

УДК 62-69



Михайловський В.Я.

**Михайловський В.Я., Максимук М.В.**

Інститут термоелектрики НАН і МОН України,  
вул. Науки, 1, Чернівці, 58029, Україна



Максимук М.В.

## **РЕЖИМИ РОБОТИ АВТОМОБІЛІВ ЗА ПОНИЖЕНИХ ТЕМПЕРАТУР. НЕОБХІДНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НАГРІВАЧІВ ТА РАЦІОНАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ ЇХ РОБОТИ**

*Проаналізовано основні причини ускладненого запуску транспортних засобів за понижених температур навколишнього середовища. Визначено переваги та недоліки в застосуванні передпускового підігріву для покращення запуску двигуна автомобілів. Наведено принцип роботи та особливості конструкції передпускових нагрівачів. Обґрунтовано раціональність використання термоелектричних генераторів для роботи такого обладнання.*

**Ключові слова:** двигун, передпусковий підігрів, опалювач салону, термоелектричний генератор.

*The main reasons for a complicated startup of transport means at low ambient temperatures are analyzed. The benefits and drawbacks of using start heating for a better startup of automobile engine are determined. The operating principle and structural features of starting pre-heaters are described. The rationality of using thermoelectric generators for the operation of such equipment is substantiated.*

**Key words:** engine, start heating, compartment heater, thermoelectric generator.

### **Вступ**

На сьогодні запуск двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) за понижених температур навколишнього середовища залишається актуальною проблемою для всіх без винятку видів транспортних засобів [1-6]. Перш за все це пов'язано із негативним впливом низьких температур на ресурс роботи ДВЗ. Внаслідок швидкого нагрівання «холодного» двигуна в ньому виникають температурні напруги, що разом з механічними навантаженнями призводять до швидкого зносу деталей і скорочення терміну їх експлуатації [1, 3, 4]. Ще одним негативним фактором холодного запуску є велика витрата палива внаслідок його конденсації та пониженої випаровуваності [2]. Тому перед запуском двигун необхідно прогрівати [5, 6]. Нині є велика кількість різноманітних засобів та методів полегшеного запуску двигунів у холодну пору року. В загальному їх класифікують на групові та індивідуальні [7].

Групові методи здійснюють передпусковий підігрів двигуна розігрітими від зовнішніх джерел енергії (електромереж, котелень, переносних газових генераторів) теплоносіями: водяною парою, гарячим повітрям, інфрачервоними променями і т.д.

Індивідуальні методи включають штатні (передбачені конструкцією двигунів) та додаткові, які встановлюються безпосередньо на двигуни (рідинні та повітряні нагрівачі, електрофакельні нагрівачі повітря, свічки розжарювання). Перевагою індивідуальних засобів підігріву є автономність, їхня робота не залежить від наявності зовнішнього джерела енергії.

Автономний передпусковий підігрів охолоджуючої рідини – один з найпоширеніших та найефективніших індивідуальних методів прогріву двигуна за понижених температур. Такі нагрівачі годяться практично для всіх типів двигунів внутрішнього згорання, тому застосовуються як у легкових та вантажних автомобілях, так і в автобусах, літаках, яхтах і катерах [8, 9].

Проте, незважаючи на широкі можливості, передпускові нагрівачі все ще не знайшли масового використання. Перш за все це обумовлено їхньою високою вартістю. Однак це не єдиний стримуючий фактор: як показує статистика, навіть в економічно розвинутих країнах Скандинавського півострова автономні передпускові нагрівачі встановлені лише на одному із тисячі автомобілів [10].

Мета нашої роботи – аналіз переваг та недоліків передпускового підігріву двигунів автомобілів за понижених температур та розширення можливостей практичного використання передпускових нагрівачів за допомогою термоелектричних перетворювачів енергії.

### Недоліки запуску «холодного» двигуна

До основних причин, які ускладнюють запуск ДВЗ за понижених температур навколишнього середовища відносять [11-13]:

