

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук, **М.С. Магопець**, магістр

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: AulinVV@gmail.com, magmish@ukr.net

Формування мікроклімату в салонах автотранспортних засобів підігрівачами різної конструкції

Стаття присвячена обґрунтуванню раціональної технології формування мікроклімату в салонах автотранспортних засобів, що експлуатуються в кліматичній зоні України, при низьких температурних показниках навколишнього середовища на основі застосування підігрівачів різної конструкції.

Визначено вплив високих та низьких температур у салоні автомобіля на стан водія та пасажирів. Визначено, що оптимальні температурні показники становлять +16...+26 °С і повинні забезпечуватись системою вентиляції, опалення та кондиціонування повітря. Несправність цих систем має виключати подальшу експлуатацію автомобіля. Для опалення використовується теплова енергія двигуна через нагріту охолоджувальну рідину, що проходить через теплообмінник. Ця конструкція є простою та надійною, проте час прогріву салону залежить від температури навколишнього середовища та прогріву двигуна, особливо в зимовий період.

Проведено оцінювання ефективності роботи автономних підігрівачів різних типів (паливних рідинних, паливних повітряних, електричних повітряних, електричних рідинних вбудованих та електричних рідинних дротових) та їх впливу на рівень забруднення навколишнього середовища. Всі типи автономних підігрівачів ефективно виконують свою функцію прогріву охолоджувальної рідини або повітря в салоні автомобіля. Показано, що порівняно з системами дистанційного запуску двигуна, передпускові підігрівачі є більш доцільними для забезпечення необхідного мікроклімату взимку. Використання паливних передпускових підігрівачів зменшує загальний відсоток токсичних викидів, особливо у старіших автомобілях. Крім підвищення комфорту та зменшення викидів, передпусковий підігрів двигуна знижує його знос та витрату палива.

Обґрунтовано доцільність застосування автономних підігрівачів для автотранспортних засобів. Для автомобілів з ДВЗ це дозволяє забезпечити комфортний мікроклімат, а для електромобілів - збільшити запас ходу на 25-50% у сильні морози. З фінансової точки зору, підігрівачі є більш економічними порівняно зі штатною системою опалення, хоча початкова вартість пристроїв значна.

автотранспортні засоби, салон, мікроклімат, обігрів салону, підігрівач, охолоджувана рідина, теплова енергія двигуна, теплообмінник

Постановка проблеми. Чисельність парку автотранспортних засобів в Україні щорічно зростає. За даними Інституту досліджень авторинку, складає близько 10 мільйонів одиниць. Щорічний приріст їх кількості лише у категорії М1 становить близько 80 тис. од. Середній вік автотранспортних засобів (АТЗ) перевищує 22 роки, що беззаперечно свідчить про застарілість автомобільної техніки в Україні. Такі автомобілі мають низький клас екологічної відповідності (Euro-3), більший рівень споживання палива під час першого пуску двигуна і його подальшого прогріву та значні часові інтервали прогріву.

Це призводить до збільшених у зимовий період витрат часу на очікування водієм досягнення необхідних температурних режимів основних систем автомобіля та збільшує фінансові витрати на спожите паливо. Сучасний зимовий клімат в Україні є досить помірним, проте доволі часто спостерігаються різкі перепади температур від +5 до -10 °С й нижче, що призводить до появи обледеніння автомобіля та суттєво ускладнює можливість швидкого початку його експлуатації. Для покращення показників екологічності та швидкості прогріву, власник АТЗ може встановити

передпусковий підігрівач, який дозволяє заощадити час та зменшити викиди токсичних речовин до атмосфери, а також позитивно вплине на зменшення рівня зносу його двигуна. На ринку України представлені різні види автономних підігрівачів, які відрізняються за типами, характеристиками, вартістю та складністю застосування. Це надає власнику автомобіля можливість обрання раціонального варіанту, який найкращим чином задовольняє саме його вимогам та потребам.

На поточний момент спостерігається значне підвищення попиту на передпускові підігрівачі, що зумовлює доцільність та перспективність фахового надання послуг із оснащення автомобілів такими системами із подальшим їх експлуатаційним обслуговуванням. В той час, слід зазначити, що у регіоні, серед провідних автосервісних підприємств, відсутні сертифіковані дилерські представники такої продукції відомих світових брендів, а послуги із монтажу підігрівачів надає лише декілька з них. Це свідчить про незаповненість даного сегменту ринку та створює підґрунтя для запровадження на підприємстві такого виду послуг, за умови попередньої сертифікації та навчання виробничого персоналу.

Аналіз даної проблематики показав, що при виборі підігрівача власники автомобілів, в першу чергу, виходять із наявної у них купівельної спроможності й орієнтуються на рівень потрібних фінансових витрат, інколи відмовляючись від придбання певного приладу з-за складності виконання процедури його технічної інтеграції до конструкції автомобіля. Іншим, не менш важливим стримуючим фактором виступає й вірогідність виходу із ладу такого пристрою у гарантійний період його експлуатації. Єдиним виходом із такої ситуації є здійснення обґрунтованого вибору конструкції підігрівача, яка б у повній мірі відповідала індивідуальними експлуатаційним умовам кожного автомобіля при фаховому проведенні монтажних та сервісних операцій.

