

Дмитриченко М.Ф. доктор техн. наук
Гутаревич Ю.Ф. доктор техн. наук
Тріфонов Д.М. канд. техн. наук
Сирота О.В. канд. техн. наук

Національний транспортний університет
вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ,
01010, Україна, e-mail: d.trifonov@ntu.edu.ua

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ПРИРОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕХНІЧНУ ГОТОВНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

У статті розглядається проблема, пов'язана з експлуатацією транспортного засобу в умовах низьких температур оточуючого повітря, обґрунтовується необхідність прийняття спеціальних заходів для підтримки оптимального теплового режиму акумуляторної батареї. Проведено аналіз факторів, що впливають на пуск холодного двигуна. Показано вплив низької температури акумуляторної батареї на енергетичні показники електростартерної системи пуску. Проведені розрахункові дослідження запропонованої системи для компенсації теплових втрат акумуляторної батареї під час утримання транспортного засобу в умовах низьких температур методом термостатування з застосуванням термоелектричних перетворювачів енергії. Бібл. 14, рис. 4.

Ключові слова: технічна готовність, акумуляторна батарея, термоелектричний генератор, тепловий акумулятор фазового переходу, електронагрівальні елементи.

Вступ

Автомобіль став невід'ємною частиною сучасного життя. Разом з тим його використання породжує цілий ряд проблем, пов'язаних насамперед із забрудненням навколишнього середовища і низькою енергоефективністю. З моменту створення автомобіля виникла проблема, пов'язана із забезпеченням надійного і безаварійного пуску холодного двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) в умовах низьких температур оточуючого повітря. Ця проблема і сьогодні є актуальною.

Метою роботи є проведення розрахункових досліджень системи для забезпечення компенсації теплових втрат акумуляторної батареї (АБ) методом термоелектричної стабілізації її оптимальної температури при безгаражному утриманні транспортного засобу в умовах низьких температур оточуючого повітря.

Аналіз попередніх досліджень

Огляд і аналіз літературних джерел, пов'язаних з впливом природно-кліматичних факторів на транспортний засіб (ТЗ) при експлуатації насамперед в міських умовах, які характеризуються тривалими періодами простою, малими переміщеннями, частими і короткими зупинками та безгаражним утриманням в міжзмінний період – дозволяє визначити саме низьку температуру

оточуючого повітря, як основний фактор, який впливає на технічну готовність ТЗ.

Низькі температури, ускладнюють пуск холодного двигуна і приводять до погіршення умов його експлуатації, що в цілому знижує технічну готовність і використання транспортного засобу за призначенням.

Технічна готовність транспортного засобу в умовах низьких температур оточуючого повітря в основному визначається надійним пуском холодного двигуна і часом відновлення його теплового режиму, що в значній мірі ускладнюється в результаті зниження розрядних характеристик АБ в режимі стартерного пуску двигуна через збільшення в'язкості і опору електроліту, збільшення опору прокручуванню колінчастого вала двигуна та погіршення умов утворення паливо-повітряної суміші.

Сумішоутворення погіршується внаслідок зниження температури повітря на впуску нижче оптимальної і збільшення в'язкості палива, що призводить до погіршення випаровування палива і зниження температури робочого тіла в кінці такту стиснення. Зі зниженням температури оточуючого повітря від +20 °С до мінус 30 °С температура в кінці такту стиснення зменшується на 100...210 °С, при цьому в дизелях відбувається затримка самозаймання палива за часом в два-три рази, що призводить до погіршення процесу горіння. В'язкість зимового дизельного палива зі зниженням температури повітря на впуску від +20 °С до мінус 30 °С зростає в 15 разів. В'язкість бензинів при зниженні температури повітря на впуску від 0 °С до мінус 30 °С підвищується в півтора рази, а випаровуваність знижується вдвічі.

При зниженні температури збільшується в'язкість оливи в системі мащення двигуна. Це призводить до збільшення втрат потужності на тертя в спряжених деталях циліндропоршневої групи і як наслідок до зниження швидкості прокручування колінчастого вала двигуна.