1. Збільшення опору при обертанні колінчастого валу внаслідок підвищення в'язкості машинного масла. Багаторічний досвід експлуатації транспортних засобів показує, що за температури  $-18^{\circ}\text{C}$  опір обертальному моменту колінчастого валу зростає в 2–2.5 рази.
2. Зменшення потужності стартера в результаті зниження величини струму холодної прокрутки та ємності акумулятора. Для повністю зарядженої АКБ ємністю 50-60 А·год струм холодної прокрутки знаходиться в межах 300-500 А. Якщо струм стартера за температури  $25^{\circ}\text{C}$  може досягати 400 А за напруги 9 В, то за температури  $-30^{\circ}\text{C}$  він знизиться до 200 А. І з кожною новою спробою запуску його величина буде зменшуватися. Хоча технології виробництва акумуляторних батарей з кожним роком поліпшуються, проте вони не впливають на ступінь зниження стартерного струму за понижених температур.
3. Конденсація палива та зменшення його випаровуваності. Якість повітряно-паливної суміші залежить від випаровуваності палива. Наприклад, випаровування бензинового палива відбувається в основному в інтервалі від  $35^{\circ}\text{C}$  до  $200^{\circ}\text{C}$ . Причому випаровуються «легкі» фракції, які найбільш необхідні в період пуску холодного двигуна. Однак, згідно зі стандартами, вміст в бензиновому паливі таких фракцій обмежений, оскільки велика їх кількість в гарячому двигуні призведе до утворення в паливній системі парових пробок, що викликають перебої в роботі ДВЗ. У зв'язку з цим передбачений «зимовий» бензин, у якого випаровуваність майже втричі вища «літнього», що має забезпечувати надійний запуск двигуна при  $-15$  –  $-20^{\circ}\text{C}$ . Але використання «зимового» бензину вже за температури  $+5^{\circ}\text{C}$  призводить до утворення парових пробок. З «літнім» сортом бензину запуск двигуна ускладнюється за  $-5^{\circ}\text{C}$ , а за  $-20^{\circ}\text{C}$  стає неможливим.

Вплив наведених факторів за понижених температур проявляється одночасно і призводить до скорочення ресурсу роботи двигуна та збільшення витрати палива під час його запуску [13]. Попередні дослідження показують, що з кожним «холодним» стартом ДВЗ (запуск за температури нижче  $+5^{\circ}\text{C}$ ) втрата його моторесурсу становить близько 400-600 км. Враховуючи те, що упродовж року спостерігається 100 – 120 днів з температурою нижче  $0^{\circ}\text{C}$ , втрата моторесурсу за рік становитиме  $\sim 80000$  км [11].

4. Збільшення норми викидів токсичних речовин з вихлопними газами. Як констатують медики, високий рівень токсичних речовин, які виділяються в навколишнє середовище з вихлопними газами автомобілів, призводять до поширення різноманітних алергічних та астматичних захворювань і як наслідок до скорочення тривалості життя як мінімум на 4 – 5 років.

Встановлено, що величина викидів токсичних речовин у легкових автомобілях у перші кілометри після пуску з непрогрітим двигуном становить 70–80% від сумарного об'єму викидів автомобіля за цей період. Це пов'язано з низькою ефективністю роботи каталізатора в умовах низьких температур. Залежно від температури навколишнього середовища автомобіль повинен проїхати декілька кілометрів перш ніж каталізатор розігріється і почне ефективно очищати вихлопні гази.

Дослідження Норвезької автомобільної асоціації показали, що об'єм викидів при одному «холодному» запуску двигуна автотранспортних засобів становить 100–300 г. Якщо упродовж року здійснювати 500 таких запусків (в середньому 2 рази в день), то річний середній викид одного автомобіля з урахуванням пускової емісії становить 69 кг. При цьому сумарна величина річних викидів всіх автомобілів, наприклад, для міста з населенням ~ 1 млн. жителів, становитиме 20000 тон.

### Принцип роботи та особливості конструкції передпускових нагрівачів

У наш час автономні передпускові нагрівачі для попереднього прогріву двигунів транспортних засобів за понижених температур навколишнього середовища серійно виробляються деякими закордонними підприємствами: Eberspacher, Webasto, Truma (Німеччина), Ateso (Чехія), Mikuni (Японія), Теплостар (Росія) [14-17]. Передпускові нагрівачі в основному класифікують:

– за видом палива на дизельні, бензинові та газові. Поділ нагрівачів за видом палива та необхідність створення відповідних конструкцій зумовлено тим, що нагрівачі встановлюються на автомобілі з дизельними, бензиновими двигунами та двигунами, що працюють на зрідженому газі. З точки зору зручності експлуатації, для нагрівачів доцільно використовувати паливо, на якому працює двигун;

– за видом нагріву теплоносія на рідинні та повітряні.

На рис. 1 наведено схему та зовнішній вигляд передпускового рідинного нагрівача Hydronic (Eberspacher) тепловою потужністю 4 кВт.

