

УДК 656.13 : 621.43 : 681.518
UDC 656.13 : 621.43 : 681.518

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З КОМБІНОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ПРОГРІВУ

Матейчик В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

Волков В.П., доктор технічних наук, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

Грицук І.В., доктор технічних наук, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

Цюман М.П., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

THE RESEARCH OF VEHICLE FUEL ECONOMY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE WITH COMBINED HEATING SYSTEM

Mateichyk V.P., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine

Volkov V.P., Doctor of Technical Sciences, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

Gritsuk I.V., Doctor of Technical Sciences, Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine

Tsiuman M.P., Ph.D. of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ПРОГРЕВА

Матейчик В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Волков В.П., доктор технических наук, Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина

Грицук И.В., доктор технических наук, Харьковский Национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков, Украина

Цюман Н.П., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Одним з перспективних напрямів удосконалення процесів теплової підготовки двигуна транспортного засобу (ТЗ) є впровадження в його конструкцію сучасних ресурсозберігаючих, екологічно чистих технологічних рішень з метою розширення функціональних можливостей, збільшення продуктивності, адаптації до умов експлуатації тощо. Впровадження зазначених заходів в практику експлуатації транспортних засобів потребує проведення системних досліджень на рівнях створюваних комплексів теплової підготовки і їх компонентів, і включають в себе різні методи конструювання, розрахунково-експериментальні дослідження та аналіз отриманих результатів. При цьому, вирішальними факторами, крім зручності експлуатації, є низька вартість пристроїв для здійснення теплової підготовки двигунів, відповідність державному законодавству і стандартам, необхідність отримання повної потужності відразу ж після пуску транспортного двигуна, поліпшення паливної економічності і зниження викидів в процесі передпускової і післяпускової теплової підготовки. Обмежуючими факторами в таких роботах є масо-габаритні характеристики пристроїв і компактне їх розміщення в конструкції сучасних транспортних засобів. У зв'язку з цим, найбільш актуальними стають розробка і формування комплексних систем прогріву для вирішення зазначених проблем в конструкції, як самого двигуна, так і транспортного засобу. Одним з перспективних напрямків для здійснення передпускового і післяпускового прогрівів в холодних умовах експлуатації є розробка і використання комплексної системи комбінованого прогріву (КСКП) транспортного двигуна і ТЗ на основі теплових акумуляторів (ТА) з теплоакумуючим матеріалом (ТАМ), що має фазовий перехід [1 - 3]. При цьому можливо здійснювати вплив на основні системні об'єкти як двигуна, так і ТЗ, а саме на: охолоджуючу рідину (ОР), моторну оливу (МО), каталітичний

нейтралізатор (КН) системи нейтралізації відпрацьованих газів (СНВГ) двигуна та салон (кабіну) ТЗ в низькотемпературних умовах навколишнього середовища.

Аналіз останніх досліджень. Створення ефективних засобів і систем передпускового підігріву і прискореного прогріву після пуску для транспортних двигунів і самих ТЗ з використанням ТА фазового переходу є своєчасною і актуальною науково-дослідною задачею. Питання передпускової і післяпускової теплової підготовки двигуна ТЗ з різноманітними комплексними системами комбінованого прогріву потребує подальших досліджень. В роботах В.І. Данілова, Д.Є. Овсієнка, В.М. Глазова, В.І.Архарова, І.А. Новохатського, Б.І. Кидярова, І.Є. Болотова, В.Д. Александрова та інших [1, 2] виконано наукове обґрунтування фізико-хімічної кінетики зародкоутворення і масової кристалізації в різних ТАМ. В роботах О.О. Чиркова, О.К. Костіна, Р.М. Петриченко, М.А. Івашенка, М.Д. Чайнова, Б.С. Стефановського, О.Л. Новеннікова, Г.Б. Розенбліта, О.З. Хомича, А.Е. Сімсона, С.А. Єрошенкова, Д.Б. Кузнєцова і інших [2 - 4] виконано наукове обґрунтування і розроблено методики моделювання і оцінювання процесів теплообміну в порожнинах корпусних деталей двигунів. В роботах М.М. Карнаухова, В.О. Вашуркіна, С.Д. Гуліна, А.А. Сорокіна, Н.В. Глухенка, В.В. Шульгіна, С.О. Яковлева, І.А. Ільчука, М.І. Куколева, Ю.К. Кукелєва, В.Д. Александрова, Ю.Ф. Гутаревича, О. Schatz, М. Kytö, А. Pellikka і інших [1 - 7] виконано наукове обґрунтування і розроблено методики розрахунку, створення і дослідження бортових ТА для забезпечення передпускової теплової підготовки двигунів в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Постановка задачі. Для оцінювання процесів теплової підготовки двигуна і транспортного засобу в умовах експлуатації з урахуванням особливостей конструкції і складових КСКП запропоновано розглядати окремо процеси прогріву зупиненого ТЗ і в русі [8]. Особливості застосування методів оцінювання показників оптимального температурного стану двигуна і ТЗ в обох випадках детально описані в роботах [2, 3, 9].

Дослідження, в рамках вирішення даної проблеми, проведено науковцями Національного транспортного університету і Харківського автомобільно-дорожнього університету, де розроблено і досліджено складові КСКП транспортного двигуна з ТА фазового переходу, а також розроблено і адаптовано до використання комп'ютерно-інтегровані технології управління експлуатацією транспорту, зокрема, розроблено відповідне програмне забезпечення інтелектуальних програмних комплексів (ІПК) [10], що забезпечило формування систем моніторингу для отримання інформації про окремі ТЗ, дослідження їх діагностичних параметрів і прогнозування технічного стану ТЗ [11] в процесі експлуатації в умовах інформаційних можливостей *ITS (Intelligent transport system)*.

Метою статті є дослідження впливу використання комбінованої системи прогріву двигуна на паливну економічність та екологічні показники транспортного засобу в процесі руху.