Надійність пуску ДВЗ в умовах низьких температур оточуючого повітря значною мірою визначається працездатністю акумуляторної батареї. Під працездатністю АБ розуміють гранично можливу кількість прокруток колінчастого вала двигуна тривалістю 15с кожна. [1]

Зниження температури електроліту супроводжується збільшенням його в'язкості і внутрішнього опору, що призводить до значного зменшення напруги на клеммах акумуляторної батареї, що зменшує потужність, що розвивається стартером в режимі пуску холодного двигуна. Зі зниженням температури електроліту від + 30 °С до мінус 40 °С його питомий опір зростає в 8 разів. [2] За даними науково-дослідного інституту стартерних акумуляторів (НДІСТА) при температурі 0 °С коефіцієнт віддачі акумуляторів по току дорівнює 90 %, а при мінус 40 °С – 20 %. При температурі електроліту нижче мінус 20 °С встановлено інтенсивне погіршення ефективності зарядки акумуляторів від бортової мережі. При зарядці батареї від стаціонарного пристрою спостерігається активне кипіння електроліту акумулятора при незмінній щільності. Оскільки енергія, що підводиться майже повністю витрачається на гідроліз води. Акумулятори практично непрацездатні вже при мінус 30...35 °С [3].

Зменшення ємності батареї в режимі пуску призводить до зниження пускової частоти обертання колінчастого вала, а зниження напруги - до зниження крутного моменту, що розвивається стартером. Досягнення необхідної пускової частоти обертання колінчастого вала в умовах низьких температур ускладнено внаслідок збільшення моменту опору прокручування колінчастого вала двигуна. У процесі пуску двигуна в умовах низьких температур визначальним є співвідношення моменту опору колінчастого вала двигуна й крутного моменту, що розвивається стартером.

У зв'язку з цим, головним завданням забезпечення працездатності акумуляторної батареї, і, як наслідок технічної готовності ТЗ в цілому, слід вважати підтримання оптимальної температури АБ. Найбільш простий спосіб вирішення цього завдання - сповільнити охолодження електроліту. Наприклад, за даними НДІ Автоприлад не утеплена акумуляторна батарея 6СТ-132 охолоджується

від + 25 °С до мінус 30 °С зі швидкістю 6.6 °С за одну годину; а утеплена – 1.4 °С за одну годину.

На практиці існує досить багато методів для забезпечення технічної готовності ТЗ в умовах низьких температур. Однак більша частина з них потребує вирішення складних конструктивних і технічних завдань та в умовах експлуатації виявляються малоефективними або досить енерговитратними. Тому в представленій роботі розглядаються ті, які засновані на методах терморегулювання АБ за рахунок використання вторинних енергетичних ресурсів ДВЗ, які виникають у великих кількостях під час його роботи.

Результати досліджень

З швидким зростанням кількості транспортних засобів протягом останніх десятиліть, в поєднанні з посиленням норм до споживання палива і викидів шкідливих речовин, утилізація теплової енергії відпрацьованих газів (ВГ), як частини вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) транспортного двигуна стає перспективним напрямком вирішення вищезазначеної задачі, що дозволяє реалізувати енергоефективні технології на автомобільному транспорті. Відпрацьовані гази мають високий тепловий потенціал, що забирають близько 30 % енергії палива в оточуюче середовище, не тільки витрачаючи первинні енергетичні ресурси, але і збільшуючи теплове навантаження на довкілля.

Застосування теплових акумуляторів з використанням теплоакумулюючих матеріалів (ТАМ) фазового переходу є ефективним і перспективним способом зберігання теплової енергії на борту транспортного засобу. Даний спосіб дозволяє забезпечити високу щільність акумуляованої енергії при ізотермічному характері процесу акумуляування і дає можливість досить тривалий час зберігати акумуляовану теплову енергію на борту ТЗ.

У зв'язку з цим представляється перспективним розробка систем, які мали б можливість перетворення акумуляованої теплової енергії в тепловому акумуляторі фазового переходу (ТАФП) в електричну. Для вирішення цього завдання, на думку авторів, можуть бути ефективно використані термоелектричні перетворювачі енергії [4]. Переваги останніх - відсутність рухомих частин, безшумна робота, екологічна чистота, універсальність щодо способів підведення і відведення теплової енергії, потенційно висока надійність [5, 6].

У цій статті представлені результати розрахункових досліджень запропонованої в роботах [7, 8] термоелектричної системи, яка забезпечує оптимальний тепловий режим стартерної акумуляторної батареї по завершенні функціонування ДВЗ під час утримування транспортного засобу в умовах низьких температур оточуючого повітря.

У запропонованій системі (рис. 1): розглядається теплообмін між відпрацьованими газами ДВЗ і термоелектричною батареєю, що складається з металевих термопар, через ТАФП. Особливість запропонованої термоелектричної системи - наявність теплового акумулятора фазового переходу, що дає можливість отримувати необхідну для підтримання оптимального теплового режиму АБ електричну енергію не тільки під час роботи двигуна, але і в процесі утримання ТЗ в умовах низьких температур оточуючого повітря.

