УДК 62-69

Максимук М. В.

Максимук М.В.

[1]Інститут термоелектрики НАН і МОН України,
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна,
e-mail: anatych@gmail.com;

СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕДПУСКОВОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ

Наведено результати стендових досліджень енергетичних характеристик термоелектричного джерела тепла для передпускового підігріву двигунів автотранспортних засобів в умовах понижених температур навколишнього середовища. Показано, що використання термоелектричного перетворювача в якості джерела електричної енергії забезпечує автономну роботу компонент передпускових нагрівників та дозволяє вирішити проблему розрядки акумуляторної батареї автомобіля під час експлуатації передпускового обладнання. Бібл. 17, рис. 10, табл. 1.

Ключові слова: передпусковий нагрівник, термоелектричний генератор.

Вступ

На сьогоднішній день проблема запуску двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) транспортних засобів в умовах понижених температур навколишнього середовища вирішується використанням передпускових нагрівників, які серійно виробляються рядом фірм – Eberspecher, Webasto, Truma (Німеччина), Ateso (Чехія), Теплостар (Росія), Mikuni (Японія). Такі нагрівники працюють на різних видах палива і використовуються в легкових, вантажних автомобілях, автобусах, яхтах і катерах.

Багаторічний досвід експлуатації транспортних засобів показує, що передпусковий підігрів не лише забезпечує надійний запуск двигуна, але й дозволяє збільшити його моторесурс в 1.5 – 2 рази за рік [1] та зменшити викиди токсичних речовин вихлопних газів до 5 разів [2], економлячи при цьому до 300 л палива за один зимовий сезон [3]. Крім того комфортні умови, які забезпечуються передпусковим підігрівом повністю виключають можливість виникнення аварій через вплив холоду на водія.

Проте, незважаючи на широкі можливості, передпускові нагрівники все ще не знайшли масового використання. Основною причиною, яка нівелює переваги передпускового підігріву є необхідність в електричній енергії для живлення компонент нагрівників, яка відбирається від акумуляторів, що призводить до їх розрядки і створює суттєві труднощі при запуску двигуна. Щоб уникнути розрядки акумуляторної батареї під час передпускового підігріву, в якості джерела електрики для таких нагрівників раціонально використовувати термоелектричний генератор [4].

В Інституті термоелектрики створено термоелектричний генератор електричною потужністю 70 – 90 Вт, який працює від тепла передпускового нагрівника та забезпечує живлення його компонент [5 – 7]. Крім того надлишок електричної енергії термогенератора може використовуватись для підзарядки акумуляторної батареї.

Експериментальні випробування термоелектричного нагрівника в стендових умовах довели працездатність конструкції та підтвердили результати проведених в роботі [8] комп'ютерних розрахунків. Проте дослідження зразка в умовах понижених температур показали, що теплової потужності нагрівника недостатньо для нагріву двигуна до оптимальної температури запуску – 70 °С [9].

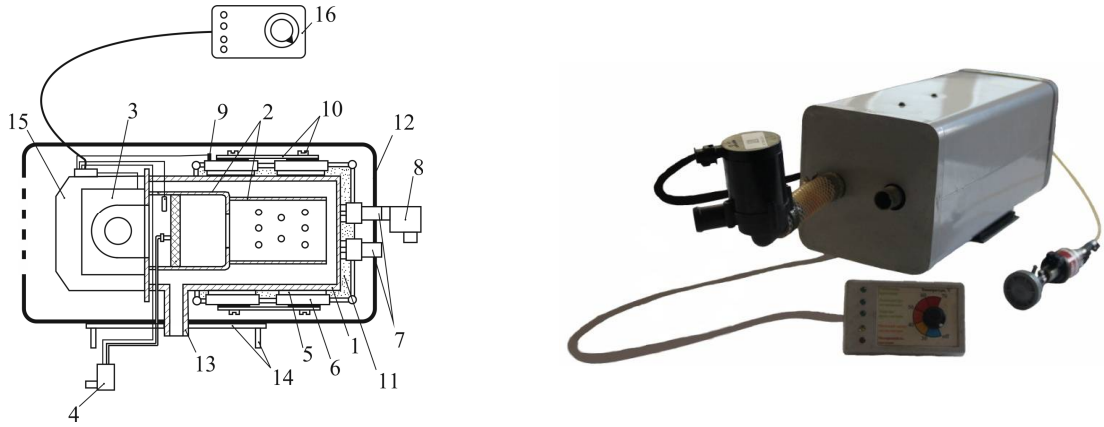
Для збільшення кількості тепла, що використовується для нагріву охолоджуючої рідини ДВЗ в конструкції нагрівника раціонально застосувати розроблений в [10] модифікований варіант термоелектричних модулів «Алтек-1061». Ідея такої модифікації в тому, щоб за рахунок зменшеної висоти віток термоелементів знизити тепловий опір модулів та збільшити сумарний тепловий потік через термобатарею (ТЕБ).

У зв’язку із використанням термоелектричного перетворювача, оптимізованого на новий рівень теплової потужності, методами комп'ютерного проектування знайдено основні конструктивні та енергетичні характеристики нового варіанту термоелектричного передпускового джерела тепла на дизельному паливі для попереднього підігріву легкових транспортних засобів з об’ємом двигуна до 4 л. Розрахунки показали, що у випадку використання модулів нової модифікації очікується підвищення теплової потужності нагрівника в 1.5 – 2 рази, на рівень 2.5-3 кВт, при електричній потужності 85-110 Вт. Такі значення теплової та електричної потужності дозволять забезпечити оптимальну для запуску температуру двигуна, автономну роботу функціональних компонент нагрівника, а також підзарядку акумулятора під час передпускового підігріву [11].