Основний матеріал. Для формування системи прогріву двигуна і ТЗ вирішено використовувати КСКП, на основі комбінації теплових акумуляторів фазового переходу. Тепловий акумулятор - пристрій для акумулювання теплової енергії, в основі якого лежить використання фізичного або хімічного процесу, пов'язаного з поглинанням і виділенням теплоти [3, 5, 12, 13]. До основних робочих процесів ТА відносяться: накопичення-виділення внутрішньої енергії при нагріванні-охолодженні твердих або рідких тіл, фазові переходи з поглинанням-виділенням прихованої теплоти, процес сорбції-десорбції або оборотна хімічна реакція, що протікає з виділенням-поглинанням теплової енергії. Акумулюванням теплової енергії або акумуляцією теплоти називають процес накопичення теплової енергії в період її найбільшого надходження для подальшого використання, коли в цьому виникне необхідність. Процес накопичення енергії називається заряджанням, а процес її використання – розряджанням [3, 5, 12, 13]. Речовини, що використовуються для накопичення теплової енергії, називаються теплоакуючими матеріалами (ТАМ). При цьому, кількість акумульованої енергії залежить від температури нагрівання ТАМ і його питомої теплоємності. Основний принцип, закладений в ТА, засновано на використанні оборотного процесу фазового переходу плавлення-кристалізація. У цьому випадку в якості ТАМ використовується матеріал, що має фазовий перехід. Реалізація цього способу ускладнює конструкцію ТА, однак, такі ТА мають більшу питому об'ємну енергоємність. При цьому, процеси заряджання і розряджання можуть бути здійснені у вузькому температурному діапазоні, що дуже важливо для роботи ТА в умовах невеликих температурних напорів. Дослідженнями підтверджено, що на транспорті застосування ТА вигідне для полегшення пуску двигуна і обігріву салону ТЗ в холодну пору. Теплота накопичується в процесі роботи двигуна і може зберігатися протягом декількох днів. Для цього ТА розміщують в посудині Дьюара (термосі), що забезпечує ефективну теплоізоляцію.

В [12] показані основні етапи формування КСКП транспортного двигуна і транспортного засобу. Для забезпечення необхідного температурного стану в процесах передпускового і післяпускового прогріву двигуна і ТЗ в холодних умовах експлуатації формуються схема і складові КСКП для основних систем транспортного двигуна. Запропонована КСКП двигуна ТЗ складається з наступних елементів: системи прискореного прогріву двигуна (СППД), системи утилізації теплової енергії відпрацьованих газів (ВГ) ТА фазового переходу (СУТТА), контактної теплового акумулятора (КТА), накопичувача моторної оливи з тепловим акумулятором (НМОТА), накопичувача охолоджуючої рідини з тепловим акумулятором (НОРТА), ТА системи нейтралізації ВГ (ТАСНВГ). Елементи КСКП конструктивно і функціонально пов'язані із системами охолодження (СОД), мащення (СМ) і випуску ВГ транспортного двигуна, що здійснює значний вплив на робочий процес енергоустановки ТЗ [5, 12, 13]. Саме КСКП забезпечує передпусковий і прискорений післяпусковий прогрів ОР, МО і СНВГ двигуна до робочих температур та тривалий час підтримує їх в міжзмінний період у межах, обумовлених робочим процесом та конструкцією ДВЗ.

Всі зазначені елементи КСКП та пов'язані з ними системи транспортного двигуна можуть працювати спільно у складі та за алгоритмом роботи КСКП, або окремо одна від одної з виконанням властивих їм функцій [3]. Принцип роботи КСКП в цілому полягає в накопиченні ТА фазового переходу СУТТА теплової енергії ВГ, в накопиченні КТА теплової енергії у вигляді конвекції і теплового випромінювання двигуна, що утворюються під час його експлуатації та викидаються в навколишнє середовище і не використовуються для виробництва механічної енергії.

Реалізація КСКП для транспортного двигуна показана на рис. 1. Накопичення теплової енергії ВГ двигуна внутрішнього згорання 1 ТА фазового переходу СУТТА 20 стає можливим завдяки встановленню паралельно глушнику 18 двигуна в випускному трубопроводі утилізаційного теплообмінника (УТ) ВГ 6. Циркуляція теплоносія між ТА 20 і УТ 6 забезпечується циркуляційним насосом 21 з модульованою подачею. Теплоносій проходячи через УТ 6 в випускному трубопроводі розігрівається від теплової енергії ВГ до температури 150...190 °С (в якості теплоносія в процесі досліджень використовувалась технологічна рідина з температурою кипіння 220 °С). УТ 6 встановлено паралельно основному трубопроводу системи випуску ВГ транспортного двигуна в байпасі. Таке конструктивне рішення прийнято для того, щоб забезпечити можливість відключення УТ 6 після того, як ТА фазового переходу СУТТА 20 буде повністю заряджений. Переключення потоку ВГ відбувається за допомогою електромагнітних газових клапанів 30 і 25 на основі команд системи керування. Регулювання потоку ВГ здійснюється за спеціальним алгоритмом [3, 14, 15] у відповідності до розробленого циклу прогріву двигуна. За допомогою теплоносія, теплота з УТ 6 потрапляє в ТА фазового переходу СУТТА 20. В теплоізольованому резервуарі ТА з трьома теплообмінниками (для заряджання ТА і прогріву ОР і МО відповідно) теплоносій охолоджується та віддає накопичену теплову енергію ТАМ з фазовим переходом.