Інтенсивний розвиток термоелектричні генератори (ТЕГ), як автономні джерела постійного струму, отримали після того, як за основу їх конструкції були взяті напівпровідникові термобатареї. За останні десятиліття відзначається постійне вдосконалення напівпровідникових термоелектричних матеріалів, яке направлене перш за все на підвищення їх термоелектричної добротності з метою збільшення вироблюваної ними електричної енергії та підвищення ККД. [9]

Суттєвими недоліками напівпровідникових ТЕГ є їх крихкість, висока вартість і складність конструкції автомобільного термоелектричного генератора (АТЕГ) для забезпечення ефективної

роботи, в зв'язку з необхідністю в сторонньому джерелі охолодження, що дозволяє отримати необхідний (стабільний) градієнт температур і наявності електронного перетворювача, що дозволяє підтримувати необхідну вихідну напругу. Необхідність в такій схемі пояснюється тим, що генерована АТЕГ електрорушійна сила непостійна, так як різниця температур весь час змінює своє значення в різних режимах роботи транспортного ДВЗ.

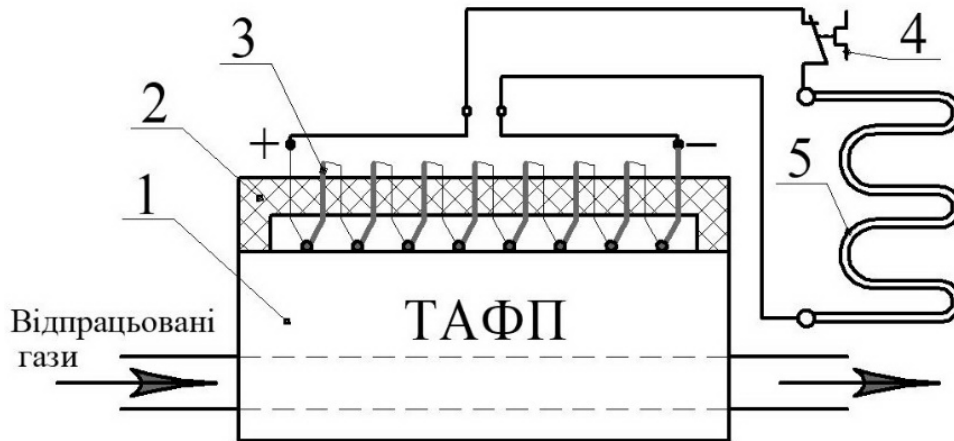


Рис. 1. Термоелектрична система утилізації теплової енергії ВГ з тепловим акумулятором фазового переходу:
 1 – тепловий акумулятор фазового переходу,
 2 – шар термостійкого компаунда,
 3 – термоелектричний генератор, 4 – терморегулятор,
 5 – нагрівальний елемент.

В умовах реальної експлуатації транспортного засобу АТЕГ з точки зору ефективності та стабільності його термоелектричних властивостей повинен мати необхідну механічну міцність і хімічну стійкість в умовах тривалих вібраційних і ударних навантажень, з різкими перепадами температури, тиску, вологості.

Таким чином, можна припустити, що для отримання електричної енергії, достатньої для живлення малопотужних пристроїв в умовах малого градієнта температур - металеві провідники більш придатні для виготовлення АТЕГ.

З урахуванням сказаного вище авторами запропонований спосіб підвищення технічної готовності транспортного засобу, зокрема системи електричного пуску, в умовах низьких температур. Реалізація даного способу і, як наслідок, забезпечення оптимального теплового режиму АБ, можливо за рахунок застосування пристрою для компенсації теплових втрат акумуляторною батареєю методом термостатування з використанням нагрівальних елементів.

Теплоємність акумуляторної батареї досить висока, тому при установці її в контейнер з теплоізолюваними стінками (термокейс) швидкість падіння температури електроліту буде досить низька. Всередину термокейса додані нагрівальні елементи. Вбудований терморегулятор відключає обігрів після досягнення $+ 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ і включає його знову при $+ 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Принцип роботи запропонованої системи полягає в наступному (рис. 2): після зупинки ДВЗ відбувається природне остигання АБ (ділянка I), по досягненню температури АБ $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, до АТЕГ підключаються електронагрівальні елементи для підігріву АБ до температури АБ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ділянка II), після чого нагрівальні елементи відключаються. Після зниження температури АБ до $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ділянка

III) - процес повторюється. За комутацію електричних ланцюгів відповідає електронний блок управління, який одержує інформацію від датчика температури АБ (датчик температури встановлений на мінусовій клемі АБ).