Метою даної роботи є дослідження теплових та електричних параметрів розробленого нагрівника в стендових умовах для підтвердження на відповідність проектним характеристикам.

Будова та принцип роботи термоелектричного передпускового джерела тепла

Схема та зовнішній вигляд термоелектричного передпускового джерела тепла та електрики наведені на рис.1.



а) *б)*

Рис.1. Схема (а) та зовнішній вигляд (б) термоелектричного передпускового джерела тепла:
1 – гарячий теплообмінник; 2 – джерело тепла; 3 – вентилятор; 4 – паливний насос;
5 – термоелектрична батарея; 6 – холодний теплообмінник; 7 – вхідний і вихідний штуцера;
8 – циркуляційний насос; 9 – датчик перегріву; 10 – притискний механізм;
11 – теплова ізоляція; 12 – корпус; 13 – вихлопна труба; 14 – система кріплення;
15 – електронний блок; 16 – панель керування.

Термоелектричний нагрівник складається з гарячого теплообмінника 1, у внутрішньому об'ємі якого розташовано джерело тепла 2. Подача палива та повітря до джерела тепла здійснюється вентилятором 3 і паливним насосом 4. На зовнішній поверхні гарячого теплообмінника знаходяться термоелектрична батарея 5, тепло від якої відводиться теплообмінниками 6.

Холодні теплообмінники об'єднані в один гідравлічний контур з системою охолодження двигуна штуцерами 7. Циркуляція рідкого теплоносія в контурі «нагрівник-двигун» здійснюється насосом 8. Для контролю температури теплоносія на одному з холодних теплообмінників розташовано датчик перегріву 9. Тепловий контакт між термоелектричною батареєю та теплообмінниками забезпечується притискним пристроєм 10. Вільний об'єм між гарячим та холодними теплообмінниками заповнено тепловою ізоляцією 11. Автомобільний нагрівник з вентилятором, електронним блоком, теплообмінниками, термоелектричною батареєю і притискним пристроєм поміщений у корпус 12. Продукти згоряння палива відводяться у навколишнє середовище вихлопною трубою 13. За допомогою системи кріплення 14 нагрівник встановлюється на каркас транспортного засобу. Запуск та керування роботою всіх пристроїв нагрівника здійснюється електронним блоком 15 з панелі керування 16.

Термоелектрична батарея складається з 12 генераторних модулів «Алтек-1061», оптимізованих для використань в передпускових джерелах тепла, і електрично з'єднаних між собою послідовно-паралельно. Комутація модулів підбиралась таким чином, щоб вихідна напруга нагрівника відповідала напрузі на акумуляторі автомобіля.

В конструкції нагрівача за джерело тепла використано дизельний пальник марки Ersatzbrenner D TT-C MB, в якості паливного та циркуляційного насосів – імпульсний насос BTL.DP30.02.12V DAEMPFLER E-TEIL та рідинну помпу 12V U4847 TT C/E передпускового обігрівача «Thermo Top Evo 4» (Webasto) [12], в якості вентилятора – повітряний вентилятор «Delta» [13].

Нагрівник працює наступним чином. Теплова енергія отримана внаслідок згоряння палива нагріває гарячий теплообмінник, проходить через термоелектричні модулі і відводиться рідким теплоносієм, який циркулює у теплообмінниках нагрівника і системі охолодження двигуна. Таким чином, відведена від термобатареї теплова енергія використовується для прогріву двигуна, а електрична – для живлення компонент нагрівника, а також при необхідності для підзарядки акумулятора автомобіля.

Результати стендових досліджень

Дослідження енергетичних характеристик розробленого термоелектричного дизельного нагрівника здійснювали на експериментальному стенді, наведеному на рис. 2.

Дослідження проводились в два етапи:

– на першому етапі здійснювались відпрацювання режимів роботи нагрівника, алгоритмів його запуску та виходу в режим максимальної потужності;

– на другому етапі проводились дослідження енергетичних характеристик нагрівника в парі з автомобільним акумулятором. В цьому випадку керування роботою компонент здійснювалося електронним блоком.

Результати дослідження характеристик термоелектричного передпускового автомобільного нагрівника наведено на рис. 3 та в табл. 1.