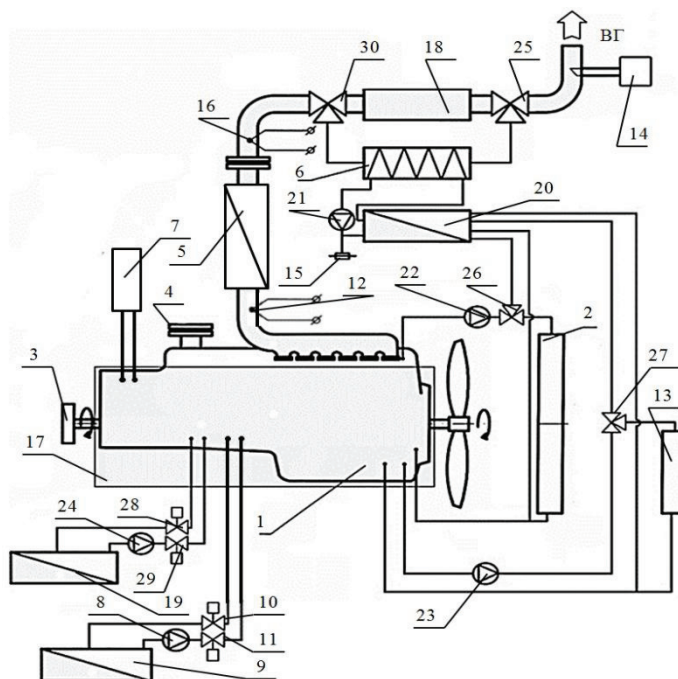


Рисунок 1 – Схема комплексної системи комбінованого прогріву ДВЗ і ТЗ

В процесі накопичення теплової енергії ТАМ найбільш енергоємним є процес фазового переходу речовини-наповнювача ТА, тобто зміна його агрегатного стану, на яку потрібна велика кількість теплової енергії ВГ. Всі інші процеси фізичного накопичення теплової енергії ТАМ не потребують такої великої кількості енергії. Особливості робочих процесів ТА фазового переходу СУТТА 6 в різних періодах накопичення і віддачі теплової енергії детально описані в [3, 14, 15].

Контактний тепловий акумулятор (КТА) 17 транспортного двигуна (рис. 1) являє собою багатошаровий чохол. Для забезпечення щільного прилягання його закріплено ззовні на блоці циліндрів та піддоні картера двигуна [16]. Особливістю конструкція КТА 17 є наявність окремих секцій-контейнерів з ТАМ, що мають фазовий перехід та закріплені ззовні на поверхнях блоку циліндрів і піддону транспортного ДВЗ, зверху закриті теплоізоляційним чохлом, що складається з декількох шарів теплоізоляційного матеріалу [3, 16]. Застосування КТА не вимагає внесення істотних змін у конструкцію транспортного двигуна та його систем. Він легко монтується, простий в обслуговуванні і не потребує додаткового джерела енергії. Робота КТА заснована на зміні агрегатного стану ТАМ при виділенні й поглинанні теплової енергії, що виділяється внаслідок конвекції і теплового випромінювання з поверхонь блоку циліндрів і піддону двигуна ТЗ. Завдяки використанню КТА виконується функція теплоізоляції двигуна, що забезпечує мінімальну втрату теплової енергії, яка виділяється з зовнішніх поверхонь двигуна під час його роботи внаслідок конвекції і теплового випромінювання. Завдяки цьому, також вдається уникнути появи додаткових термічних напружень у деталях двигуна при його прогріві в умовах низьких температур. Це забезпечується довготривалою підтримкою КТА встановлених температур ОР і МО зупиненого транспортного двигуна, на відміну від відомих ТА, за допомогою яких здійснюється нагрівання ДВЗ після зупинки [3, 16].

Особливістю конструкцій НМОТА 19 і НОРТА 9 (рис. 1) є наявність в оболонках накопичувальних ємностей для МО та ОР додаткових контактних ТА фазового переходу, що аналогічні за конструкцією і принципом дії КТА 17. Завдяки використанню НМОТА і НОРТА досягається мінімальна втрата теплоти, що виділяється при остиванні МО і ОР після зупинки двигуна. З метою збереження температурних станів МО і ОР під час довготривалої зупинки транспортного двигуна, здійснюється їх зливання у накопичувальні ємності за допомогою відповідно електромагнітних рідинних клапанів 28, 29 та 10, 11. Після зворотного закачування МО в піддон картеру двигуна і ОР в СОД за допомогою відповідно циркуляційних насосів з модульованою подачею 24 і 8, вдається додатково прискорено прогріти корпусні елементи і інші деталі двигуна, а саме зони колінчастого валу, головної магістралі і каналів для підведення оливи до деталей ДВЗ та зони оболонки охолодження і головки блоку циліндрів ДВЗ. Температура МО в НМОТА 19 та температура ОР в НОРТА 9 контролюються за допомогою відповідних вбудованих датчиків температур МО і ОР.

Накопичення теплової енергії ВГ для прискореного прогріву каталітичного нейтралізатора 5 в системі випуску відбувається в ТА фазового переходу системи нейтралізації відпрацьованих газів в процесі роботи двигуна. Прискорений прогрів каталітичного блоку нейтралізатора 5 після пуску двигуна відбувається при проходженні ВГ через ТА фазового переходу СНВГ.

Прогрів салону транспортного засобу відбувається за допомогою теплообмінника 7 в процесі роботи двигуна при циркуляції ОР з СОД через теплообмінник 7.

Крім описаних компонентів, КСКП також включає наступні елементи транспортного двигуна і його систем охолодження і мащення (рис. 1), а саме радіатор системи охолодження 2, вихідний вал двигуна 3, впускний колектор 4, датчики температури ВГ 12 і 16; радіатор системи мащення 13; газоаналізуюча апаратура 14 (у вигляді відповідних датчиків); розширювальний бачок теплоносія 15. Циркуляція ОР і МО в КСКП транспортного двигуна забезпечується циркуляційними насосами з модульованою подачею 22 і 23. Автоматичне регулювання систем охолодження і мащення забезпечується за допомогою електромагнітних рідинних клапанів 26 і 27.