Запропоноване технічне рішення дозволяє генерувати електричну енергію без будь-якої додаткової енергії, що передається системі, як при роботі ДВЗ так і при утриманні ТЗ на відкритих майданчиках в умовах низьких температур. За результатами попередніх експериментальних досліджень підтверджена можливість використання металевих ТЕГ для генерації електричної енергії досить тривалий час після закінчення циклу функціонування ДВЗ. [7]

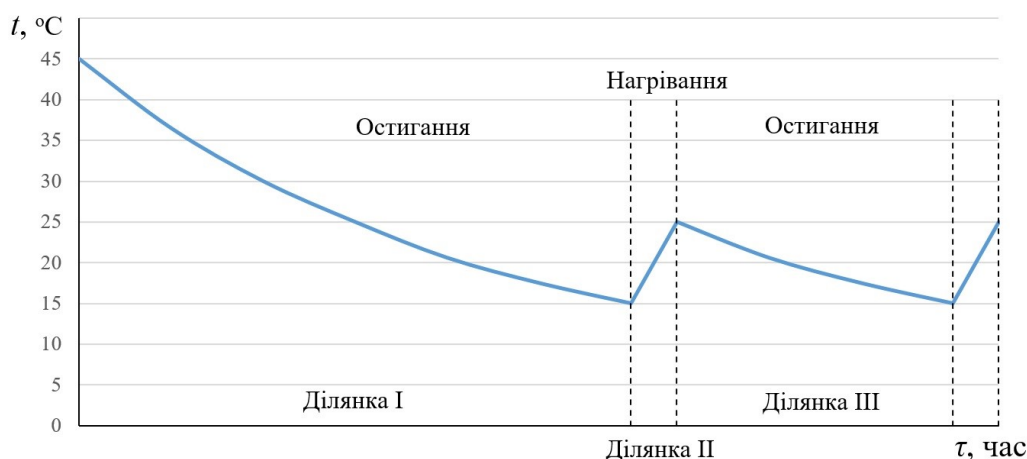


Рис. 2. Принцип роботи пристрою для компенсації теплових втрат акумуляторною батареєю

Розрахункові дослідження

Розрахунок кількості енергії, необхідної для термостабілізації акумуляторної батареї 6СТ-44А автомобілів класу ЗАЗ Таврія, ємністю 44 А·год в інтервалі температур 15...25 °С.

Маса зазначеного акумулятора складає 13.6 кг, з яких маса електроліту 3.6 кг. Для спрощення розрахунку, припустимо, що інша маса – 10.0 кг припадає на свинець (масою корпусу АБ і сепараторів знехтуємо). Деякі конструктивні параметри акумуляторної батареї 6СТ-44А наведено в таблиці 1. [10]

Таблиця 1

Деякі конструктивні параметри акумуляторної батареї 6СТ-44А

Габаритні розміри, мм			Маса, кг	
довжина	ширина	висота	без електроліту	з електролітом
207	175	175	10	13,6

Кількість теплоти, необхідної для нагрівання акумулятора (Q_{AB}) визначимо як суму кількості

теплоти для нагрівання свинцю (Q_{Pb}) і кількості теплоти для нагрівання електроліту (Q_{El}):

$$Q_{AB} = Q_{Pb} + Q_{El} \quad (1)$$

Кількість теплоти визначаємо за формулою:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де, m – маса речовини, що нагрівають, кг;

c_p – питома теплоємність, Дж/кг·К;

Δt – різниця температур, К.

Значення питомих теплоємностей складових частин АБ наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Значення питомих теплоємностей складових частин АБ

Складові частини АБ	c_p , Дж/(кг·К)
Вода H_2O	4182
Сірчана кислота (100%-ва) H_2SO_4	1380
Свинець Pb	128

Для визначення теплоємності електроліту щільністю 1.28 г/см³, використали дані що наведені в табл. 3. [11]

Таблиця 3

Кількість дистильованої води і кислоти, необхідних для приготування 1 л електроліту щільністю 1.28 г/см³. (при 25 °С)

Необхідна щільність електроліту, г/см ³	Кількість води, л	Кількість сірчаної кислоти щільністю 1.83 г/см ³ *	
		л	кг
1.28	0.781	0.285	0.523

Користуючись даними табл. 1 і 3, отримали необхідну кількість: сірчаної кислоти щільністю 1.83 г/см³ – 1.88 кг; дистильованої води – 2.81 кг. На основі отриманих значень та даних табл. 2 розрахували питому теплоємність електроліту щільністю 1.28 г/см³ – 1.15 кДж/(кг·К)

На основі отриманих значень та формул 1, 2 розраховали кількість теплоти, необхідної для нагрівання акумулятора 6СТ-44А від 15 °С до 25 °С:

$$Q_{AB} = 10 \cdot 10.0 \cdot 128 + 10 \cdot 3.6 \cdot 1150 \approx 54 \text{ (кДж)}$$

Якщо розраховану теплову енергію перевести в спожиту електричну потужність, то отримаємо приблизно 15 Вт · год.