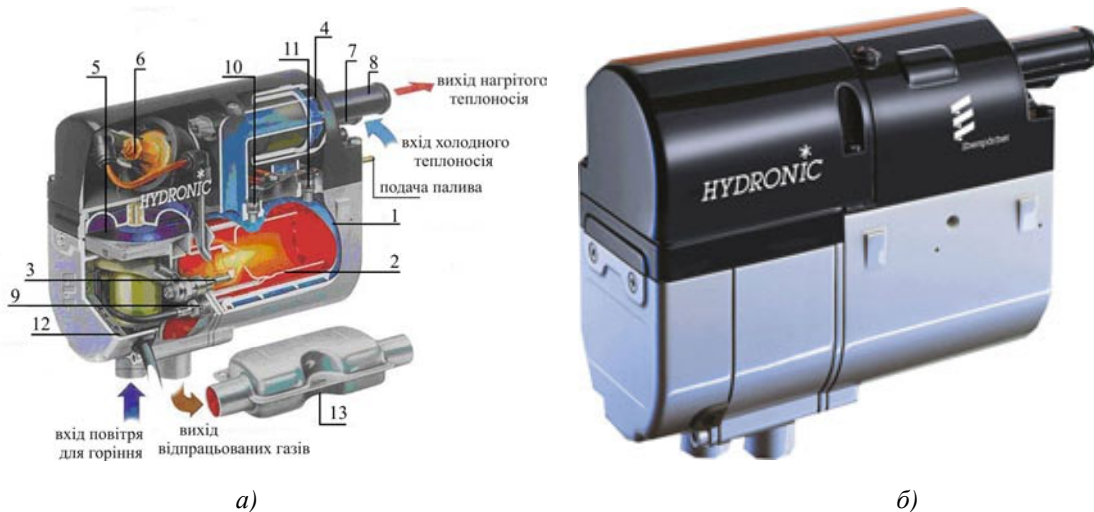


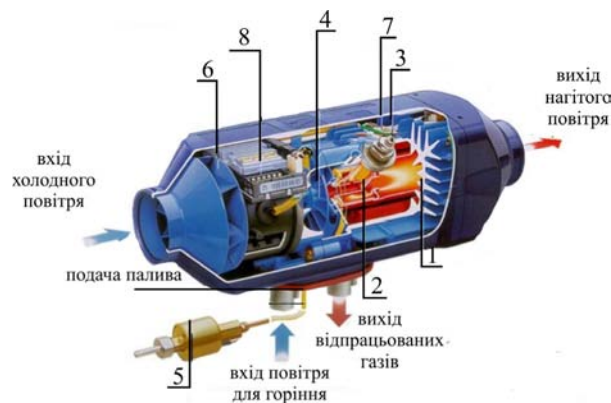
Рис 1. Схема (а) та зовнішній вигляд (б) рідинного передпускового нагрівача Hydronic:

- 1 – теплообмінник; 2 – камера згорання; 3 – штифт розжарювання;  
4 – рідинний циркуляційний насос; 5 – вентилятор; 6 – паливна помпа;  
7, 8 – вхідний та вихідний патрубки; 9 – датчик полум'я; 10 – датчик температури;  
11 – датчик перегріву; 12 – електронний блок; 13 – глушник [15].

Передпусковий нагрівач об'єднує в одному корпусі теплообмінник 1, камеру згорання 2 з штифтом розжарювання 3, рідинний циркуляційний насос 4, вентилятор 5 і помпу 6 для подачі повітря та палива в камеру згорання. Принцип роботи полягає в нагріванні охолоджуючої рідини (теплоносія) двигуна автомобіля. Для цього нагрівач через патрубки 7 та 8 під'єднують в контур системи охолодження двигуна, який в свою чергу сполучений з радіаторами опалення автомобіля. Циркуляція рідини по системі охолодження і радіаторах опалення здійснюється рідинним насосом. Паливо в нагрівач надходить напряму з баку автомобіля або ж відбирається з окремої, спеціально призначеної для цього ємності. Наявність полум'я в камері згорання контролюється датчиком 9. Датчиками 10 та 11 здійснюється контроль за температурою теплоносія. Система діагностики в електронному блоці 12 керує роботою нагрівача та здійснює його аварійне виключення в екстрених випадках. Запуск пристрою здійснюється вручну або таймером, який програмується на конкретний час з пульта дистанційного управління. Для забезпечення безшумності під час роботи нагрівач додатково комплектується глушником 13.