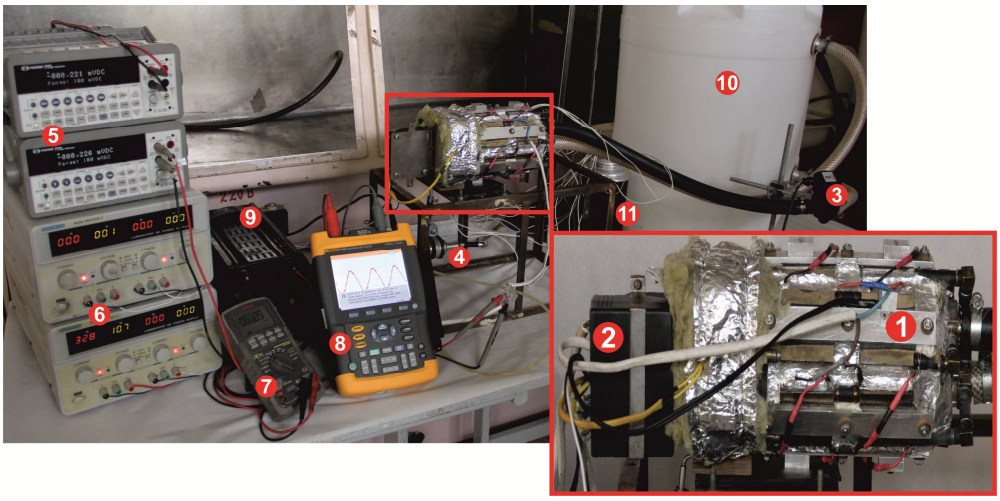


Рис. 2. Схема експериментального стенду для дослідження енергетичних характеристик термоелектричного передпускового джерела тепла: 1 – термоелектричний нагрівник без зовнішнього корпусу; 2 – електронний блок; 3 – циркуляційна помпа; 4 – паливний насос; 5 – вольтметр; 6 – блок живлення; 7 – цифровий амперметр; 8 – осцилограф; 9 – реостат; 10 – термостат; 11 – дюар з льодом і термопарами [9].

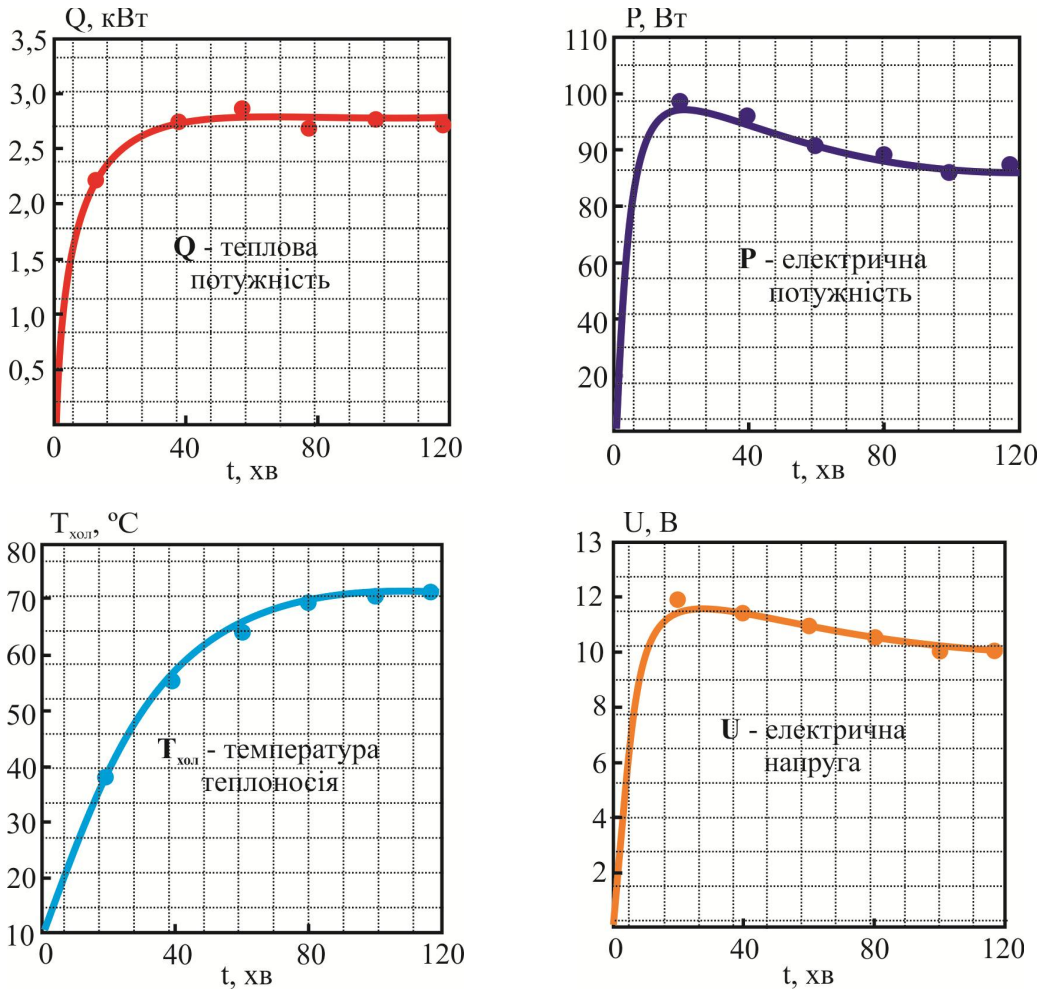


Рис. 3. Залежність енергетичних характеристик термоелектричного передпускового автомобільного нагрівника від часу роботи t.