На практиці неможливо домогтися повного використання активних матеріалів АБ, які беруть участь в струмостворюючому процесі. Крім того, електроліт (висотою h_3), який знаходиться в шламовому просторі між призми 5 і запас електроліту (висотою h_2 в батареї з листовим сепаратором і висотою h_2+h_3 , в батареї з сепаратором-конвертом), не приймає участі в струмостворюючому процесі під час електростартерного пуску ДВЗ. У зв'язку з цим, в роботі пропонується обмежити площу нагріву АБ (бічних і торцевих поверхонь заввишки h_1) висотою електрода для зменшення потужності електронагрівального елемента 7 (рис. 3).

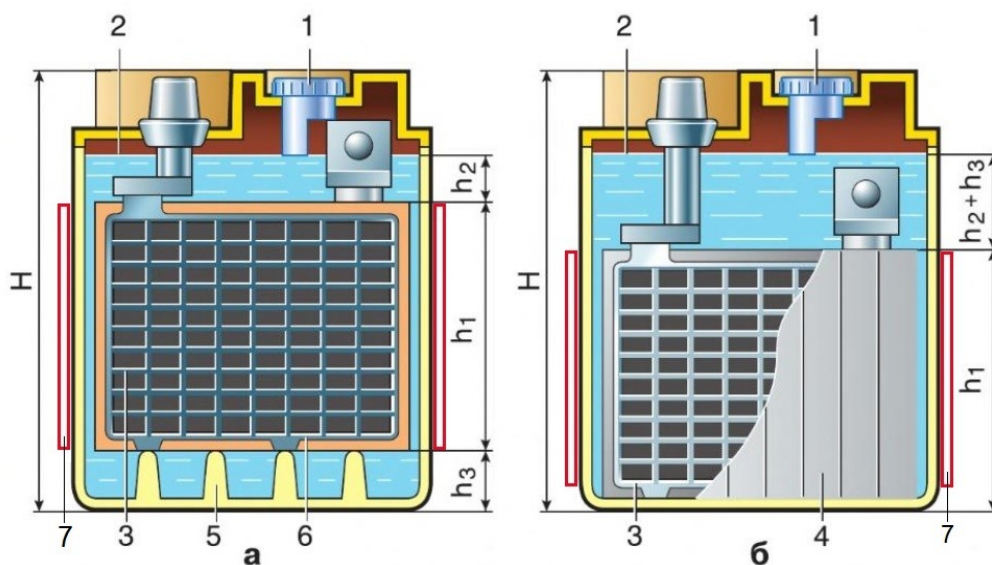


Рис. 3. Схематичне зображення АБ: [12]

- а - традиційна батарея; б - батарея з сепараторами-конвертами, що не обслуговується; 1 - пробка; 2 - рівень електроліту в батареї;
3 - електрод; 4 - сепаратор-конверт; 5 - призма шламового простору;
6 - сепаратор-картка; 7 - електронагрівальний елемент; Н - висота батареї;
 h_1 - висота електрода; h_2 - запас електроліту в батареї з листовим сепаратором;
 h_3 - висота призми; $h_2 + h_3$ - запас електроліту в батареї з сепаратором-конвертом

Тому величина необхідної електричної потужності електронагрівального елемента може бути значно нижче, ніж розрахована і з урахуванням об'єму електроліту, що не бере участі в струмостворюючому процесі може бути знижена на 40...60%, що становитиме до 9 Вт · год.

Розрахунок термоелектричного генератора.

На основі проведеного аналізу можливих електронагрівальних матеріалів для нагріву АБ пропонується застосування вуглецевого волокнистого матеріалу в якості зовнішнього електронагрівача АБ. (рис. 4)

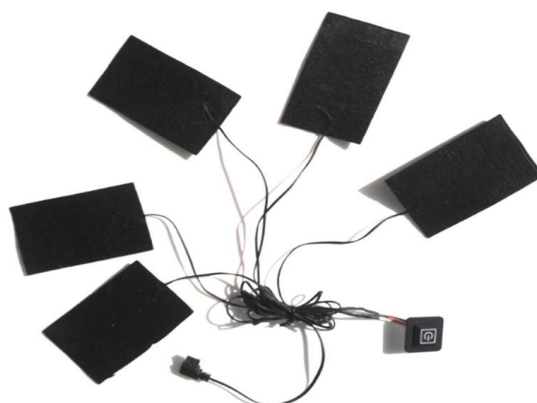


Рис. 4. Електронагрівальні елементи на основі вуглецевих волокнистих матеріалів

Застосування вуглецевих волокнистих матеріалів в якості нагрівальних елементів дозволяє забезпечити:

- більшу площі з рівномірним розподілом температури по поверхні;
- високі показники тепловіддачі;
- надійне функціонування протягом тривалого часу;
- низькі витрати по споживанню електроенергії в порівнянні з його аналогами близько 30%;
- нагрів через 3с після подачі електроенергії і таке ж швидке остигання.