Зазначене потребує проведення ґрунтовних досліджень особливостей конструкції та робочих характеристик таких приладів, виконання порівняльної оцінки ефективності їх роботи та визначення доцільності застосування. Лише при виконанні таких умов можливе забезпечення правильного й обґрунтованого вибору пристрою для конкретного автомобіля з урахуванням умов його експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження питань, що стосуються характеристики процесів формування мікроклімату в салонах автотранспортних засобів на сьогодні ще не знайшли належного висвітлення у науковій літературі. Окремі проблеми, які стосуються систем забезпечення мікроклімату салону легкового автомобіля з елементами мехатронних систем відображені в роботах Решетила А.О., Решетила О.М., Гуменюка П. О., Маркіної Л. М. [1]. Питання, що стосуються впливу передпускового підігріву двигуна на характеристики його роботи в умовах підвищених обертів холостого ходу знайшли відображення у публікаціях Сітовського О.П., Деркача В.Л. [2].

Загальновідомо, що системи вентиляції, кондиціонування та підігріву повітря салонів АТЗ призначені для підтримання належного стану повітряного середовища та мікроклімату в салоні автомобіля в залежності від потреби водія та пасажирів [3].

Знаходячись у салоні (кабіні) автомобіля, людина відчуває себе комфортно лише у певному діапазоні значень температури й вологості навколишнього повітря. При цьому самопочуття водія є найважливішим фактором, що визначає його готовність і здатність забезпечити процес керування автомобілем, що вирішальним чином впливає на безпеку дорожнього руху (БДР). Комфортна температура повітря в салоні автомобіля безпосередньо залежить від температури навколишнього (зовнішнього) середовища й величини повітрообміну між ним й простором салону АТЗ.

Дослідженнями науковців доведено, що організм людини на відкритому повітрі найбільш комфортно почувається за температури 16...18 °С. Разом із тим, для салонів АТЗ рекомендовані більш високі температурні показники, оскільки вони представляють собою закритий простір. Спеціалісти зазначають, що оптимальною температурою в салонах автотранспортних засобів є температура $+22\pm 2$ °С, яка є найбільш комфортною для людини (в першу чергу водія) й сприяє найбільшій його концентрації за кермом [4].

Некомфортні для водія температури також впливають на його психологічний стан та можуть викликати відчуття дискомфорту, підвищеної дратівливості й призводити до погіршення працездатності і концентрації водія та врешті стати причиною виникнення дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) .

На даний час єдиного нормативного документа, який би встановлював температурні показники в салонах автомобілів різних класів не існує. У США Національна рада безпеки дорожнього руху (NHTSA) рекомендує дотримуватися значень температури повітря в салонах автомобілів не меншими за +16 °С й не вищими за +26 °С. Такі рекомендації базуються на дослідженнях, які показали, що при температурі в салоні автомобіля нижче +16°С люди можуть відчувати себе дискомфортом та не можуть зосередитися на керуванні автомобілем [5].

Все вище зазначене свідчить про важливість розгляду питань, пов'язаних із формуванням комфортного мікроклімату в салонах АТЗ. Проте, комплексних досліджень, спрямованих на обґрунтування раціональної технології формування мікроклімату в салонах автотранспортних засобів, що експлуатуються в зимовий період нині не здійснюються.

Постановка завдання. Метою даної статті є обґрунтування раціональної технології формування мікроклімату в салонах автотранспортних засобів, що експлуатуються в кліматичній зоні України, при низьких температурних показниках навколишнього середовища, що зумовлює вирішення наступних завдань:

- провести аналіз основних факторів, що впливають на забезпечення та підтримку необхідного рівня мікроклімату в салонах автотранспортних засобів та існуючих методик їх реалізації;
- виконати порівняльний аналіз існуючих методик та технічних рішень, які застосовуються для швидкого прогріву двигунів та салонів автомобілів;
- виконати порівняльну оцінку ефективності роботи різних видів автономних підігрівачів та дослідити їх вплив на навколишнє середовище;
- визначити умови застосування автономних підігрівачів різних типів в конструкціях автотранспортних засобів та виконати порівняльний аналіз економічної доцільності від їх використання.

Виклад основного матеріалу. Аналіз результатів попередніх досліджень свідчить, що для створення комфортного мікроклімату в салоні АТЗ автовиробниками забезпечуються наступні заходи:

- температура поверхонь внутрішніх елементів салону АТЗ змінюється від температури повітря в салоні на ± 3 °С;
- салон повинен бути обладнаним засобами захисту від механічних дій та сонячної радіації, теплозахисту від працюючого двигуна, коли забезпечується залишкове теплове опромінення водія салону - не більше 35 Вт/м² та від вікон - не більше 100 Вт/м²;
- системи вентилявання, опалення й кондиціонування повітря забезпечують оптимальне регулювання руху повітряних потоків у салоні транспортного засобу і усувати запотівання та обмерзання скляних елементів;

- контроль за станом повітряного середовища в салоні АТЗ здійснюється з урахуванням виду палива, на якому працює його силова установка (двигун) і забезпеченням концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони водія при роботі ДВЗ на бензині не більше: вуглеводнів С - 300 мг/м^3 , окису вуглецю - 20 мг/м^3 , окислів азоту - 5 мг/м^3 , свинцю - $0,01 \text{ мг/м}^3$ (середньозмінна ГДК не вище $0,07 \text{ мг/м}^3$) для етилованого бензину; метанолу - 5 мг/м^3 , формальдегіду - $0,5 \text{ мг/м}^3$ для метилованого бензину або чистого метанолу; акролеїну - $0,2 \text{ мг/м}^3$ для дизельного палива;

- АТЗ не допускається до експлуатації, якщо його салон не має утеплювачів чи килимків, що передбачені технічною документацією;

- загальна освітленість у салоні (кабіні) АТЗ на рівні панелі приладів не менше 10 лк;

- рівні шуму (звуку) й еквівалентні рівні шуму (звуку) в салоні АТЗ не більші 60 дБА [5].