Передпусковий і післяпусковий прогрів ОР і МО двигуна можливий при штатному прогріві ДВЗ і (або) в наступних варіантах роботи КСКП транспортного двигуна: при роботі тільки підсистеми СППД в процесі післяпускового прогріву двигуна, при роботі підсистеми СППД з ТА фазового переходу СУТТА, поєднанні функцій КТА (НМОТА і (або) НОРТА) або КТА + НМОТА + НОРТА і ТА фазового переходу СУТТА. Зберігання теплової енергії, накопиченої ОР і МО двигуна, можливо при штатній комплектації ДВЗ і (або) в наступних варіантах роботи КСКП двигуна: при роботі підсистеми СППД з ТА фазового переходу СУТТА, при роботі тільки КТА або НМОТА, поєднанні функцій КТА (НМОТА і (або) НОРТА) або КТА + НМОТА + НОРТА і ТА фазового переходу СУТТА.

При необхідності пуску двигуна після тривалої зупинки в дію включається КСКП. Комплексна система комбінованого прогріву двигуна, працюючи за власними алгоритмами, включає електричні циркуляційні насоси СППД з модульованою подачею 21, 22, 23, які здійснюють циркуляцію ОР і МО в транспортному двигуні та ТА фазового переходу СУТТА. Проходячи через ТА, охолоджуюча рідина отримує накопичену ТАМ теплову енергію та передає її елементам конструкції ДВЗ. Правильний вибір теплової потужності ТА 20 дозволяє виконати швидкий попередній прогрів ДВЗ від низької температури оточуючого середовища (від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) до температур ОР і МО на рівні $+40\dots60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вибір теплової потужності ТА виконується на основі розрахунку теплового балансу КСКП двигуна ТЗ. На основі цього визначаються необхідна кількість теплової енергії та маса ТАМ для прогріву ОР і МО, блока циліндрів, головки блока циліндрів, з'єднуючих патрубків і трубопроводів з урахуванням теплових втрат [3, 14, 15].

Отримавши теплову енергію від ОР і МО елементи ДВЗ передають її камерам згоряння, що позитивно впливає на процес пуску ДВЗ, який відбувається після того, як датчики КСКП ДВЗ зафіксують температуру ОР і МО на рівні $+40\dots60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Після цього відбувається пуск ДВЗ та з'являється можливість навантаження двигуна. Після пуску ДВЗ КСКП продовжує свою роботу та сприяє більш швидкому та ефективному прогріву працюючого двигуна до температур ОР і МО на рівні $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це досягається завдяки подальшому використанню накопиченої теплової енергії в ТА і надходження теплової енергії від згоряння палива працюючого двигуна. Після досягнення температур ОР і МО $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ КСКП переходить в режим підтримання їх в заданих межах, тобто $85\pm5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а вже після цього включаються в роботу штатні системи двигуна (КСКП при цьому відключається від роботи).

Враховуючи дані, отримані від датчиків температур, система керування КСКП розраховує оптимальну частоту обертання циркуляційних насосів 21, 22, 23 та видає керуючі сигнали на клапани системи, спрямовуючи потоки робочих рідин через ті чи інші елементи КСКП. Функціонування розробленої КСКП ДВЗ побудовано на аналізі температурних показників теплоносіїв ОР і МО [3, 14, 15].

Після зупинки двигуна, в процесі зберігання накопиченої теплоти в КТА 17, робочий процес КТА полягає в зворотній передачі теплоти фазового переходу речовини КТА для здійснення довготривалої підтримки температур ОР і МО двигуна. При низькій температурі навколишнього середовища та зарядженому ТА фазового переходу СУТТА 20, коли накопиченої теплоти КТА 17 вже недостатньо, прогрів транспортного ДВЗ 1 здійснюється аналогічно описаному вище.

При довготривалій зупинці двигуна, коли робочі температури МО і ОР необхідно підтримати протягом тривалого часу, використовуються НМОТА 19 і НОРТА 9 (рис. 1), в які МО і ОР зливаються з СМ і СОД двигуна. При необхідності здійснення пуску двигуна та зарядженому ТА фазового переходу СУТТА 20, за допомогою клапанів 28 і 29 (9 і 11) відбувається з'єднання НМОТА (НОРТА) з СМ (СОД) двигуна і за допомогою циркуляційного насоса 24 (8) МО (ОР) подається в транспортний двигун. Подальший процес прогріву транспортного двигуна 1 здійснюється аналогічно описаному вище. За допомогою датчиків температур МО і ОР відбувається контроль працездатності КСКП відносно теплових можливостей її елементів і підсистем і подальшого використання самої КСКП.

З метою визначення впливу розробленої системи прогріву на паливну економічність і екологічні показники транспортного засобу з урахуванням його прогрівання в процесі руху, було розроблено відповідну методику дослідження. Розроблена методика ґрунтується на використанні математичної моделі системи «двигун-нейтралізатор» [17, 18].

Об'єктом подальших розрахункових досліджень паливної економічності і екологічних показників транспортного засобу, оснащеного системою прогріву, в процесі його руху є автомобіль KIA CEE'D 2,0 5MT2, на якому встановлюється двигун G4GC. Технічні параметри автомобіля, необхідні для розрахунків, наведено в табл. 1.

Методика дослідження передбачає оцінювання паливної економічності і екологічних показників у стандартизованих режимах руху ТЗ для забезпечення можливості адекватного порівняння цих показників для різних умов прогрівання двигуна ТЗ. Тому, для подальшого розрахункового дослідження в якості набору стандартизованих режимів руху ТЗ вибрано їздовий цикл згідно з Правилами ЄЕК ООН № 83-05 [19]. Такий цикл використовується для оцінювання показників екологічної безпеки ТЗ, зокрема, викидів шкідливих речовин і паливної економічності легкових автомобілів та вантажних автомобілів малої вантажопідйомності. Цикл складається з чотирьох елементарних міських циклів загальною протяжністю 4,052 км, тривалістю 780 с і максимальною швидкістю 50 км/год та магістрального циклу протяжністю 6,955 км, тривалістю 400 с і максимальною швидкістю 120 км/год.