Таким чином, рідинні передпускові нагрівачі забезпечують не тільки прогрів двигуна за понижених температур, а й обігрів кабін, салонів транспортних засобів.

У деяких випадках застосування рідинних передпускових нагрівачів неможливе (автомобілі з повітряним охолодженням двигуна) або недоцільне – наприклад, для обігріву салонів автобусів, кают яхт, кабін вантажних автомобілів під час стоянок, автокемпінгів. Для таких випадків створено автономні повітряні опалювачі салонів (рис. 2).



а)



б)

Рис 2. Схема (а) та зовнішній вигляд (б) автономного повітряного опалювача салону Airtronic (Eberspacher) тепловою потужністю 4 кВт: 1 – теплообмінник; 2 – камера згорання; 3 – штифт розжарювання; 4 – вентилятор подачі повітря в камеру згорання; 5 – паливний дозуючий насос; 6 – вентилятор подачі холодного повітря; 7 – датчик перегріву; 8 – електронний блок [15].

Як і для рідинних нагрівачів основними елементами конструкції автономних опалювачів є теплообмінник 1 та камера згорання 2. Повітря, що нагнітається вентилятором 4, змішується з паливом, яке подається в камеру згорання дозуючим насосом 5. Займання паливо-повітряної суміші здійснюється керамічним штифтом розжарювання 3. Повітряний потік, що утворюється за допомогою ще одного вентилятора 6, проходить через зовнішню оребрену частину теплообмінника, де нагрівається тепловою енергією від спалювання дизельного чи бензинового палива. Після цього гаряче повітря подається в салон чи кабіну автомобіля. На корпусі теплообмінника знаходиться індикатор перегріву 7, а датчик температури повітря (на рис. 2 не вказаний), необхідний для контролю теплового режиму, розташований в потоці холодного повітря безпосередньо перед теплообмінником. Блок керування 8 підтримує задану температуру повітря в салоні, змінюючи кількість обертів вентиляторів та витрату палива, що надходить в камеру згорання. Вихлопна система забезпечує викид продуктів згорання за межі кабіни або салону автомобіля.

Крім того, цей тип нагрівачів можна використовувати і літом для продувки салонів, коли не працює кондиціонер.

Альтернативою автономним повітряним опалювачам автобусів, мікроавтобусів, позашляховиків, джипів та спеціальної техніки є неавтономні повітряні нагрівачі (рис. 3). Такі прилади складаються з радіатора, який прогривається теплоносієм двигуна і вентилятором, що подає тепло від нагрітого радіатора в приміщення. При подачі теплоносія в радіатор обігрівач напряму, через дефлектори або повітроводи, вдуває гаряче повітря в салон. Прокачка теплоносія здійснюється штатною помпою автомобіля, тому працює нагрівач тільки тоді, коли працює двигун.



Рис.3. Неавтономний повітряний опалювач Xerox-4000 (Eberspacher):  
1 – радіатор; 2 – вхідний та вихідний патрубки; 3 – вентилятор [15].

Особливість такого типу приладів полягає в тому, що вони використовуються в транспортних засобах з великими внутрішніми об'ємами як додаткові до штатної системи опалення нагрівники.

### Переваги передпускового підігріву двигуна

З технічної точки зору передпусковий прогрів двигуна за понижених температур навколишнього середовища в порівнянні з «холодним» стартом забезпечує [11, 18]:

- запуск двигуна з 1 – 2 спроб внаслідок зменшення часу прокрутки стартера в 2 – 3 рази;
- зменшення в'язкості машинного масла та збільшення швидкості його прокачки;
- збільшення частоти обертання колінчастого валу;

– зниження витрати палива на 0.1 – 0.5 л в розрахунку на один пуск.

Попередні дослідження, що здійснювались у Технологічному інституті Осло, Норвегія, показують, що за використанням передпускового підігріву витрата палива під час запуску зменшується на 15–30% для бензинових двигунів і 8–12% для дизельних. Причому, вже після проходження відстані в 3–4 км двигун повністю прогривається, і витрата палива практично не залежить від того, чи був проведений передпусковий підігрів. Таким чином, найбільш помітна економія палива під час підігріву двигуна відбувається в процесі самого запуску та пробігу перших 2-3 км шляху. Це дає можливість упродовж одного зимового сезону зекономити 90 – 150 літрів пального;

– зменшення витрати моторесурсу двигуна. На рис. 4 показано результати дослідження моторного масла автомобіля після 30 пусків за температури оточуючого середовища  $-20^{\circ}\text{C}$  з передпусковим підігрівом та без нього.