Оцінка значень температурних показників в салонах автомобілів може здійснюватися за допомогою різних методик. Однією із цих методик передбачено використання спеціальних датчиків, які вимірюють температуру в салоні. Дані датчиків збираються у продовж певного періоду часу та на основі отриманих даних розраховується середня температура в салоні автомобіля [6].

Сучасні автомобілі оснащені кліматичними системами із уже вбудованими датчиками температури, що дозволяє автоматично визначати й розраховувати температуру повітря, що подається. Методика, яка передбачає застосування тепловізорів, є кращою, так як дозволяє проводити виміри температур у декількох автомобілів одночасно й може бути застосована для діагностування технічного стану та ефективності функціонування кліматичної системи.

Система опалення, вентиляції та кондиціонування повітря АТЗ включає до 20 різних серводвигунів, два рідинні клапани системи обігріву, компресор кондиціонера (для охолодження та зниження рівня вологості), а також вентилятор (для інтенсифікації процесів постачання повітряних потоків до об'єму салону). Додатково блок управління може керувати підігрівом вітрового та заднього скла, контролювати та активувати роботу інших підсистем; так, наприклад, існують кліматичні системи, блок керування яких контролює понад 100 контактів для обробки вхідних та вихідних сигналів.

Більшість автовиробників для опалення салону використовують енергію, що генерується двигуном (у разі, якщо ним є ДВЗ) автомобіля, через простоту конструкції, низьку вартість й надійність роботи даної системи. У найбільш простому й поширеному конструктивному виконанні, тепло (енергія) від ДВЗ відводиться охолоджувальною рідиною із системи його охолодження до системи опалення салону (кабіни), яка є їх складовою частиною загальної системи.

Виявлено, що основні фактори, що впливають на забезпечення та підтримку необхідного рівня мікроклімату в салонах автомобілів, є зовнішні та внутрішні. До зовнішніх факторів відносять: температуру навколишнього середовища, умови стоянки автомобіля, вологість повітря, швидкість вітру. У складі внутрішніх факторів доцільно виділити: тип силової установки (двигуна) АТЗ (бензиновий, дизельний, електричний або гібридний) – визначає час його прогріву, герметичність та щільність елементів кузова, наявність додаткових підігрівачів двигуна та салону, теплоізоляція кузова, кількість пасажирів, діяльність пасажирів.

Оскільки вплив температурних показників повітря та елементів салону автомобіля на стан водія та на час його реакції є вирішальним, то для виключення або мінімізації цього впливу, мікроклімат салону повинен бути сприятливим та стабільним. Разом з тим, не завжди штатна система опалення салону може забезпечити оптимальні температурні умови та ще й у короткі часові інтервали, враховуючи її пряму залежність

від температури охолоджувальної рідини двигуна. В таких випадках доцільним буде застосування спеціальних пристроїв - передпускових підігрівачів двигуна та/або салону автомобіля, але для цього потрібно провести ряд досліджень щодо оцінки та порівняння їх техніко-економічних характеристик.

На ринку технічних засобів наявні передпускові підігрівачі для легкових та вантажних автомобілів. В більшості вони є додатковим видом обладнання та дозволяють виконувати комплекс заходів. Передусім вирішується як із підігріву силової установки автомобіля забезпечити кращі пускові умови (зниження навантаження на акумуляторну батарею та стартер) та оптимізацію початкових режимів роботи трибоспряджень деталей двигуна (за рахунок зменшення сил тертя та забезпечення присутності на їх поверхнях плівки оливи) так й покращення рівня комфорту водія та пасажирів в салонах [7].

Наявність передпускових підігрівачів дозволяє забезпечити: підвищений комфорт і безпеку руху; попередній нагрів зменшує викиди токсичних речовин ДВЗ автомобіля. Запуск холодного двигуна та його прогрів супроводжуються більшими токсичними викидами. Прогрітий ДВЗ автомобіля споживає менше пального, а попередній підігрів суттєво зменшує зношування трибоспряджень деталей.

Виявлено, що з огляду на різні принципи організації та реалізації робочих процесів у передпускових підігрівачах різних типів, доцільним є визначення ефективності їх роботи та проведення порівняльної оцінки їх основних техніко-економічних показників.

Найбільш розповсюджені системи передпускового підігріву поділяються за типом джерела енергії – електричні, що працюють від батареї або штатної електромережі автомобіля та рідинні, які використовують різні види рідкого палива.

Рідинні системи передпускового підігріву є найбільш поширеними, а їх конструкцією передбачена робота на тому ж паливі, що й ДВЗ автомобіля із під'єднанням до основного паливного баку автомобіля. Це забезпечує уникнення низки проблем, серед яких основними є: необхідність використання у автомобілі додаткового паливного баку, який потребує певного простору для його розміщення (під капотом, в нішах крил, багажному відділенні тощо) та втручання у систему паливоподачі, оскільки паливо закачується у камеру згорання підігрівача додатковим (власним) насосом, який знаходиться або безпосередньо у самому пристрої, або монтується окремо. В камері згорання такого пристрою паливо-повітряна суміш займається внаслідок контакту із керамічним стрижнем електроду нагрітим від штатної акумуляторної батареї (АКБ) автомобіля до високих температур.

Виділена теплова енергія передається на теплообмінник й нагріває рідину (антифриз) системи охолодження ДВЗ та далі прокачується насосом по всій системі охолодження й досягає теплообмінника (радіатора) штатної системи опалення салону автомобіля.