Технічні характеристики нагрівального елемента що пропонується, наступні:

- товщина: при бл. 0.3 мм
- розмір підкладки: при бл. 110 * 70 мм
- температура нагрівання: 50...55 °С
- Напруга: 3.7 ... 5.0 В
- Струм: 1.85 ± 0.05 А
- Вихідна потужність: 8.5 ± 0.2 Вт
- Опір: 3 Ом

Виходячи з технічних характеристик нагрівального елемента провели розрахунок термоелектричного генератора на хромель-копелієвих ХК (L) термопарах для живлення зовнішнього електронагрівача автомобільної акумуляторної батареї 6СТ-44А. Як джерело теплоти використовували тепловий акумулятор фазового переходу, приймаючи середню температуру ТАФП в зоні контакту з ТЕГ (t_2) – 78.5 °С, температуру холодного спаю (t_x) - 0 °С . При розрахунках використовували методику запропоновану в [13].

Мета розрахунку - визначення необхідної кількості послідовно з'єднаних термопар типу L для забезпечення роботи зовнішнього електронагрівача АБ.

Необхідна кількість K термопар в ТЕГ, кожна з яких має внутрішній опір r і термо-ЕРС e_t , розраховали, за формулою (3):

$$K = \frac{U}{e_t - Ir}, \quad (3)$$

де, U – напруга на навантаженні, В;

e_t – термоЕРС, що розвивається термопарою, В;

I – струм, що протікає в ланцюзі термопари, А

r – внутрішній опір термопар, Ом.

Струм, що протікає в ланцюзі термопар розраховали, за формулою (4):

$$I = \frac{e_i}{r + R}, \quad (4)$$

де, R – опір навантаження, Ом.

Внутрішній опір термопар розраховали, за формулою (5):

$$r = \frac{\rho_1 l}{s_1} + \frac{\rho_2 l}{s_2}, \quad (5)$$

де, ρ_1, ρ_2 – питомі опору матеріалів, з яких виготовлені термопар, Ом·мм²/м;

l – довжина провідника термопар, (приймаємо однакову для обох провідників), м;

s_1, s_2 – площі перерізу провідників термопар, мм².

За даними [14] термоЕРС, що розвивається термопарою типу L в середньому, становить 4.1 мВ. За даними [14] прийняли питомий опір металевого сплаву хромель – 0.038 Ом·мм²/м і опір сплаву копель – 0.027 Ом·мм²/м, при діаметрі дроту 0.7 мм і довжині провідника термопар, прийняли однакову для обох провідників – 0.02 м.

За результатами розрахунку площі перерізу провідників термопар отримали – 0,38 мм².

За формулою (5) визначили опір термопар, $r = 0.0034$ Ом. За формулою (4) розраховали струм, що протікає в ланцюзі термопар, $I = 0.0014$ А, за формулою (3) визначили необхідну кількість термопар в ТЕГ, $K \approx 1200$ штук.

Висновки

1. За результатами проведених досліджень запропонована система для компенсації теплових втрат акумуляторної батареї під час утримання транспортного засобу в умовах низьких температур методом термостатування, з застосуванням термоелектричних перетворювачів енергії.
2. Запропоноване технічне рішення дозволяє генерувати електричну енергію, як при роботі ДВЗ так і при утриманні ТЗ на відкритих майданчиках в умовах низьких температур застосуванням в якості теплообмінного апарата – теплового акумулятора фазового переходу, який акумулює теплову енергію відпрацьованих газів.
3. Для живлення зовнішнього електронагрівача автомобільної акумуляторної батареї запропоновано застосування термоелектричного генератора на хромель-копелієвих (L) термопарах.
4. За результатами розрахунку, для забезпечення термоелектричної стабілізації оптимальної температури автомобільної акумуляторної батареї 6СТ-44А визначили необхідну кількість послідовно з'єднаних термопар типу L , для забезпечення роботи зовнішнього електронагрівача загальною потужністю до 9 Вт – близько 1200 штук.

Література

1. Крохта Г.М. Особенности работы стартерных аккумуляторных батарей при самопрогреве двигателя в зимний период / Г.М. Крохта, Н.А. Усатых, Ю.А. Гуськов, Д.М. Воронин // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №12. С. 94-97.
2. Тиминский, В.И. Справочник по электрооборудованию автомобилей, тракторов, комбайнов / В.И.