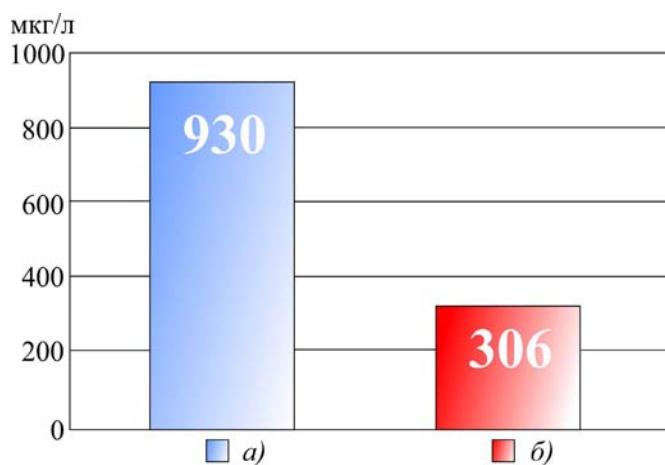


Рис. 4 – Вміст кількості металу, мкг в 1 л моторного масла автомобіля:  
а) без передпускового підігріву; б) з передпусковим підігрівом.

Як видно з наведених даних, вміст металів у маслі автомобіля, для якого використовували передпусковий підігрів, більше ніж утричі менший ніж для автомобіля, де попереднього підігріву не було. Це зумовлено тим, що за низьких температур текучість масла зменшується і воно не може ефективно змащувати поверхні деталей, що приводить до їхнього швидкого зносу внаслідок тертя та до скорочення моторесурсу двигуна в цілому. Передпусковий підігрів двигуна дає можливість збільшити термін експлуатації ДВЗ та суттєво зекономити його моторесурс. Наприклад, в умовах середньої кліматичної зони та Півночі, де упродовж півроку температура не піднімається вище  $+5^{\circ}\text{C}$ , при щоденному використанні передпускового підігріву економія моторесурсу двигуна становить 50 – 60 тис. км;

– зниження рівня викидів токсичних речовин у навколишнє середовище з вихлопними газами. На рис. 5, 6 наведено результати останніх досліджень за визначення рівня токсичних викидів з вихлопними газами для автомобіля з попередньо прогрітим та холодним двигуном.

З аналізу показаних даних випливає, що залежно від кількості холодних пусків упродовж року попередній підігрів двигуна дає можливість зменшити рівень токсичних викидів автомобіля в перші кілометри пробігу на 60 – 80%. Крім того, під час запуску попередньо прогрітого двигуна вміст шкідливих газів у вихлопі зменшується ~ в 5 разів, що в свою чергу робить можливим знизити річну кількість викидів одного автомобіля на 80%. Нижче наведено величини зниження річних викидів з у

разі використання передпускового підігріву двигуна автомобіля за умови його пробігу 10000 км за рік (табл.1).

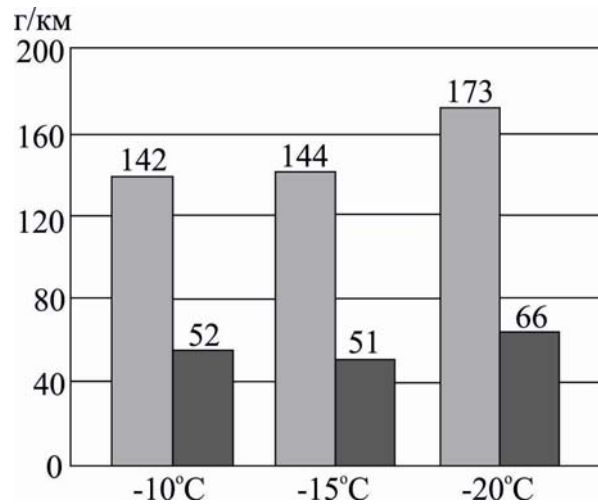


Рис. 5. Рівень монооксиду вуглецю CO у вихлопі автомобіля за холодним та попередньо прогрітим двигуном.