Це дозволяє прогрівати одночасно не тільки ДВЗ, а й салон автомобіля. Режими обігріву визначаються та контролюються блоком керування підігрівача, який відповідає за роботу штатного вентилятора системи опалення салону автомобіля та забезпечує початок його роботи при досягненні температурних показників антифризу $+25...+30$ °C.

При досягненні заданого значення температури антифризу, підігрівач знижує потужність та переходить в режим очікування й підтримки температури (не нижче заданої). Такі системи, як правило, оснащені й модулями дистанційного керування, що дозволяє водію керувати прогрівом автомобіля за допомогою пульта дистанційного керування або модулю GPS із власного смартфона, знаходячись на певному віддаленні

від автомобіля. Більш дешеві версії комплекту передпускового обладнання не мають в своїй конфігурації пульту дистанційного керування, який замінюють таймером та блоком керування, що програмується на увімкнення у певний час, та дозволяють керувати установкою безпосередньо із салону автомобіля.

Недоліками рідинних підігрівачів є складність розміщення обладнання на автомобілі та необхідність регламентного обслуговування цієї системи. З'ясовано, що не можна допускати потрапляння повітря в систему, адже це може спричинити вихід із ладу підігрівача й стати навіть причиною займання автомобіля.

Слід також відзначити, що страхові компанії можуть відмовити у страхуванні автомобіля, у разі відсутності відповідної дозвільної документації про нормативність встановлення та фаховість обслуговування передпускового підігрівача сертифікованими підприємствами. Обслуговування рідинних підігрівачів повинно проводитись кожні 2 роки й лише у спеціалізованих сервісних центрах та передбачає ряд обов'язкових операцій, серед яких: перевірку контактів електричного ланцюга, герметичності системи, роботу насосу, відсутності бруду в системі або охолоджуючій рідині тощо.

Більшість таких підігрівачів під'єднується й споживає енергію від штатної електричної мережі автомобіля, тому її АКБ повинен підтримувати функції багатократних «заряд/розрядів», й мати певний запас резервної ємкості задля забезпечення його потужності як на забезпечення роботи підігрівача, так й на запуск ДВЗ. Виробники передпускових підігрівачів рекомендують встановлювати АКБ, що виготовлені за технологією AGM із підвищеною ємкістю (від 70 А/год) та здатні витримувати великі циклічні навантаження й добре тримають заряд [8].

Іншим видом такого виду пристроїв, є повітряні підігрівачі, призначення яких полягає лише у обігріві салону автомобіля - вони користуються попитом переважно у країнах із помірним кліматом та коштують дешевше ніж паливні рідинні підігрівачі. Повітряні підігрівачі поділяються на декілька груп. До першої групи відносяться ті, що живляться від зовнішніх джерел електроструму, а до другої – що використовують електричну мережу автомобіля та споживають енергію від його АКБ; треті – є автономними пристроями та працюють на рідких видах палива.

Перевагою перших є те, що вони є універсальними й не потребують заміни базової АКБ автомобіля на більш потужну, не вимагають додаткового обслуговування й не впливають на екологічні показники автомобіля. Основним їх недоліком можна вважати меншу зручність використання, адже щоразу потрібно підключати підігрівач до джерела зовнішнього струму, а потім відключати його після прогріву салону автомобіля. Тому даний вид підігрівачів є більш актуальним для власників АТЗ, які мешкають у приватних будинках та/або мають власні гаражі.

Перевагою пристроїв другої групи є можливість запуску у будь-яких експлуатаційних умовах, так як вони живляться безпосередньо від електромережі самого автомобіля. Разом із тим, їх робота вимагає заміни штатної АКБ на більш потужну, що можна віднести до недоліків.

Основною перевагою пристроїв третьої групи є їх автономність за рахунок вбудованої власної енергетичної установки, відсутність перевантаження електромережі автомобіля та/або внесення змін до її конфігурації. До недоліків цієї групи пристроїв, відносять підвищені показники вартості, необхідність правильного облаштування системи відведення відпрацьованих газів, негативний вплив на оточуюче середовище та, при неправильній організації роботи – погіршення самопочуття водія та пасажирів й навіть можливість виникнення нещасних випадків під дією шкідливих речовин, що містяться у їх відпрацьованих газах.

До останньої групи підігрівачів відносяться пристрої призначені для підігріву лише охолоджуючої рідини системи охолодження ДВЗ, натомість як здійснення функції опалення салону ними загалом не передбачається. Проте, навіть такі підігрівачі можуть покращити рівень комфорту водія та пасажирів – після запуску двигуна та ввімкнення штатної системи опалення салону, за рахунок попередньо підігрітої охолоджуючої рідини до салону автомобіля одразу надходить вже тепле повітря. Даний вид підігрівачів є найбільш бюджетним варіантом; контроль за часом та температурою нагріву охолоджуючої рідини покладається лише на водія автомобіля й визначає основний ризик - необхідність обов'язкового контролю роботи підігрівача, оскільки існує висока ймовірність перегріву рідини та ДВЗ й можливість виникнення осередків займання. На сьогодні на ринку вже реалізуються й більш дорогі версії приладів такого типу, які оснащені таймером та датчиком контролю рівня підігріву охолоджуючої рідини із функцією автоматичного вимикання [9].

Також не можна не відмітити, що сучасні охоронні системи автомобілів мають функцію дистанційного запуску ДВЗ, яка дозволяє віддалено прогріти автомобіль і його салон. Функція активується у разі, якщо перед встановленням на охорону автомобіля водій налаштує кондиціонер на підігрів та виставить необхідні температурні показники. Дана функція корисна не тільки взимку для прогріву, а й влітку - дистанційний запуск двигуна автомобіля та системи кондиціонування дозволить охолодити салон до встановленої температури.