Для встановлення характеру впливу температури навколишнього середовища на ефективність використання розробленої системи прогріву двигуна ТЗ, прийнято рішення виконати розрахункове дослідження за умови температур навколишнього середовища $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Оскільки, такі температурні умови відрізняються від рекомендованих для проведення випробувань по їздовому циклу умов ($20 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), то отримані результати розрахункового дослідження ні в якому разі не можуть бути використані для встановлення відповідності екологічному стандарту, а використовуються виключно для оцінювання ефективності застосування розробленої системи прогріву.

Таблиця 1 – Технічні параметри автомобіля KIA CEE'D 2,0 5MT2 з двигуном G4GC

Назва параметру	Значення
Маса автомобіля з водієм, кг	1500
Максимальна швидкість, км/год	205
Вид палива	бензин
Число / розташування циліндрів двигуна	4 / рядне
Літраж, л	1,975
Діаметр циліндра / хід поршня, мм	82 / 93,5
Ступінь стискання	10,1
Потужність, кВт / частота обертання колінчастого валу, хв^{-1}	105 / 6000
Крутний момент, Н·м / частота обертання колінчастого валу, хв^{-1}	186 / 4600
Число впускних / випускних клапанів на циліндр	2 / 2
Система нейтралізації відпрацьованих газів	трикомпонентний каталітичний нейтралізатор
Передаточні числа коробки передач	3,308
	1,962
	1,257
	0,976
	0,778
Передаточне число головної передачі	4,188
Динамічний радіус колеса, м	0,285

В основу використання математичної моделі системи в режимах їздового циклу ТЗ при моделюванні руху автомобіля в циклі покладено визначення необхідного крутного моменту двигуна M_e і частоти обертання колінчастого валу n_d , які забезпечують відповідні значення швидкості V_a і прискорення j_a автомобіля.

На ділянках розгону циклу визначаються значення необхідного крутного моменту і частоти обертання колінчастого валу двигуна в початковий і кінцевий моменти ділянки для подібних умов в усталених режимах і вважається, що зміна показників двигуна відбувається лінійно. Оскільки система управління двигуном відключає подачу палива при русі автомобіля в режимі примусового холостого ходу, то при сповільненні із включеним зчепленням необхідний крутний момент не визначається і приймається, що витрата палива і викиди шкідливих речовин відсутні. При сповільненні з виключеним зчепленням приймається, що частота обертання колінчастого вала відповідає мінімальній частоті обертання холостого ходу.

З використанням розробленої методики визначено порівняльні показники температур прогріву двигуна, паливної економічності та екологічних показників автомобіля KIA CEE'D 2,0 5MT2 при здійсненні прогрівання двигуна в русі з використанням розробленої системи прогріву та без неї в режимах їздового циклу в залежності від температури навколишнього середовища. Отримані результати дослідження свідчать про значний вплив розробленої системи прогріву і температури навколишнього середовища на інтенсивність витрати палива, динаміку виходу каталітичного нейтралізатора на номінальну ефективність і викиди шкідливих речовин.

Так, при використанні розробленої системи прогріву термін повного прогрівання двигуна скорочується на 52,9 % (з 680 до 320 секунд), 42,9 % (з 560 до 320 секунд) та 30,4 % (з 460 до 320 секунд) при температурах навколишнього середовища відповідно $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). При цьому, термін повного прогрівання двигуна при використанні системи прогріву при різних температурних умовах навколишнього середовища становить 320 секунд, тобто практично не

залежить від температури навколишнього середовища. Це можливо пояснити тим, що в процесі дослідження прогрівання двигуна з розробленою системою прогріву здійснювалось від 50 °С до температури повного прогрівання за умови використання штатних насосів СОД, тобто без використання додаткових насосів системи прискореного прогріву, а також тим, що прогрівання виконувалось в режимах руху ТЗ, властивих саме їздовому циклу. Отримані результати, в цій частині, не суперечать отриманим результатам попередньо проведених експериментальних досліджень [8].

Термін прогрівання каталітичного нейтралізатора до виходу на номінальну ефективність нейтралізації шкідливих речовин визначається показниками ефективності нейтралізації окремих речовин: оксиду вуглецю, вуглеводнів і оксидів азоту, які залежать від температури каталітичного нейтралізатора (рис. 2).