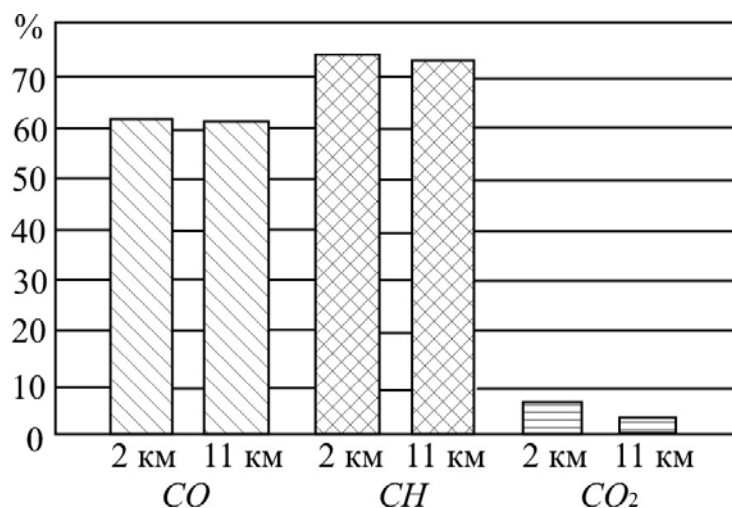


Рис. 6. Відносне зменшення викидів у вихлопі автомобіля при попередньо прогрітим двигуном.

Таблиця 1

Зниження річних викидів автомобіля  
в разі використання передпускового підігріву

Рівень викидів	Без передпускового підігріву	З передпусковим підігрівом
Оксид вуглецю (CO), кг	63	12.6
Вуглеводні (CH) + оксиди азоту (NO <sub>x</sub> ), кг	6	1.25
Сумарний викид, кг	69	13.8

Слід також зауважити, що на сьогодні норми викидів токсичних речовин з вихлопними газами регулюють міжнародні стандарти ЄВРО-4 – для легкових та ЄВРО-5 – для вантажних автомобілів. Згідно з цими стандартами, крім сумарної норми викидів для прогрітого двигуна, частково регламентується величина викидів під час його пуску.

Ще одна перевага передпускового підігріву двигуна полягає в підвищенні безпеки поїздки. Психологи відзначають суттєвий вплив холоду на людину. Дії замерзлої людини уповільнені і загальмовані, увага послаблена. Цими факторами пояснюється аварійна статистика, згідно з якою 15 % усіх ДТП відбувається у перші 15 хвилин поїздки. За комфортних умов, які забезпечуються передпусковим підігрівом двигуна і салону, такі негативні ознаки повністю виключаються.

### **Використання термоелектричних генераторів для передпускового підігріву двигуна**

Незважаючи на низку позитивних властивостей, автомобільні нагрівачі, як зазначалось раніше, не мають масового використання, зокрема на легкових автомобілях і мікроавтобусах.

Головною причиною цього є необхідність у електричній енергії для живлення компонентів передпускових нагрівників: паливного насоса, вентилятора для подачі повітря у камеру згорання, циркуляційного насоса для прокачування рідкого теплоносія.

Попередні дослідження показали, що під час роботи рідинного нагрівача тепловою потужністю 4 кВт і споживаною електричною потужністю 37 – 40 Вт, а з штатним вентилятором системи опалення автомобіля у сумі 60 Вт, акумулятор ємністю 60 А·год за 4.5 години втрачає 50 % ємності. Слід врахувати і той факт, що в умовах понижених температур ємність автомобільного акумулятора додатково знижується ще на 15-20% [19]. Тому рідинні передпускові нагрівачі рекомендують використовувати не більше 40 хвилин для автомобілів з двигуном до 3х літрів і не більше 1 год для інших автомобілів, що може бути недостатнім для прогріву ДВЗ до робочої температури [20]. При цьому роботу штатної системи опалення автомобіля потрібно налаштувати так, щоб струм електродвигуна вентилятора не перевищував 2.5 А.

Як показує практика, в сильні морози (-10 – -30°C) проблема прогріву салону стає неактуальною. Значно гостріше стоїть питання про можливість експлуатації автомобіля в принципі. Суттєво підвищити температуру салону в таких умовах за допомогою передпускового підігріву практично не можливо. Незважаючи на те, що повітряні обігрівачі хоч і дають можливість прогрівати в першу чергу салон, на прогрів двигуна ємності АКБ не вистачає. Щоб не допустити «глибокої» розрядки акумулятора, рекомендується в сильні морози не тільки відключити функцію обігріву салону повністю але й відмовитись від використання додатково встановленого в автомобілі обладнання (аудіо- та відео комплексів, GPS-навігаторів, сигнальних систем). Водіям, які упродовж дня їздять на автомобілі менше 30 хвилин (дім-робота-дім) і при цьому перед кожним запуском двигуна по 20-30 хвилин працює обігрівач, не уникнути щотижневої зарядки акумулятора.