- Тиминский . – 2-е изд. перераб, и доп. – Мн: Ураджай, 1985. – 256 с.: ил.
3. Панкратов Н.И. и др. Эксплуатация аккумуляторных батарей при низких температурах / Автомобильный транспорт, 1985.-№2. С. 16–19.
 4. Kajikawa T., Funahashi R. Recent activity on thermoelectric power generation technology in Japan. Journal of thermoelectricity. 2016, vol.1, pp.5-15.
 5. Anatyshuk L.I., Prybyla A.V. Camparative analysis of thermoelectric and compression heat pumps for individual air-conditioners. Journal of thermoelectricity. 2016, vol. 2, pp. 31-39.
 6. Anatyshuk L.I., Lysko V.V. On the possibility of using thermoelectric generators for high-power transport starting pre-heaters. Journal of Thermoelectricity. 2019, vol. 3, pp. 80-92.
 7. Dmytrychenko, M.F., Gutarevych, Y.F., Trifonov, D.M., Syrota, O.V., Shuba, E.V. On the prospects of using thermoelectric generators with the cold start system of an internal combustion engine with a thermal battery. Journal of Thermoelectricity. 2018, vol. 4, pp. 49-54.
 8. Патент (UA) №136638. МПК: F02N 19/00; H01L 35/28. Термоелектрична система утилізації теплової енергії з тепловим акумулятором фазового переходу / Дмитриченко М.Ф., Гутаревич Ю.Ф., Трифонов Д.М., Сирота О.В., Шуба С.В. – Опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.
 9. Zu-Guo Shen, Lin-Li Tian, Xun Liu, Automotive exhaust thermoelectric generators: Current status, challenges and future prospects, Energy Conversion and Management, Volume 195, 2019, Pages 1138-1173.
 10. Быков К. П. Автомобили «Таврия», «Славута» ЗАЗ-1102, ЗАЗ-1103, ЗАЗ-1105 и их модификации. Устройство, эксплуатация, ремонт, пособие по ремонту/ К.П. Быков, Т.А. Шленчик. Ред. Т. А. Шленчик. - ПКФ «Ранок», 2006. - 256 с.: ил.
 11. Каштанов В.П. Свинцовые стартерные аккумуляторные батареи. Руководство. / В.П. Каштанов, В.В. Титов, А. Ф. Усков. М.: 1983. – 65 с.
 12. Курзуков Н.И. Аккумуляторные батареи. Краткий справочник. Н.И. Курзуков, В.М. Ягнятинский. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2008. – 88 с.: ил., табл.
 13. Бернштейн А.С. Термоэлектрические генераторы. Массовая радио библиотека. Выпуск 252. Москва; Ленинград: Госэнергоиздат. – 1956. – 50 с.
 14. Государственный стандарт Союза ССР. Проволока из сплавов хромель, алюмель, копель и константан для термоэлектродов термоэлектрических преобразователей. Технические условия. ГОСТ 1790-77

Надійшла до редакції 20.07.2020

Дмитриченко М.Ф., доктор техн. наук

Гутаревич Ю.Ф., доктор техн. наук

Трифонов Д.Н., канд. техн. наук

Сирота А.В., канд. техн. наук

Национальный транспортный университет

ул. М. Емельяновича-Павленко, 1, г.

Киев, 01010, Украина,

e-mail: d.trifonov@ntu.edu.ua

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТЕХНИЧЕСКУЮ ГОТОВНОСТЬ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

В статье рассматривается проблема, связанная с эксплуатацией транспортного средства в условиях низких температур окружающего воздуха, обосновывается необходимость принятия специальных мер для поддержания оптимального теплового режима аккумуляторной батареи. Проведен анализ факторов, влияющих на пуск холодного двигателя. Показано влияние низкой температуры аккумуляторной батареи на энергетические показатели электростартерной системы пуска. Проведены расчетные исследования предложенной системы для компенсации тепловых потерь аккумуляторной батареи во время содержания транспортного средства в условиях низких температур методом термостатирования с применением термоэлектрических преобразователей энергии. Библ.14, рис.4, табл. 3.

Ключевые слова: техническая готовность, аккумуляторная батарея, термоэлектрический генератор, тепловой аккумулятор фазового перехода, электронагревательные элементы.