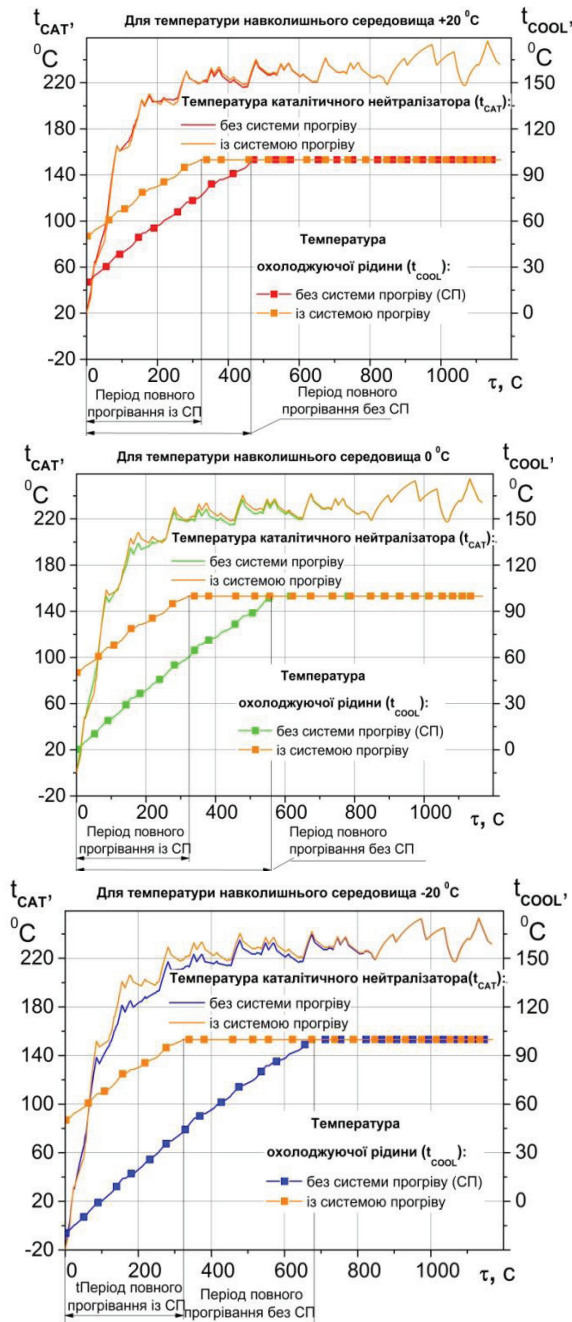


Рисунок 2 – Залежності температури охолоджуючої рідини і каталітичного нейтралізатора при здійсненні прогріву транспортного двигуна в русі в режимах їздового циклу в часі при різних температурах навколишнього середовища

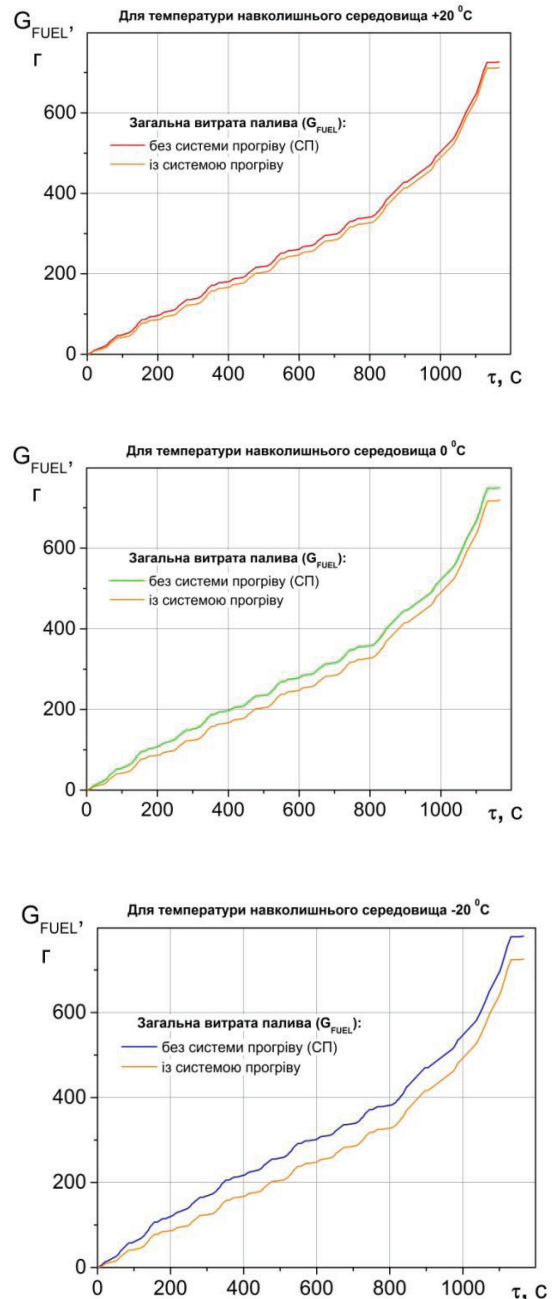


Рисунок 3 – Залежності сумарної витрати палива при здійсненні прогріву транспортного двигуна в русі в режимах їздового циклу в часі при різних температурах навколишнього середовища

Ефективність використання розробленої системи прогріву визначена за показниками загальної витрати палива і викидів шкідливих речовин автомобілем за весь їздовий цикл. Так, використання системи прогріву дозволяє знизити загальну витрату палива на 7,1 % (з 780 до 725 г), 4 % (з 750 до 720 г) та 2,1 % (з 730 до 715 г) при температурах навколишнього середовища $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно (рис. 3). При цьому, кількість палива, спожитого за період прогрівання, порівняно із кількістю палива, спожитого за такий же період при використанні системи прогріву, знижується на 15,8 % (з 336 до 283 г), 11,5 % (з 270 до 239 г) та 6,8 % (з 204 до 190 г) при температурах навколишнього середовища $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно (рис. 3). Загальні викиди оксиду вуглецю при використанні системи прогріву знижуються на 45,5 %, 27,5 % та 12,5 %, а загальні викиди вуглеводнів – на 25,9 %, 14,2 % та 5,6 % при температурах навколишнього середовища $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно (табл. 2).

Таблиця 2 – Результати оцінювання впливу системи прогріву на викиди шкідливих речовин автомобілем за їздовий цикл

Умови прогріву	При температурі навколишнього середовища:					
	$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$		$0\text{ }^{\circ}\text{C}$		$20\text{ }^{\circ}\text{C}$	
	без системи прогріву	із системою прогріву	без системи прогріву	із системою прогріву	без системи прогріву	із системою прогріву
Шкідливі викиди						
G_{CO_2} , г	54.3	29.49	39.96	28.89	31.58	28.35
G_{CH_4} , г	1.9296	1.4317	1.6241	1.3903	1.4307	1.3535
G_{NO_x} , г	2.0194	2.1873	2.1399	2.2285	2.2109	2.2454

Водночас, загальні викиди оксидів азоту при використанні системи прогріву зростають на 8,4 %, 4,2 % та 1,8 % при температурах навколишнього середовища $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно (табл. 2). Таке зростання викидів оксидів азоту при застосуванні системи прогріву та при більших температурах навколишнього середовища пояснюється особливостями функціонування системи управління двигуном в частині коригування складу паливоповітряної суміші в залежності від температури охолоджуючої рідини, що проявляється збагаченням паливоповітряної суміші при зниженні температури охолоджуючої рідини, яке, в свою чергу, призводить до зниження концентрації оксидів азоту у продуктах згоряння та у сукупності із відповідною ефективністю роботи системи нейтралізації є причиною деякого зниження викидів оксидів азоту на початковому етапі прогрівання двигуна без розробленої системи прогріву. Також, таке зниження викидів оксидів азоту частково пов'язане зі зниженням максимальних температур робочого циклу при відсутності використання розробленої системи прогріву та при менших температурах навколишнього середовища.