Слід зауважити, що на сьогодні жодна з відомих моделей передпускових нагрівачів не вирішує проблему розрядки акумуляторної батареї. Найпоширенішими способами прогріву холодний двигун автомобіля без використання енергії акумулятора є електропідігрів та підігрів за допомогою теплових акумуляторів. Однак в цьому випадку водій постійно прив'язаний до зовнішнього джерела енергії.

Означена проблема може бути вирішеною використанням термоелектричного генератора, який працює від тепла обігрівача і забезпечує автономне живлення електричною енергією його компонентів [21, 22]. Схему термоелектричного автомобільного нагрівача наведено на рис. 7.

Конструктивно такий термоелектричний нагрівач складається з гарячого радіатора 1, у внутрішньому об'ємі якого розташовано джерело тепла 2. На зовнішній поверхні радіатора знаходяться термоелектричні модулі 3, тепло від яких відводиться рідинними теплообмінниками 4. Рідинні теплообмінники об'єднані в один гідравлічний контур, який штуцерами 5 під'єднано до системи охолодження двигуна. Циркуляція рідкого теплоносія у контурі нагрівач-двигун



здійснюється насосом 6. Крім того, обігрівач має містити вентилятор 7 та паливний насос 8 для подачі повітря і палива в камеру згорання. Продукти згорання відводяться у навколишнє середовище вихлопною трубою 9. Запуск та керування роботою нагрівача здійснюється електронним блоком 10.

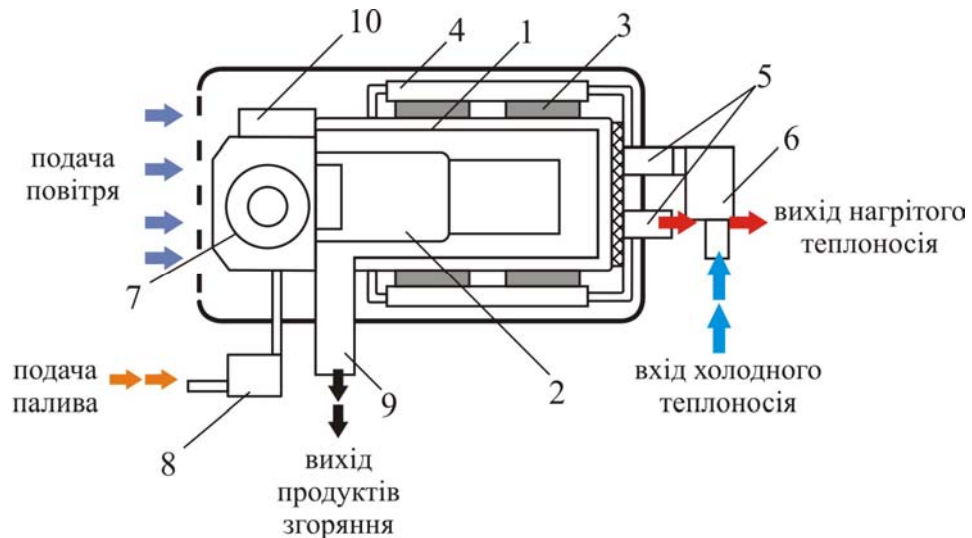


Рис.7. Схема термоелектричного автомобільного передпускового обігрівача:

- 1 – гарячий радіатор; 2 – джерело тепла; 3 – термоелектричні модулі;
- 4 – рідинні холодні теплообмінники; 5 – вхідний і вихідний штуцери;
- 6 – рідинний циркуляційний насос; 7 – вентилятор; 8 – паливний насос;
- 9 – вихлопна труба; 10 – електронний блок.

Нагрівач працюватиме таким чином. Теплова енергія, отримана внаслідок згорання палива, нагріває гарячий теплообмінник, проходить через термоелектричний перетворювач і відводиться рідким теплоносієм, який циркулює у теплообміннику нагрівача і системі охолодження двигуна. Внаслідок різниці температур між гарячою і холодною сторонами термоперетворювач генерує електричний струм. Теплова енергія, відведена теплоносієм від термоперетворювача, використовується для прогріву двигуна і опалення салону автомобіля.