Перевагами цього способу є відносна дешевизна системи та можливість її створення власноруч. Доведено, що за допомогою комунікації із автомобілем через GSM-модуль та смартфон забезпечується можливість дистанційного запуску ДВЗ автомобіля на досить великих відстанях [9].

Недоліками даної системи є безпекові й екологічні обмеження щодо запуску й тривалості роботи ДВЗ автомобіля, до яких відносяться:

1. Штрафні санкції, які діють у країнах Євросоюзу (ЄС) та категорично забороняють роботу двигуна автомобіля при відсутності безпосереднього контролю з боку водія, що робить використання такого методу прогріву недоречним.

2. Важіль коробки передач (КП) повинен бути встановлений у положення «Parking» (для автомобілів із автоматичними трансмісіями) або у «нейтральному» положенні (для механічних КП) та активованим стоянковим гальмом. Дотримання цих вимог може бути порушено через людський фактор, що призведе або до унеможливлення запуску ДВЗ (на автомобілях із автоматичними трансмісіями), або до випадкового руху автомобілів (із класичними типами трансмісій) із високою вірогідністю виникнення ДТП та травмування людей.

3. Необхідність розміщення автомобіля лише на відкритому майданчику задля запобігання отруєння водія, пасажирів та оточуючих шкідливими речовинами, що містяться у відпрацьованих газах ДВЗ.

4. Підвищений рівень споживання палива двигуном в режимі прогріву навіть у порівнянні із рівнем палива спожитим за аналогічний період часу автономним передпусковим паливним підігрівачем.

5. Підвищена токсичність відпрацьованих газів на режимі прогріву, що обумовлена запізненням їх нейтралізації у каталітичному нейтралізаторі системи випуску ДВЗ, який починає ефективний процес знешкодження лише після прогріву до температури 350 °C й вищої.

6. Недостатній рівень нагріву салону автомобіля (до комфортних значень температур) так як регламентована та обмежена тривалість роботи пристрою становить близько 10 хв.

7. Неузгодженість взаємодії із базовою (штатною) охоронною системою автомобіля, яка вирішується лише при встановленні додаткової охоронної системи.

8. На деяких автомобілях існує необхідність встановлення модулів обходу штатного іммобілайзера для реалізації дистанційного запуску без ключа запалення, або необхідність залишання ключа в замку запалення (всередині автомобіля), що негативно впливає на рівень його захищеності від угону. В разі викрадення такого автомобіля більшість страхових компаній не погодяться на відшкодування компенсації власнику з причини порушення його безпеки.

9. Система автозапуску ефективна при температурах навколишнього середовища до -10°C ; при більш низьких температурах повітря можливий ускладнений запуск ДВЗ через розрядження АКБ, підвищені в'язкості моторної оливи та палива (особливо дизельного) та збільшення зносу двигуна.

Перераховані недоліки використання охоронних систем із автозапуском переважають існуючі переваги та не в змозі ефективно вирішити проблему покращення мікроклімату салону автомобіля.

На сьогодні найбільш поширені на ринку автономних передпускових підігрівачів є системи підігріву компанії «Webasto» моделі «Thermo Top», в залежності від комплектації та функцій керуючого пристрою мають більш високий ціновий діапазон від 25,0 до 35,0 тис. грн. (без вартості установки).

В процесі проведення даного дослідження виявлено вплив автономних підігрівачів різних типів на навколишнє середовище, дослідження виконували в декілька етапів.

На першому етапі була проведена порівняльна оцінка рівнів токсичності відпрацьованих газів ДВЗ для двох варіантів його роботи: без попереднього підігріву та із підігрівом. При проведенні аналізу до уваги не бралися викиди самого підігрівача, так як є можливість використання їх конструкцій із автономним електричним живленням.

З точки зору екологічної ефективності, електричний автономний підігрівач визначено оптимальним варіантом, це можливо обґрунтувати тим, що попередній електричний нагрів може зменшити викиди твердих часток C_nH_m від бензинових автомобілів до 92%, значно покращуючи якість повітря, особливо в умовах міста, а викиди NO_x - для бензинових автомобілів до 52% й для дизельних - до 38%.

В той час як зниження у відсотковому відношенні є більш суттєвим для бензинових автомобілів, ефект (г/км) буде більш значним для дизельних автомобілів (-37 г/км проти -18 г/км) через їх вищі викиди NO_x . Електричний попередній нагрів може зменшити викиди CO_2 бензинових автомобілів до 17% й дизельних - до 22% з більш вираженим ефектом саме для дизельних автомобілів, незважаючи на їх менші викиди CO_2 (-56 г/км для дизельних у порівнянні із - 53 г/км для бензинових). Крім того, попередній підігрів майже усуває викиди C_nH_m й CO , які є шкідливими забруднювачами атмосфери.

Враховуючи той факт, що значні обсяги електроенергії в Україні генеруються на ТЕС й продовжує експлуатуватися чимала кількість автомобілів із експлуатаційними термінами понад 25 років, можна стверджувати, що шкідливі викиди від роботи паливних передпускових підігрівачів автомобілів не погіршать екологічну ситуацію навіть при їх масовому використанні.