Dmytrychenko M.F., *Dr. of technical sciences*
Gutarevych Yu.F., *Dr. of technical sciences*
Trifonov D.M., *Cand. of technical sciences*
Syrota O.V., *Cand. of technical sciences*

National Transport University
1, M.Omelianovycha-Pavlenka Str.,
Kyiv, 01010, Ukraine,
e-mail: d.trifonov@ntu.edu.ua

THE USE OF THERMOELECTRIC ENERGY CONVERTERS TO REDUCE THE INFLUENCE OF NATURAL AND CLIMATIC FACTORS ON THE TECHNICAL READINESS OF A VEHICLE

The article discusses the problem associated with the operation of a vehicle at low ambient temperatures, substantiates the need for special measures to maintain the optimal thermal regime of the battery. The analysis of the factors influencing the start of a cold engine is carried out. The effect of low temperature of the storage battery on the energy performance of the electrical starting system is shown. Computational studies of the proposed system for compensating the heat losses of the storage battery during the maintenance of a vehicle at low temperatures by the method of thermostating with the use of thermoelectric energy converters are carried out. Bibl. 14, Fig. 4, Tabl. 3.

Key words: technical readiness, storage battery, thermoelectric generator, phase transition thermal accumulator, electric heating elements.

References

1. Krokhta G.M., Usatykh N.A., Guskov Yu.A., Voronin D.M. (2016). Osobennosti raboty starternykh akkumuliatornykh batarei pri samoprogreve dvigatelya v zimnii period [Operating peculiarities of starter storage batteries during self-heating of the engine in winter]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK – Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*, 30 (12), 94-97 [in Russian].
2. Timinskii V.I. (1985). *Spravochnik po elektrooborudovaniuu avtomobilei, traktorov, kombainov [Handbook of the electrical equipment of cars, tractors, combines]*. Minsk: Uradzhai [in Russian].
3. Pankratov N.I. (1985). Ekspluatatsiia akkumuliatornykh batarei pri nizkikh temperaturakh [Operation of storage batteries at low temperatures]. *Avtomobilnyi Transport*, 2, 16–19 [in Russian].
4. Kajikawa T., Funahashi R. (2016). Recent activity on thermoelectric power generation technology in Japan. *J. Thermoelectricity*, 1, 5-15.
5. Anatyshchuk L.I., Prybyla A.V. (2016). Comparative analysis of thermoelectric and compression heat pumps for individual air-conditioners. *J. Thermoelectricity*, 2, 31-39.
6. Anatyshchuk L.I., Lysko V.V. (2019). On the possibility of using thermoelectric generators for high-power transport starting pre-heaters. *J. Thermoelectricity*, 3, 80-92.
7. Dmytrychenko M.F., Gutarevych Y.F., Trifonov D.M., Syrota O.V., Shuba E.V. (2018). On the prospects of using thermoelectric generators with the cold start system of an internal combustion engine with a thermal battery. *J. Thermoelectricity*, 4, 49-54.
8. *Patent of Ukraine №136638* (2019). Dmytrychenko M.F., Gutarevych Yu.F., Trifonov D.M., Syrota O.V., Shuba S.V. Thermoelectric system of thermal energy utilization with thermal accumulator of phase transition [in Ukrainian].
9. Zu-Guo Shen, Lin-Li Tian, Xun Liu. (2019). Automotive exhaust thermoelectric generators: Current status, challenges and future prospects. *Energy Conversion and Management*, 195, 1138-1173.
10. Bykov K.P., Shlenchik T.A. (2006). *Avtomobili “Tavria”, “Slavuta” ZAZ-1102, ZAZ-1103, ZAZ-1105 i ikh modifikatsii. Ustroistvo, ekspluatatsiia, remont, posobiie po remontu. [Automobiles “Tavriia”, “Slavuta” ZAZ-1102, ZAZ 1103, ZAZ 11-05 and their modifications. Design, operation, repair, repair manual]*. T.A.Shlenchik (Ed.). Chernigiv: PKF “Ranok” [in Russian].
11. Kashtanov V.P., Titov V.V., Uskov A.F. (1983). *Svintsovyie starternyie akkumuliatornyie batarei. Rukovodstvo [Lead starter batteries. Manual]*. Moscow [in Russian].
12. Kurzukov N.I., Yagniatinskii V.M. (2008). *Akkumuliatornyie batarei. Kratkii spravochnik. [Storage batteries. Quick reference book]*. Moscow: LLC “Book publishing house “Za rulem” [in Russian].
13. Bernshtein A.S. (1956). *Termoelektricheskiie generatory. Massovaia radio biblioteka. Vypusk 252 [Thermoelectric generators. Mass radio library. Issue 252]*. Moscow; Leningrad; Gosenergoizdat [in Russian].
14. *State Standards Committee of the USSR. Wire made of chromel, alumel, kopel and constantan alloys for thermoelectrodes of thermoelectric converters. Technical Specifications. GOST 1790-77.*

Submitted 20.07.2020