Таблиця 1

## Результати розрахунку економічного ефекту при використанні альтернативних способів прогріву

Серія тепловоза	Витрата дизельного палива на режимі холостого ходу тепловоза, кг/год	Витрата палива на самопрогрів від працюючого дизеля, т/рік	Вартість палива, витраченого на прогрівання, тис. грн/рік	Величина теплоти, що відводиться до системи охолодження і масла, кВт·год (МДж)	Витрати теплоти на самопрогрівання однієї секції тепловоза за рік, кВт·год/рік(МДж/рік)	I. Автономне прогрівання				II. Стационарне прогрівання				
						Вартість палива при прогріванні з підключенням тягового генератора, тис. грн/рік	Вартість палива при прогріванні з використанням теплоти відпрацьованих газів, тис. грн/рік	Вартість палива при прогріванні від акумулятора теплоти, тис. грн/рік	Економ. ефект, тис. грн/рік	Вартість палива при прогріванні від котельної депо, (Ц <sub>г</sub> = 2,72 грн/м <sup>3</sup> ) тис. грн/рік	Економ. ефект, тис. грн/рік	Вартість електроенергії при прогріванні від міської електромережі (Ц <sub>ес</sub> = 62,66 коп/кВт), тис. грн/рік	Економ. ефект, тис. грн/рік	
ТГМ4	6	3,9	29,993	26,12	16978	-	22,572	0,000	6,597	10,638	-	29,993	23,396	19,355
ТГМ6	7	4,55	34,993	30,473	19807	-	26,334	0,000	7,697	12,411	-	34,993	27,296	22,581
ТЭМ2	9,8	6,37	48,990	42,66	27730	28,315	36,867	0,000	10,775	17,376	-	48,990	38,214	31,614
ТЭМ2М	10	6,5	49,989	43,333	28296	28,893	37,619	0,000	10,995	17,731	-	49,989	38,994	32,259
2М62	25	16,25	124,973	108,83	70741	72,232	94,049	0,000	27,488	44,326	-	124,973	97,485	80,647
2ТЭ116	20	13,1406	101,051	88	57200	58,405	76,046	0,000	22,226	35,842	-	101,051	78,825	65,210

Крім того, певні обмеження накладає специфіка роботи тепловозів у зимовий час, що полягає в необхідності багаторазового відтворення режимів фазового переходу. Тільки ті речовини, які дозволяють багаторазово проводити над собою знакозмінні режими, реально претендують на широке застосування. У цьому випадку термін служби робочої речовини та

всієї системи може бути необмежений. Наведено деякі техніко-хімічні параметри речовин, що реально претендують на проведення повномасштабних випробувань на локомотивах, у табл. 2. Її аналіз показує, що найкращими характеристиками володіють гідроксид барію й розчин їдкого натру, вони ж добре відповідають наведеним вище специфічним вимогам.

Таблиця 2

**Техніко-хімічні параметри речовин з низькою теплою плавлення**

Речовина	Температура плавлення, °С	Густина у рідкому стані, г/см <sup>3</sup>	Питома теплота плавлення:	
			кДж/кг	кДж/л
Вода H <sub>2</sub> O	0	1,00	335,3	333,0
Розчин їдкого натру Na(OH)·H <sub>2</sub> O	65,0	1,72	255,0	446,0
Гідроксид барію Ba(OH)·8H <sub>2</sub> O	78,0	2,06	280,0	576,0
Пальмітинова кислота	65,0	0,86	184,5	162,9
Стеаринова кислота	70,1	0,95	200,3	191,0
Парафін (білий)	55,0	0,80	187,7	150,3
Нафталін	80,0	1,15	150,3	172,1

Конструктивно система представляє собою звичайний теплообмінник, виконаний у вигляді термоса. Пристрій містить два корпуси з нержавіючої сталі: зовнішній з підвідним та відвідним штуцерами і внутрішній, у якому розташовані капсули з робочим тілом. Капсули являють собою герметичні порожнини, виготовлені з тонкого мідного листа. Пакет капсул зібраний у єдину матрицю. Розташування матриць може бути виконане за стільниковою схемою. У зазори, що утворилися, вкладаються турбулізатори.

Тобто акумулятор теплоти – це пристрій, який заряджається теплою за час роботи двигуна під навантаженням при виконанні тепловозом будь-яких маневрових або інших робіт. За час відстою тепловозу в «гарячому» резерві накопичена акумулятором теплота витрачається на прогрів. Тому, якщо не враховувати витрати роботи водяного насоса на циркуляцію води в системі охолодження (а вони були передбачені в попередніх розрахунках), тоді ціна 1 МДж теплоти, яка пішла на прогрів тепловозів, буде дорівнювати нулю, тобто  $C_{\text{МДж}} = 0$ .

Також можна додати, що з усіх запропонованих методів прогрів від котельної депо та прогрів від акумулятора теплоти є більш еко-

номічно ефективними. Але слід зауважити, що 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. Тому наведені вище розрахунки не є остаточними і підлягають подальшому аналізу та перерахунку.

### Висновки

1. Зроблено висновок про доцільність запровадження альтернативної системи прогріву тепловозів, що перебувають в «гарячому» резерві.
2. Наведено класифікацію і економічну оцінку застосування різних способів прогріву тепловозів.
3. Показано, що найбільш ефективним є спосіб прогріву від деповської котельні (або стороннього джерела теплоти) та від акумулятора теплоти.
4. Зроблено висновок про доцільність використання комбінованих систем прогріву тепловозів, які знаходяться у «гарячому» резерві.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Хомич, А. З. Эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей [Текст] / А. З. Хомич. – М.: Транспорт, 1979. – 144 с.
2. Хомич, А. З. Экономия топлива и теплотехническая модернизация тепловозов [Текст] / А. З. Хомич, О. И. Тупицын, А. Э. Симсон. – М.: Транспорт, 1975. – 264 с.
3. Характеристика різних способів прогріву тепловозів та їх економічна оцінка за вартістю одиниці витраченої теплоти [Текст] / С. А. Єрошенков та ін. // Теплоенергетичні установки та екологія на залізничному транспорті : зб. наук. пр. – 2005. – № 68. – Х.: УкрДАЗТ, 2005. – С. 15-23.
4. Хомич, А. З. Электропрогрев водяной системы. Электрическая и тепловозная тяга [Текст] / А. З. Хомич, М. И. Мартышевский. – М.: Транспорт, 1978. – 30 с.
5. Каграманян, А. О. Аналіз витрат тепла секції тепловоза та його вплив на визначення кількості теплоти при самопрогріві дизеля [Текст] / А. О. Каграманян, А.В. Онищенко // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2007. – № 12. – С. 30.
6. Каграманян, А. О. Підвищення паливної економічності та поліпшення економічних показників тепловозних дизелів при роботі на холостому ході [Текст] / А. О. Каграманян, А. В. Онищенко // Зб. наук. пр. – Донецьк: ДонІЗТ, 2008. – Вип. 13. – С. 112-118.
7. Сергиенко, Н. И. Выбор и научное обоснование технико-экономических показателей тепловозных дизелей для локомотивного парка Украины [Текст] : дисс. ... канд. техн. наук. – Х.: ХарГАЗТ, 2000. – 194 с.
8. Хомич, А. З. Топливная эффективность и вспомогательные режимы тепловозных дизелей [Текст] / А. З. Хомич. – М.: Транспорт, 1987. – 271 с.

Надійшла до редколегії 19.01.2010.

Прийнята до друку 21.01.2010.