Обґрунтовано, що передпусковий підігрівач є дійсно ефективним приладом, який дозволяє зменшити як вміст токсичних речовин у відпрацьованих газах ДВЗ, мінімізувати процес його зношування, забезпечити помірні витрати палива й суттєво підвищити рівень комфорту для водія та пасажирів автомобіля

Оцінюючи умови створення оптимального для водія та пасажирів легкового автомобіля мікроклімату в салоні, в першу чергу розглядають саме його температурні показники, через те, що холодне повітря салону автомобіля знижує реакції водія, а тактильні дотики до охолоджених засобів керування (рульового колеса, важеля перемикачів КП, важеля стоянкового гальма та ін.) лише підвищують рівень дискомфорту. До того ж, холодне повітря салону визначає появу мікрокрапель вологи, яка виділяється під час дихання людини й неминуче конденсується на найбільш охолоджених поверхнях, якими в першу чергу є внутрішні поверхні скла, покриваючи їх непрозорим шаром інею. Це створює додаткові перешкоди для можливості початку руху автомобіля й вимагає проведення процедури прогріву салону. Зазначене інтенсифікується із зниженням температури навколишнього середовища та тривалим часом простою автомобіля при таких температурах після зупинки ДВЗ.

Загальновідомо, що час прогріву двигуна для кожного автомобіля є його індивідуальною характеристикою, яка визначається конструктивними параметрами (типом ДВЗ та його технічними станом, видом палива, що споживається та ін.) та експлуатаційними факторами (режимами роботи ДВЗ, температурними режимами повітря та ін.). При цьому одні автомобілі прогріваються швидше, в той час як інші прогріті дуже важко, особливо при роботі в режимі холостого ходу.

Для визначення часових діапазонів потрібних для прогріву ДВЗ до температур, що забезпечують оптимальні умови руху у нормальному експлуатаційному режимі та салонів автомобілів до $+20^{\circ}\text{C}$ за різних температур навколишнього середовища, необхідні оціночні дослідження. Для об'єктивності розв'язання даного питання, до експерименту були залучені легкові автомобілі компанії «Skoda» із різними потужностями ДВЗ та різним паливом, що споживається: «Skoda Octavia III 2.0 TDI» (дизель), «Skoda Octavia I 1.8 TSI» (бензин) та «Skoda Fabia III 1.2 TSI» (бензин). Результати проведеного дослідження підтверджують, що час потрібний на опалення салону сучасного автомобіля при роботі штатної системи опалення, яка передбачає запуск й роботу двигуна, порівнюється до часових інтервалів прогріву салону автомобіля автономними паливними підігрівачами. Якщо ж розглянути менш досконалі й більш старі автомобілі (випуску до 2000 р.) у сегменті А-С класів, які мають конструктивно гірші характеристики роботи систем опалення їх салонів, то можна визнати, що час прогріву без використання попереднього підігріву буде значно більший.

Що ж стосується автомобілів класу М1 оснащених електричними силовими установками, то за результатами проведених тестів було встановлено, що більшість із них взагалі не здатні самостійно нагріти салони до температури $+20^{\circ}\text{C}$ менш ніж за 1 год. при температурі навколишнього середовища -10°C [10]. Як виявилось популярні електромобілі «Renault Zoe» та «Tesla Model Y» забезпечують прогрів салону лише до $+15^{\circ}\text{C}$ лише через 40 хв. роботи, при цьому це є граничною величиною температури - подальший прогрів не забезпечує її зростання. Подібні результати встановлені й для електромобілів компанії «Volkswagen» (моделі ID), які забезпечують температуру в салонах до $+20^{\circ}\text{C}$ за 24,5 хв. роботи.

Разом з тим, не слід забувати про те, що використання штатних систем опалення на електромобілях суттєво скорочує початковий запасу їх ходу (пробігу). Дослідженнями встановлено, що скорочення пробігу для автомобілів із електричними двигунами «Volkswagen ID» складає 25...40%, а для найбільш масових й популярних в Україні «Nissan Leaf» цей показник загалом становить 37...50%, що фактично є критичним для умов зимової експлуатації, особливо за межами міста.

Доцільність встановлення додаткових обігрівачів салонів для власників електромобілів є навіть більш актуальною, ніж для власників автомобілів із ДВЗ.

Оптимальним варіантом для автомобілів на електроприводі є електричні провідні повітряні, які до речі залишають незмінною саму основну концепцію електромобілів - нульові експлуатаційні викиди до атмосфери. Разом із тим, застосування паливних повітряних підігрівачів є більш ефективним, так як його робота не зменшує запас ходу електромобіля, однак для її реалізації потрібно встановлювати додатковий паливний бак.

Визначаючи ефективність роботи автономних підігрівачів повітря в салонах автомобілів потрібно оцінювати різні складові витрат до яких відносяться: витрати пов'язані із придбання приладу, витрати на його установку та енергоносії, які споживаються ним в процесі виконання функціонального призначення.

Вартість витрат на монтаж автономних підігрівачів повітря, за даними автосервісних підприємств України, є змінною й визначається трудомісткістю й складністю технологічних операцій й коливається у діапазоні 1,5...10,0 тис. грн. Витрати пов'язані із безпосереднім робочим процесом підігрівачів залежать від часу їх роботи, обсягів спожитого ресурсу та його виду (електроенергія, дизельне паливо або бензин). На першому етапі визначимо витрати палива на прогрів салону автомобіля штатною системою опалення, яка задіяна від робочого процесу двигуна, без інтегрованого у систему автономного підігрівача. Так як, салон середньостатистичного автомобіля лише при роботі його ДВЗ прогріватиметься за 20 хв., усереднені показники витрати палива складатимуть близько 0,5 л (наприклад, бензину) [11], що оцінюється 28 грн. на додаткову витрату палива (з розрахунку вартості 1 л. бензину А95 на рівні 56,0 грн./л).