Крім попереднього прогріву двигуна та обігріву салонів, кабін транспортних засобів, за понижених температур навколишнього середовища термоелектричний обігрівач забезпечить живлення електричною енергією:

- власних компонент: паливного та циркуляційного насосів, вентилятора, електронного блоку;
- акумулятора під час прогріву двигуна;
- штатного вентилятора системи опалення автомобіля;
- сигнальних систем автомобіля;
- автомобільної аудіо- і відеоапаратури.

Також термоелектричні передпускові нагрівачі можуть знайти широке практичне використання на автомобілях швидкої допомоги для підтримки стабільного температурного режиму в салоні та живлення медичної техніки (кардіографів, дефібриляторів та ін.) і в транспортних засобах військового призначення – для додаткового живлення систем зв'язку під час прогріву двигуна.

Отже, завдяки тому що робота термоелектричного нагрівача не залежатиме від наявності акумулятора чи іншого зовнішнього джерела електричної енергії це відкриває широкі перспективи таких приладів у різних сферах діяльності.

## Висновки

Обґрунтовано можливість створення та раціональність використання термоелектричного генератора для подолання проблеми розрядки акумулятора автомобіля під час роботи передпускових нагрівачів. За допомогою термоелектрики процес передпускового підігріву стає повністю автономним, без використання електричної енергії акумулятора. Крім того, надлишок електрики термогенератора може використовуватись для підзарядки акумулятора і живлення іншого автомобільного обладнання. Це відкриває широкі перспективи термоелектричним передпусковим нагрівачам у різних сферах діяльності.

## Література

1. Антошків О.В. Засоби полегшеного пуску двигуна під час зимової експлуатації та оцінка можливості їх застосування для автомобілів Peugeot J9 Karsan / О.В. Антошків // Вісн. Держ. ун-ту «Львівська політехніка». – 2000. – №396. – С. 3-7.
2. Якушенко С.О. Вплив температури палива на техніко-економічні показники двигуна / С.О. Якушенко, А.М. Будяцький, Р.Р. Кузьмяк // Інноваційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2014. – №5(10). – С. 56-62.
3. Пономарев А.И. Анализ главных качеств предпусковых жидкостных подогревателей / А.И. Пономарев, В.Н. Сидоров, С.Б. Ванюшин // Мат-лы рег. н.-техн. конф. «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе». – 2015. – Т.2. –4-7. С.
4. Матюхин Л.М. Теплотехнические устройства автомобилей: учеб. пособие / Л.М. Матюхин, – М.: МАДИ, 2009. – 89 С.
5. Деркач В.Л. Аналіз використання передпускового підігріву для автомобільного транспорту / В.Л. Деркач // Міжвуз. збірник «Наукові нотатки». – 2013. – №43. – С. 75-78.
6. Гнатів А.В. Передпусковий підігрівач для бензинового двигуна. Особливості застосування / А.В. Гнатів // Вісник НТУ «ХП». – 2015. – №8(1117). – С. 58-63.
7. <http://stroy-technics.ru/article/klassifikatsiya-sredstv-i-sposobov-bezgarazhnogo-khraneniya-avtomobilei>
8. <http://avtoexperts.ru/article/predpuskovoi-podogrevatel/>
9. <http://oooksis.ru/Podogrevobzor.htm>
10. [http://5koleso.ru/articles/Tehnika/Predpuskovie\\_podogrevateli\\_dvigatelya](http://5koleso.ru/articles/Tehnika/Predpuskovie_podogrevateli_dvigatelya)
11. Найман В.С. Все о предпусковых обогревателях и отопителях. – В.С. Найман // Москва: АСТ, 2007. – 213 С.
12. <http://auto.potrebitel.ru/data/11/14/p55podogr.shtml>
13. Сітовський О.П. Дослідження паливної економічності автомобіля при пуску холодного двигуна і його прогріві під час руху автомобіля / О.П. Сітовський // Міжвуз. збірник «Наукові нотатки». – 2011. – №35. – С. 166-170.
14. <http://www.webasto.com/ua/>
15. <http://www.eberspaecher.ua>
16. <http://www.mikuni.co.jp/e/>
17. <http://www.trumatic.ru>
18. <http://www.lpg.ru/auto/heating/>
19. Бубнов Ю.И., Орлов С.Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации. – Справочник. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ. – 2005.

20. <http://autosiga.ru/gidronik/175-akkumulyator-sovmestnaya-rabota-akkumulyatora-i-predpuskovogo-podogrevatelya>
21. 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.
22. 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.

Надійшла до редакції 17.07.2015