Таблиця 1

Режими роботи передпускового термоелектричного нагрівника

Режим роботи	Час після запуску, хв.	Теплова потужність джерела тепла, Вт	Витрата палива, г/год	Витрата повітря, м^3/год	Витрата теплоносія, м^3/год
I	1	950	80	4.20	0.3
II	2	1250	105	4.80	
III	3	1540	130	5.50	
IV	4	2310	195	7.49	
V	5	2965	250	7.99	
VI	6	3560	300	8.19	

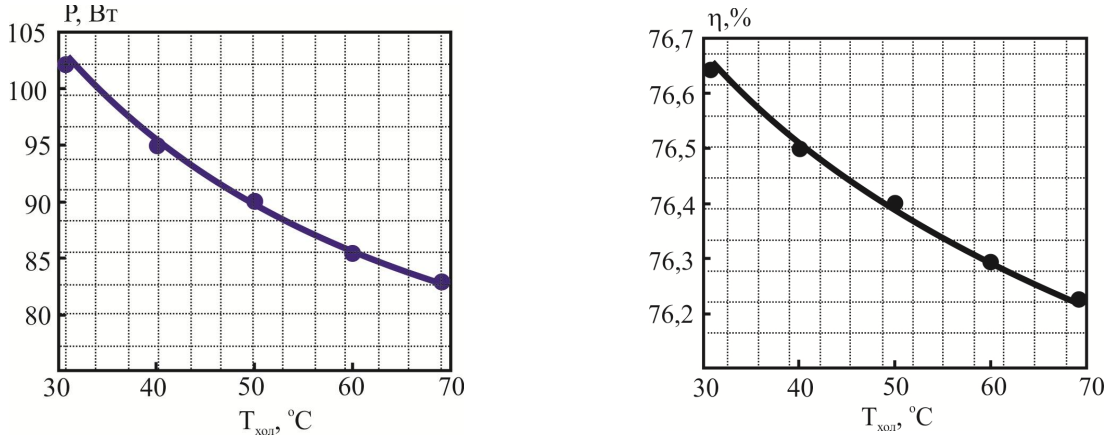
З наведених даних видно, що максимальна теплова потужність нагрівника досягає рівня 3 кВт, що дозволяє забезпечити розігрів охолоджуючої рідини на 80-й хвилині від моменту його запуску, в той час, як перший варіант передпускового нагрівника забезпечував аналогічний тепловий режим за дві години роботи [9]. Таким чином, використання в конструкції обігрівача модифікованих термоелектричних модулів "Алтек-1061" дає можливість підвищити теплопродуктивність нагрівника ~ в 1.5 – 2 рази та скоротити час прогріву охолоджуючої рідини двигуна.

Стаціонарний режим роботи нагрівника встановлюється на 30 хвилині роботи за температур гарячого теплообмінника 280 °С та температури вихідних абгазів ~300°С. При цьому електрична потужність нагрівника дорівнює в середньому 90 Вт, напруга знаходиться в межах 10 – 12 В.

Стаціонарний режим роботи нагрівника (режим VI) забезпечується при тепловій потужності джерела тепла на рівні 3.6 кВт та витраті холодного теплоносія 0.3 м^3/год. Проте для надійного запуску та стабільної роботи обігрівача реалізовано схему плавного виходу на режим, при якому теплова потужність пальника та витрата паливо-повітряної суміші збільшуються поступово (табл. 1).

На рис. 4 наведено залежності максимальної електричної потужності P і ККД η нагрівника від температури холодного теплоносія $T_{хол}$.

Таким чином, вихідна електрична потужність термоелектричного передпускового нагрівника становить 100-80 Вт в інтервалі температур циркулюючого теплоносія 30-70 °С. ККД складає 76,6% при $T_{хол}$ = 30 °С і по мірі прогріву теплоносія зменшується до 76.2 % при $T_{хол}$ = 70 °С. Варто зауважити, що ефективність нагрівника в даному випадку визначається як тепловим, так і термоелектричним ККД, оскільки поряд з електричною енергією, важливим є і забезпечення необхідного рівня теплової потужності, що використовується для обігріву двигуна.



а) *б)*

Рис. 4. Залежність максимальної електричної потужності P (а) та ККД η (б)від температури холодного теплоносія.

Розподіл електричної потужності по компонентам нагрівника показаний на рис. 5.

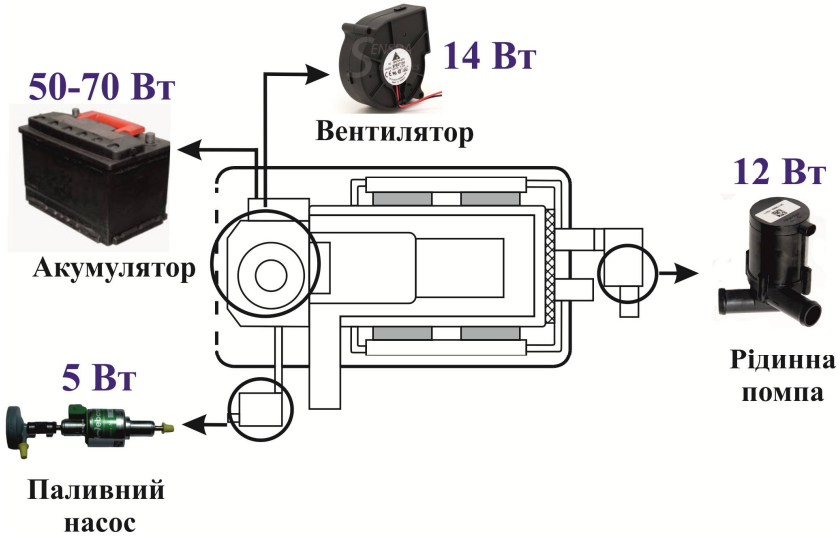


Рис.5. Розподіл електричної потужності по компонентах нагрівника [14]