Розрахунок вартості прогріву салонів АТЗ із використанням підігрівачів різних типів проводять за залежностями:

$$- \text{для паливних підігрівачів} \quad C_1 = T \cdot Q \cdot F + P \cdot D; \quad (1)$$

$$- \text{для електричних підігрівачів} \quad C_2 = T \cdot P \cdot D, \quad (2)$$

де T – час роботи приладу, год.;

Q – витрата палива, л/год.;

F – вартість палива, грн./л.;

P – витрати електронагрівача, кВт/год.;

D – вартість електроенергії, грн./кВт.

Оцінка визначених витрат коштів на роботу автономних підігрівачів різних типів впродовж 20 хв. (0,33 год.) на основі їх технічних характеристик (рис. 1).

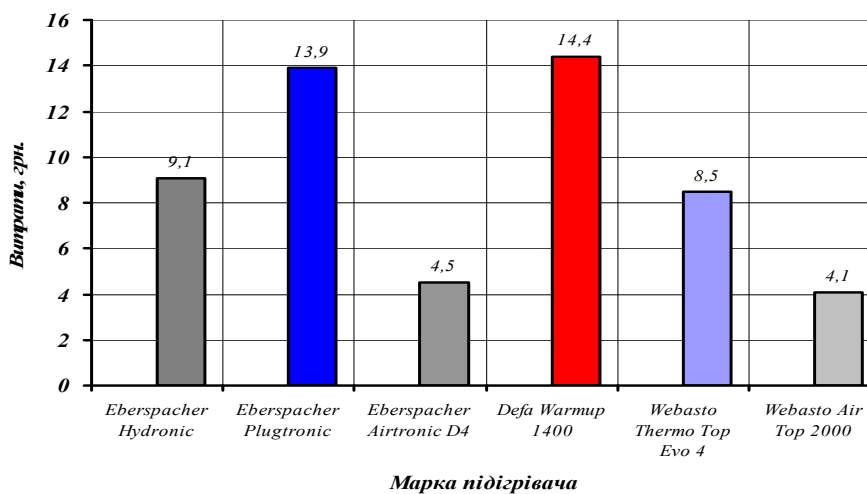


Рисунок 1 – Порівняльні витрати коштів на 20 хв. роботи автономних підігрівачів різних типів

Джерело: розроблено авторами

Можна бачити, що вартість однократного підігріву електричними підігрівачами є на 50% більшою ніж паливним підігрівачем. Якщо ж визначати економічність таких приладів в більш тривалому часовому вимірі то слід підрахувати мінімальну кількість можливих активацій підігрівачів за весь зимовий період впродовж одного року. Визначено, що середньостатистичний водій АТЗ після довгої стоянки запускає двигун автомобіля в середньому не частіше 2 разів за добу (зранку вдома та після закінчення роботи) у робочі дні та лише 1 раз у вихідні – маємо 12 запусків на тиждень. При цьому, прогрів без підігрівача 12 разів коштуватиме $C = 12 \cdot 28,0 = 336,0$ грн., тоді як із використанням, наприклад, комплекту «Webasto Thermo Top Evo 4» тиждень використання, становитиме $C = 12 \cdot 8,5 = 102,0$ грн., що на 234,0 грн. дешевше, а за місяць економія складе 936,0 грн.

Підсумовуючи результати дослідження можна стверджувати, що використання автономних підігрівачів є більш економічним, порівняно зі штатною системою опалення.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. В процесі дослідження визначено оптимальні температурні показники для створення комфортного мікроклімату в салоні легкового АТЗ. Обґрунтовано, що альтернативою опалення салону АТЗ є використання автономних підігрівачів.

2. На основі оцінювання ефективності роботи автономних підігрівачів різних типів, встановлено, що всі вони ефективно виконують свою функцію прогріву охолоджувальної рідини або повітря в салоні автомобіля та здатні забезпечити необхідний мікроклімат в салоні АТЗ взимку. Доведено, що використання паливних передпускових підігрівачів зменшує загальний відсоток токсичних викидів в атмосферне повітря, знижує знос двигуна АТЗ, витрати палива та, відповідно фінансові витрати в процесі їхньої експлуатації.

3. Перспективи подальших досліджень вбачаємо у визначенні параметрів практичної інтеграції автономних підігрівачів до штатної системи охолодження двигуна автомобіля та обґрунтуванні економічної ефективності й термінів окупності найбільш популярних автономних пристроїв для підігріву салонів автотранспортних засобів з урахуванням складових витрат щодо їх придбання, установки та умов експлуатації.

Список літератури

1. Решетило А. О., Решетило О. М., Гуменюк П. О., Маркіна Л. М. Системи забезпечення мікроклімату салону легкового автомобіля. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2017. №26. С. 227-232.
2. Сітовський О.П., Деркач В.Л. Визначення впливу передпускового підігріву на характеристику роботи двигуна з підвищеними обертами холостого ходу. *Наукові нотатки*. 2014. №44. С. 282-285.
3. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. / Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. та ін. Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД», 2017. 370 с.
4. What is the most suitable temperature for the vehicle interior? Avtotachki : веб-сайт. URL: <https://uk.avtotachki.com/>.
5. Winter weather driving tips. NHTSA: веб-сайт. URL: <https://www.nhtsa.gov/winter-driving-tips>.
6. How do air conditioning systems work in a car? Universal Technical Institute : веб-сайт. URL: <https://www.uti.edu/blog/automotive/air-conditioning>.
7. What is Webasto? Advantages and disadvantages and installation cost. Moje Auto : веб-сайт. URL: <https://www.moje-auto.pl/en/blog/tips/what-is-webasto>
8. Preheater types. Powerheat : веб-сайт. URL: <https://powerheat.nl/preheater-types/>.
9. The pros and cons of remote starters. Car RC : веб-сайт. URL: https://www.carreviewsncare.com/the-pros-and-cons-of-remote-starters/#google_vignette.
10. Elektroauto im Winter: So wirkt sich Kälte auf Verbrauch und Reichweite aus. ADAC : веб-сайт. URL: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-reichweite-winter/>.
11. Автомобілістам розповіли, скільки пального витрачає машина під час прогріву. TSN : веб-сайт. URL: <https://tsn.ua/auto/news/avtomobilistam-rozpozvili-skilki-palnogo-vitrachaye-mashina-pid-chas-progrivu-1729891.html>