Експериментальні дані отримано при дорожньому випробуванні автомобіля в режимах руху, наближених до режимів досліджуваного їздового циклу. Для періоду прогрівання максимальне відхилення розрахункових даних від експериментальних складає: для температури охолоджуючої рідини – 7,69 %, для витрати палива – 4,59 %. Такі відхилення є допустимими, оскільки не перевищують отриману ефективність від застосування системи прогріву, яка для такої температури навколишнього середовища складає: для терміну повного прогрівання двигуна – 42,9 % (рис. 2), для зниження витрати палива – 11,5 % (рис. 3). При цьому, відхилення даних для витрати палива за весь цикл складає 13,4 %. Певне відхилення експериментальних і розрахункових даних витрати палива викликане деякою невідповідністю умов, заданих при моделюванні і реальних дорожніх і атмосферних умов при випробуванні. Разом з тим, оскільки метою дослідження є оцінювання впливу саме процесу прогрівання на загальні показники ТЗ, для якого забезпечується достатня адекватність моделювання, зазначені відхилення все ж дозволяють проводити порівняльний аналіз результатів.

Висновок. Із отриманих результатів оцінювання впливу розробленої системи прогріву на витрату палива і викиди шкідливих речовин автомобілем при його русі в їздовому циклі видно, що значний вплив на ці показники чинить саме фаза прогрівання двигуна і каталітичного нейтралізатора в початковій фазі руху автомобіля в їздовому циклі в якій спостерігається найбільша інтенсивність витрати палива і викидів шкідливих речовин. Досліджена система прогріву двигуна ТЗ дозволяє знизити загальну витрату палива на 2,1 – 7,1 %, та викиди окремих шкідливих речовин на 5,6 – 45,5 % при незначному зростанні викидів оксидів азоту. При цьому, ефективність від використання системи прогріву значно збільшується при низьких температурах навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Александров В.Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред: монография / В.Д. Александров. – Донецк: Донбасс, 2011.– 580 с.
2. Александров В. Д. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія / В. Д. Александров, Ю. Ф. Гутаревич, І. В. Грицук, Ю. В. Прилепський, та інш. – Донецьк: Ноулідж , 2014.- 230 с.
3. Волков В.П. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування / Волков В.П., Грицук І.В., Гутаревич Ю.Ф., Александров В.Д. Поддубняк В.Й., Прилепський Ю.В., Комов П.Б., Адров Д.С., Вербовський В.С., Краснокутська З.І., Волкова Т.В. / Донецьк: ЛАНДОН-XXI, 2015.- 314 с.
4. Сергієнко М.І. Середньоексплуатаційна витрата палива тепловозними двигунами та її оцінка / М.І. Сергієнко, С.А. Ерощенко, А.А. Каграманян // Залізничний транспорт України. – 2008. - №2. – С. 9-10.
5. Вашуркин И. О. Тепловая подготовка и пуск ДВС мобильных транспортных и строительных машин зимой / И. О. Вашуркин. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2001.-148 с.
6. Шульгин В. В. Тепловые аккумуляторы автотранспортных средств / В. В. Шульгин. – СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2005. - 268 с.
7. Schatz D. Latentwärmespeicher für Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen / D. Schatz // Brennst.- Wärme-Kraft.– 1991. – №6. - P. 333-340.
8. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichuk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.
9. Матейчик В.П. Особливості застосування методів визначення і оцінювання показників оптимального температурного стану двигуна і транспортного засобу в умовах експлуатації / В.П. Матейчик, В.П. Волков, І.В. Грицук, М.П. Цюман // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К., НТУ, 2015. - Вип.15 .Частина 1, - с.108-118
10. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., и др; под. ред. Волкова В.П. –Донецк: Ноулідж, 2013.– 400 с.
11. Волков В.П. Обґрунтування методології формування інформаційної системи моніторингу та прогнозування технічного стану транспортних засобів в умовах експлуатації / В.П. Волков, І.В. Грицук // Матеріали III-ої Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції “Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту” (14-16 квітня 2015): збірник наукових праць, ВНТУ, Вінниця, 2015. – с. 29 – 31.
12. Грицук, І. В. Формування і дослідження комплексної системи комбінованого прогріву двигуна і транспортного засобу / І.В. Грицук // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета [Текст] : сб. науч. тр. / Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харьков: ХНАДУ, 2015. – Вып. 70. – С. 23–32.
13. Шульгин В.В. Система предпускового разогрева двигателя городского автобуса с применением теплового аккумулятора / В.В. Шульгин // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сб. докл. 5-й между нар. конф. 19-20 сентября 2002 г. / СПб. гос. архит.-строит. ун-т. - СПб., 2002. - С. 372-375.
14. Патент на винахід № 103729 Україна, МПК (2013.01) F01P 3/22, B60H 1/04, B60K 11/00, «Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання» / Ю.Ф. Гутаревич, В.П. Матейчик, І.В. Грицук, В.П. Волков, А.О. Каграманян, П.Б. Комов, О.Б. Комов, В.Й. Поддубняк, М.І. Сергієнко, З.І. Краснокутська / (Україна); Заявник і патентовласник Національний транспортний ун-т., Державний № ua 103729; заяв. 30.10.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. №7.- 17с.:іл.
15. Патент на винахід № 106525 Україна, МПК F01P 3/22 (2013.01), B60H 1/04 (2013.01), «Система забезпечення оптимальних температур охолоджуючої рідини в двигуні внутрішнього згорання» / Ю.Ф. Гутаревич, В.П. Матейчик, І.В. Грицук, В.П. Волков, А.О. Каграманян, П.Б. Комов, О.Б. Комов, В.Й. Поддубняк, М.І. Сергієнко, З.І. Краснокутська, С.А. Ерощенко, В.С. Вербовський, Д.С. Адров, Л.О. Македонська, А.П. Комов, Є.О. Комов / (Україна); Заявник і патентовласник

Національний транспортний ун-т, Харківський національний транспортний університет, Українська державна академія залізничного транспорту, Донецький інститут залізничного транспорту., Державний № ua 106525; заяв. 16.10.2012 заявка: a2012 11919, опубл. 10.09.2014, Бюл. №17.-17с.:іл.