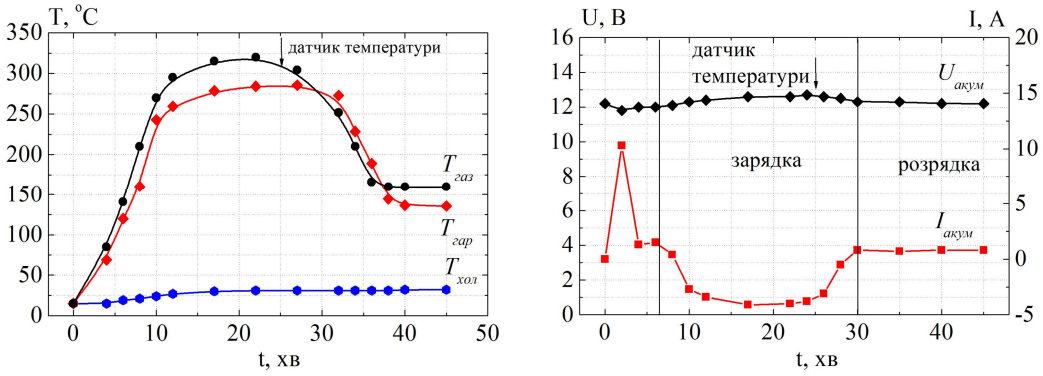
Отже, якщо врахувати, що сумарна споживана електрична потужність компонент нагрівника рівна ~30 Вт (паливний насос 5 Вт, вентилятор 14 Вт, рідинна помпа 12 Вт), на підзарядку акумулятора може використовуватись 50 – 70 Вт електрики термогенератора.

Результати досліджень роботи термоелектричного передпускового джерела тепла в парі з автомобільним акумулятором наведено на рис.6 – 10. Будова та запрограмовані алгоритми електронного блоку, який керує режимами роботи нагрівника, аналогічні його першому варіанту [15]. Єдина відмінність полягає в наявності двох додаткових режимів роботи (V і VI, табл. 1), які реалізуються поступовим зменшенням періоду подачі палива паливним насосом [16].

З наведених даних слідує, що поведінка як температурних так і електричних залежностей є практично ідентичною. Після ввімкнення приладу і до моменту досягнення заданої температури теплоносія електронний блок поступово нарощує теплову потужність джерела тепла до максимальної. При цьому, відповідно, спостерігається зростання температурних характеристик $T_{хол}$, $T_{гар}$, $T_{газ}$ та перехід з режиму живлення компонент від акумулятора в режим

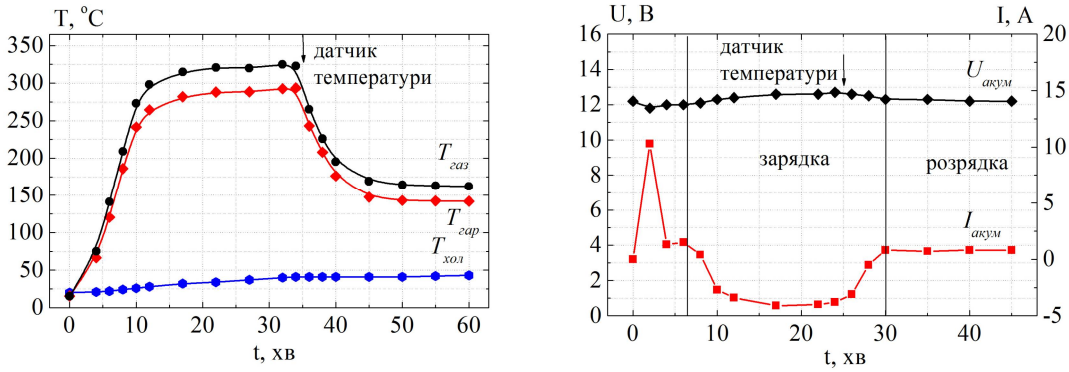
живлення від термогенератора. По мірі збільшення вихідної електричної потужності генератора електронний блок спрямовує надлишок електричної енергії на підзарядку акумуляторної батареї.

При досягненні заданої температури теплоносія електронний блок у відповідності з вихідним сигналом цифрового термодатчика, збільшує період подачі палива до пальника – нагрівник починає працювати в режимі підтримки заданої температури. При цьому температури гарячого теплообмінника і температура абгазів падають, а температура на холодних теплообмінниках стабілізується. Слід зазначити, що в такому режимі роботи генерованої термоелектричними модулями потужності недостатньо для підзарядки акумулятора, тому електронний блок, шляхом зміни напрямку струму в колі «нагрівник» - «акумулятор», перемикає живлення компонент від модулів назад до акумулятора. При цьому струм розрядки акумулятора складає всього ~0.5 А, що в порівнянні з його ємністю є безумовно дуже незначною величиною (для прикладу струм розрядки при роботі рідинного передпускового нагрівника «Webasto Thermo Top Evo 4» на порядок більший – 3 – 5 А). Тому можна стверджувати, що в режимі підтримки температури теплоносія нагрівник фактично працює без використання енергії акумулятора.