References

1. Reshetylo, A.O., Reshetylo, O.M., Humeniuk, P.O., & Markina, L.M. (2017). Systemy zabezpechennia mikroklimatu salonu lehkovoho avtomobilia [Microclimate systems for passenger car interior]. *Kompiuterno-intehrovani tekhnolohii: osvita, nauka, vyrobnytstvo - Computer-integrated technologies: education, science, production*, 26, 227-232 [in Ukrainian].
2. Sitovskiy, O.P., & Derkach, V.L. (2014). Vyznachennia vplyvu peredpuskovoho pidihryvu na kharakterystyky roboty dvyhuna z pidvyshchenymy obertamy kholostoho khodu [Determination of the influence of pre-start heating on the performance characteristics of the engine at high idle speeds]. *Naukovi notatky - Scientific notes*, 44, 282-285 [in Ukrainian].
3. Aulin, V.V., Holub, D.V., & Hrynkiv A.V. (2017). Metodolohichni i teoretychni osnovy zabezpechennia ta pidvyshchennia nadiinosti funktsionuvannia avtomobilnykh transportnykh system [Methodological and theoretical foundations of ensuring and improving the reliability of the functioning of automobile transport systems] Kropyvnytskyi: Vydavnytstvo TOV «KOD» [in Ukrainian].
4. Site Avtotachki. What is the most suitable temperature for the vehicle interior? Retrieved from: <https://uk.avtotachki.com/> [in English].
5. Site NHTSA. Winter weather driving tips. Retrieved from: <https://www.nhtsa.gov/winter-driving-tips> [in English].
6. Site Universal Technical Institute. How do air conditioning systems work in a car? Retrieved from: <https://www.uti.edu/blog/automotive/air-conditioning> [in English].
7. Site Moje Auto. What is Webasto? Advantages and disadvantages and installation cost. Retrieved from: <https://www.moje-auto.pl/en/blog/tips/what-is-webasto> [in English].
8. Site Powerheat. Preheater types. Retrieved from: <https://powerheat.nl/preheater-types/> [in English].
9. Site Car RC. The pros and cons of remote starters. Retrieved from: https://www.carreviewsncare.com/the-pros-and-cons-of-remote-starters/#google_vignette [in English].
10. Site ADAC. Elektroauto im Winter: So wirkt sich Kälte auf Verbrauch und Reichweite aus. Retrieved from: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-reichweite-winter/> [in English].
11. Sait TSN. Avtomobilistam rozpovily, skilky palnogo vytrachaie mashyna pid chas prohrivu [Site TSN. Motorists were told how much fuel the car consumes during warm-up]. Retrieved from: <https://tsn.ua/auto/news/avtomobilistam-rozpovily-skilki-palnogo-vitrachaye-mashina-pid-chas-progrivu-1729891.html> [in Ukrainian].

Viktor Aulin, Prof., DSc., **Mykhailo Mahopets**, Master

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Formation of the microclimate in the cabins of motor vehicles by heaters of various designs

The article is devoted to the substantiation of the rational technology of microclimate formation in the cabins of motor vehicles operated in the climatic zone of Ukraine, at low temperature indicators of the environment based on the use of heaters of various designs.

The impact of high and low temperatures in the car interior on the condition of the driver and passengers was determined. It was determined that the optimal temperature values are +16...+26 °C and must be provided by a ventilation, heating and air conditioning system. Failure of these systems should preclude further operation of the vehicle. For heating, the thermal energy of the engine is used through the heated coolant passing through the heat exchanger. This design is simple and reliable, but the time it takes to warm up the interior depends on the ambient temperature and engine warm-up, especially in winter.

The efficiency of autonomous heaters of various types (fuel-liquid, fuel-air, electric-air, electric-liquid built-in and electric-liquid wired) and their impact on the level of environmental pollution were evaluated. All types of autonomous heaters effectively perform their function of heating the coolant or air in the car interior. It is shown that compared to remote engine start systems, pre-start heaters are more appropriate for providing the necessary microclimate in winter. The use of fuel preheaters reduces the overall percentage of toxic emissions, especially in older vehicles. In addition to increasing comfort and reducing emissions, pre-heating the engine reduces its wear and tear and fuel consumption.

The expediency of using autonomous heaters for motor vehicles is substantiated. For cars with internal combustion engines, this allows for a comfortable microclimate, and for electric cars - to increase the range by 25-50% in severe frosts. From a financial point of view, heaters are more economical compared to a standard heating system, although the initial cost of the devices is significant.

motor vehicles, interior, microclimate, interior heating, heater, coolant, thermal energy of the engine, heat exchanger

Одержано (Received) 07.05.2024

Прорецензовано (Reviewed) 07.06.2024

Прийнято до друку (Approved) 26.06.2024