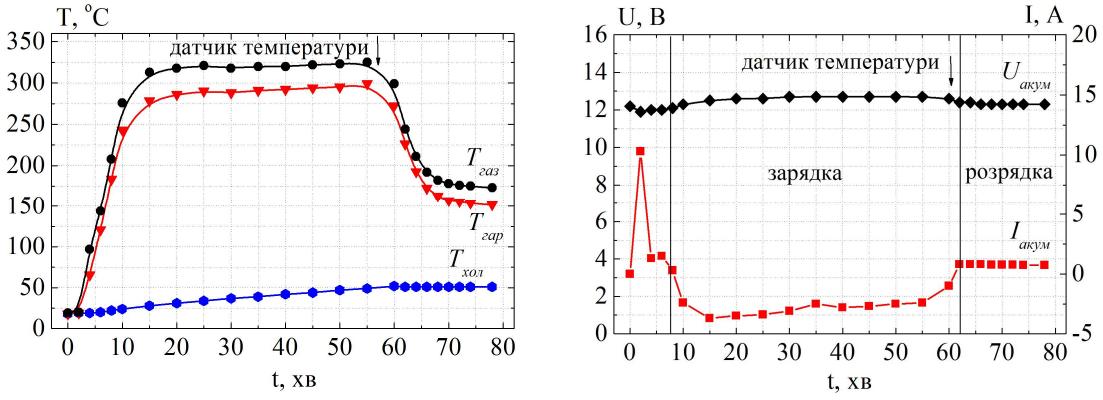
а) *б)*

Рис. 6. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування: $T_{газ}$ – температура вихідних газів; $T_{гар}$ – температура гарячого теплообмінника; $T_{хол}$ – температура холодного теплообмінника; $U_{акум}$ – напруга акумулятора;$I_{акум}$ – струм в колі «нагрівник» – «акумулятор». Встановлена температура теплоносія 30 °С.



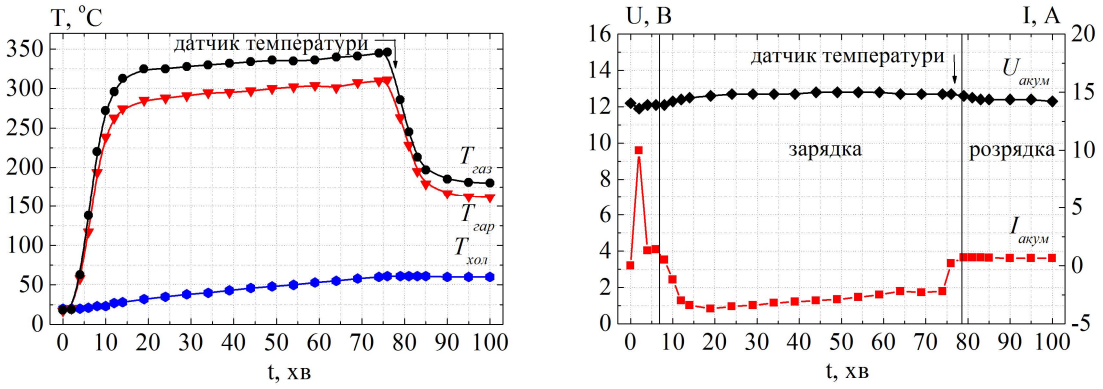
а) *б)*

Рис. 7. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування. Встановлена температура теплоносія 40 °С. Позначення аналогічні рис. 6.



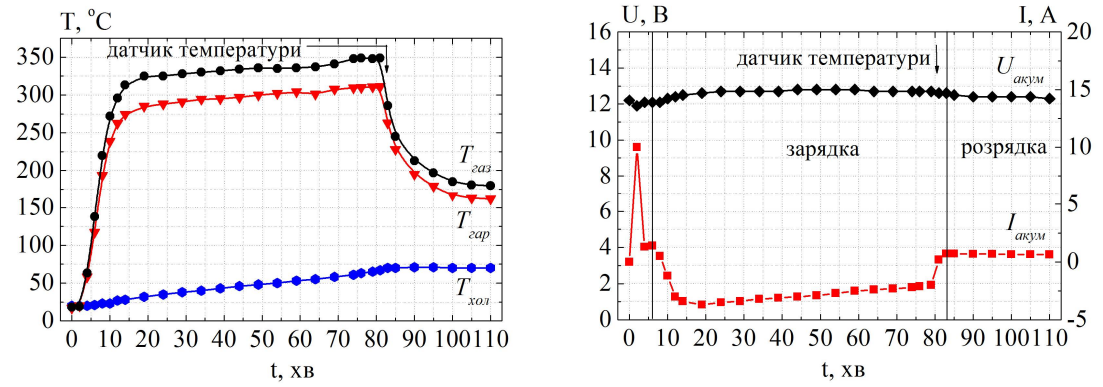
а) *б)*

Рис. 8. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування. Встановлена температура теплоносія 50 °С. Позначення аналогічні рис. 6



а) *б)*

Рис. 9. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування. Встановлена температура теплоносія 60 °С. Позначення аналогічні рис. 6.



а) *б)*

Рис. 10. Результати досліджень роботи термоелектричного автомобільного нагрівника з електронним блоком керування. Встановлена температура теплоносія 70 °С. Позначення аналогічні рис. 6.

Таким чином, за час роботи нагрівника надлишок електричної енергії генератора, який використовується для зарядки акумулятора складає 30 – 40 Вт. Таким чином, в резерві

залишається близько 20-30 Вт електричної потужності, яка додатково може використовуватись для живлення іншого автомобільного обладнання під час передпускового підігріву. Однак ця величина буде непостійною і визначатиметься ступенем зарядженості акумуляторної батареї автомобіля [17].

Слід також зауважити, що в ході досліджень штучно створювалась аварійна ситуація при роботі нагрівника, шляхом почергового відключення від живлення паливного насосу, вентилятора, циркуляційної помпи. Результати підтверджують раціональність обраного алгоритму для захисту системи від перегрівів та інших небезпечних ситуацій: електронний блок ініціалізує помилку в роботі нагрівника (зникнення полум'я в камері згорання, перегрів холодної сторони модулів та ін.) та зупиняє його роботу – нагрівник переходить в режим «продувки». При цьому на панелі управління відображається сигнал про відповідний тип помилки.

Висновки

1. Доведено відповідність теплових та електричних параметрів термоелектричного передпускового джерела тепла його проектним характеристикам.
2. Встановлено, що використання модифікованих термоелектричних модулів "Алтек-1061" дозволяє підвищити теплопродуктивність термоелектричного передпускового нагрівника в 1,5-2 рази, до рівня 3 кВт, в порівнянні з його першим варіантом.
3. Показано, що вихідна електрична потужність розробленого термоелектричного передпускового джерела тепла знаходиться в межах 80-100 Вт при температурі гарячого теплообмінника 280 °С та температурах холодного теплоносія 30-70 °С. Максимальний ККД нагрівника 76.6 %.
4. Визначено, що режим максимальної потужності нагрівника досягається при тепловій потужності джерела тепла 3.6 кВт, витраті палива 300 г/год та повітря 8.19 м^3/год. При цьому витрата холодного теплоносія 0.3 м^3/год.
5. Показано алгоритм роботи електронного блоку керування компонентами термоелектричного нагрівника. При виході нагрівника в автономний режим роботи електронний блок відключає живлення компонент від акумулятора і по мірі збільшення вихідної електричної потужності генератора спрямовує надлишок електричної енергії на підзарядку акумулятора.
6. Встановлено, що надлишок електричної енергії, який може використовуватися для підзарядки акумулятора складає 50 – 70 Вт. Однак реальна величина струму зарядки визначатиметься індивідуальним ступенем зарядженості акумулятора.
7. Показано, що керування роботою нагрівника здійснюється інтелектуальним алгоритмом контролю полум'я, подачі повітря та палива і заряду акумулятора, що забезпечує стабільну роботу приладу та створює надійну систему захисту у разі виникнення аварійних ситуацій.

Література

1. Корчуганова М.А., Сырбаков А.П. Предпусковой жидкостный подогреватель дизельных двигателей на базе пускового двигателя ПД-10У // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1.
2. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях. – В.С. Найман // Москва: АСТ, 2007. – с. 213.
3. Електронний ресурс http://www.webasto-surgut.ru
4. Михайловський В.Я., Максимук М.В. Режими роботи автомобілів при понижених темпера-

турах. Необхідність використання нагрівачів та раціональність застосування термогенераторів для їх роботи // Термоелектрика. – 2014.- №3.- С. 20-31.
5. Патент (UA) на винахід № 102303 МПК F01N 5/00 H01L 35/00. Термоелектричне джерело живлення для автомобіля / Анатичук Л.І., Михайловський В.Я. – Опубл. 25.06.2013, бюл. №12, Заявка u2011 13957 від 28.11.2011.
6. Патент (UA) №72304. МПК: F01N 5/00; H01L35/00. Автомобільний обігрівач з термоелектричним джерелом живлення / Анатичук Л.І., Михайловський В.Я. – Опубл. 10.08.2012, бюл. №15, Заявка u2012 02055 від 23.02.2012.
7. Патент (UA) №124999. МПК: F02N 19/10; H01L35/00. Автомобільний обігрівач з термоелектричним джерелом живлення / Максимук М.В. – Опубл. 25.04.2018, бюл. №8, Заявка u2017 11819 від 04.12.2017.
8. Михайловський В.Я., Максимук М.В. Комп'ютерне проектування термоелектричного автомобільного передпускового нагрівача на дизельному паливі // Термоелектрика. – 2016. – №1. –С.52-66.
9. Анатичук Л.І., Михайловський В.Я., Максимук М.В., Андрусяк І.С. Експериментальні дослідження термоелектричного автомобільного передпускового нагрівача на дизельному паливі // Термоелектрика. – 2016. – №4. – С. 84–94.
10. Максимук М.В. Про оптимізацію термоелектричних модулів автомобільного передпускового нагрівника // Термоелектрика. – 2017. – №1. – С. 57–67.
11. Максимук М.В. Проектування автомобільного передпускового джерела тепла з термоелектричним генератором. Дизельний варіант // Термоелектрика. – 2017. –С. 32-43.
12. Webasto. UK Product Catalogue.
13. Електронний ресурс http://www.deltaww.com
14. Михайловський В.Я., Максимук М.В. Раціональні потужності термогенераторів для передпускових нагрівачів транспортних засобів // Термоелектрика. – №4.– 2015. – С. 65-74.
15. Максимук М.В., Андрусяк І.С. Електронний блок керування термоелектричним передпусковим автомобільним нагрівником // Термоелектрика. – №5.– 2016– С. 65-74.
16. Патент (UA) № 90764 МПК F02N 19/00 Система керування передпусковим рідинним нагрівачем для двигунів внутрішнього згорання / Михайловський В.Я., Звоздецький П.В., Максимук М.В. – Опубл. 10.06.2014, бюл. № 11, Заявка u2013 15422 від 30.12.2013.
17. Бубнов Ю.И., Орлов С.Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации. – Справочник. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ. – 2005.

Надійшла до редакції 29.02.2018

Максимук Н.В.

Институт термоэлектричества, ул. Науки, 1, Черновцы,
58029, Украина; *e-mail: anatych@gmail.com*

СТЕНДОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕДПУСКОВОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Приведены результаты стендовых исследований энергетических характеристик термоэлектрического источника тепла для предпускового подогрева двигателей автотранспортных средств в условиях сниженных температур окружающей среды. Показано, что использование термоэлектрического преобразователя в качестве источника электрической энергии обеспечивает автономную работу компонентов предпусковых нагревателей и позволяет решить проблему разрядки аккумуляторной батареи автомобиля во время эксплуатации предпускового оборудования. Библ. 17, рис. 10, табл. 1.
Ключевые слова: предпусковой нагреватель, термоэлектрический генератор

M.V. Maksimuk

Institute of Thermoelectricity of the NAS and MES of Ukraine,
1, Nauky Str., Chernivtsi, 58029, Ukraine

BENCH TESTS OF THERMOELECTRIC STARTING PRE-HEATER FOR CARS

The results of bench tests of the energy characteristics of thermoelectric heat source fo start heating of vehicle engines at low ambient temperatures are presented. It is shown that the use of a thermoelectric converter as a source of electric power provides the autonomous operation of the pre-heater components and allows solving the problem of vehicle battery discharge during the operation of the start equipment. Bibl. 17, Fig. 10, Table. 1.
Key words: starting pre-heater, thermoelectric generator.

References

1. Korchuganova M.A., Syrbakov A.P. (2013). Predpuskovoi zhidkostnyi podogrevatel diselnykh dvigatelei na baze puskovogo dvigatelia PD-10U [Starting liquid pre-heater of diesel engines based on starting engine PD-10U]. *Sovremennyie problemy nauki i obrazonaviia – Modern Problems of Science and Education,* 1 [in Russian].
2. Naiman V.S. (2007). *Vse o predpuskovykh obogrevateliakh i otopiteliakh [All about starting pre-heaters]*. Moscow: ACT [in Russian].
3. Retrieved from http://www.webasto-surgut.ru
4. Mykhailovsky V.Ya., Maksimuk M.V. (2014). Automobile operating conditions at low temperatures. The necessity of applying heaters and the rationality of using thermal generators for their work. *J.Thermoelectricity*, 3, 20-31.
5. *Patent of Ukraine № 102303* (2013). Anatychuk L.I., Mykhailovsky V.Ya. Thermoelectric power supply for automobile. [in Ukrainian].
6. *Patent of Ukraine № 72304* (2012). Anatychuk L.I., Mykhailovsky V.Ya Automobile heater with thermoelectric power supply [in Ukrainian].
7. *Patent of Ukraine №124999* (2018). Maksimuk M.V. Automobile heater with thermoelectric power supply [in Ukrainian].
8. Mykhailovsky V.Ya., Maksimuk M.V. (2016). Computer design of thermoelectric automobile starting pre-heater operated with diesel fuel. *J. of Thermoelectricity,* 1, 52–65.
9. Anatychuk L.I., Mykhailovsky V.Ya., Maksimuk M.V., Andrusiak I.S. (2016). Experimental research on thermoelectric automobile starting pre-heater operated with diesel fuel.

J. of Thermoelectricity, 4, 84–94.
10. Maksimuk M.V. (2017). On the optimization of thermoelectric modules of automobile starting pre-heater. *J.Thermoelectricity*, 1, 57–67.
11. Maksimuk M.V. (2017). Design of automobile starting pre-heater with a thermoelectric generator. Diesel version. *J.Thermoelectricity*, 2, 32-43.
12. Webasto. UK Product Catalogue.
13. Retrieved from http://www.deltaww.com
14. Mykhailovsky V.Ya., Maksimuk M.V. (2015). Rational powers of thermal generators for starting pre-heaters of vehicles. *J. of Thermoelectricity,* 4, 65–74.
15. Maksimuk M.V., Andrusiak I.S. (2016). Electronic control unit for thermoelectric automobile starting pre-heater. *J. of Thermoelectricity,* 5, 44–51.
16. *Patent of Ukraine № 90764* (2014). Mykhailovsky V.Ya., Zvozdetskyi P.V., Maksimuk M.V. Control system of starting liquid pre-heater for internal combustion engines [in Ukrainian].
17. Bubnov Yu.I., Orlov S.B. (2005). *Germetichnyie khimicheskiie istochniki toka: elementy i akkumuliatory. Oborudovaniie dlia ispytanii i ekspluatatsii. – Spravochnik [Sealed chemical current sources: elements and batteries. Testing and operating equipment. - Handbook*]. Saint-Petersburg: Khimizdat [in Russian].

Submitted 29.02.2018