16. Карнаухов Н.Н., Пустовалов И.А., Яркін А.В. Тепловой аккумулятор для поддержания пусковой температуры ДВС в период межсменной стоянки строительной машины в зимний период // Отраслевой журнал «Автотранспортное предприятие». 2010, ноябрь. М.: НПП Транснавигация, Минтранс России. С. 45-48.

17. Матейчик В.П. Дослідження впливу регулювальних параметрів на паливну економічність і екологічні показники бензинового двигуна з системою нейтралізації відпрацьованих газів / В.П. Матейчик, М.П. Цюман // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2010. - № 28. – С. 331-335.

18. Gritsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Verbovskiy V. "Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System," SAE Technical Paper 2016-01-8071, 2016, doi: 10.4271/2016-01-8071

19. ДСТУ UN/ECE R 83-05:2009. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження колісних транспортних засобів стосовно викидів забруднювальних речовин залежно від палива, необхідного для двигунів.

REFERENCES

1. Aleksandrov V.D. "*Kinetika zarodysheobrazovaniia i massovoi kristallizacii pereohlazhdennykh zhidkosti i amorfnykh sred*" [The kinetics of nucleation and crystallization mass supercooled liquids and amorphous media: monograph]. Donetsk: Donbass Publ., 2011 – 580 p. (Rus)

2. Aleksandrov V.D., Gutarevych Yu.F., Grytsuk I.V., Prylepsyki Yu.V., Postnikov V.A., Gushchyn A.M., Adrov D.S., Verbovskiy V.S., Krasnokutska Z.I. "*Teplovi akumulatory fazovoho perehodu dlia transportnykh zasobiv: parametry robochykh protsesiv*" [Thermal phase transition batteries for vehicles: workflow options: monograph]. Donetsk: Noulidzh Publ., 2014.- 230 p. (Ukr)

3. Volkov V.P., Grytsuk I.V., Gutarevych Yu.F., Aleksandrov V.D., Poddubniak V.Y., Prylepsyki Yu.V., Komov P.B., Adrov D.S., Verbovskiy V.S., Krasnokutska Z.I., Volkova T.V. "*Systemy prohrivu dvyhuniv vnutrishnoho zhorannia: osnovy funktsionuvannia: monografii*" [Warming up systems of internal combustion engines: bases of functioning monograph] Donetsk: Noulidzh Publ., 2015. 316 p. (Ukr)

4. Serhiienko M.I., Yeroshchenkov S.A., Kahramanian A.A. "*Serednoekspluatatsiina vytrata palyva teplovoznymy dvyhunamy ta yii otsinka*" [Average exploitation of the fuel consumption diesel engines and its evaluation]. Zaliznychnyi transport Ukrainy. – 2008. - №2. s. 9-10. Print. (Ukr)

5. Vashurkin I.O. "*Teplovaja podgotovka i pusk DVS mobil'nykh transportnykh i stroitel'nykh mashin zimoj*" [Thermal preparation and launch of ICE mobile vehicles and construction machinery in the winter]. Tjumen, TjumGNGU, 2001. 145 p. (Rus)

6. Shulgin V.V. "*Teplovye akumulatory avtotransportnykh sredstv*" [Heat battery vehicles] SPb.: Izdatelstvo Politehn. un-ta, 2005. 268p. (Rus)

7. Schatz D. "*Latentwärmespeicher für Kaltstartverbesserung von Kraftfahrzeugen*". Brennst.-Warme-Kraft, 1991. №6. 333-340 p. Print. (Deu)

8. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.

9. Mateichyk V., Volkov V., Grytsuk I., Tsiuman M. "*Osoblyvosti zastosuvannia metodiv vyznachennia i otsiniuvannia pokaznykiv optymal'nogo temperaturnoho stanu dvyhuna i transportnoho zasobu v umovakh ekspluatatsii*" [Features of the application of the definition and evaluation of performance optimal temperature condition of the engine and vehicle operating conditions]. Project management, systems analysis and logistics. Kyiv, NTU, 2015. - №.15 .Chastyna 1 - s.108-118. Print. (Ukr)

10. Volkov V., Mateichik V., Nikonov O., Komov P., Gritsuk I., Volkov Ju., Komov Je. (2013), "*Integraciya tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley v struktury i protsessy intelektualnykh transportnykh sistem*" [Integration of the technical operation of vehicles in the structures and processes of intelligent transport systems], Donetsk: Noulidzh Publ., 2013, 400 p. (Rus)

11. Volkov V.P., Grytsuk I. "*Obhruntuvannia metodologii formuvannia informacii noi systemy monitorynhu ta prohnozuvannia tekhnichnoho stanu transportnykh zasobiv v umovakh ekspluatatsii*" [Justification methodology forming the information system for monitoring and forecasting technical

condition of vehicles in operation] *Materialy III-oi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi Internet-konferencii "Suchasni tekhnologii ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu"* (14-16 kvitnia 2015): zbirnyk naukovykh prats, VNTU, Vinnytsia, 2015. – p. 29 – 31. Print. (Ukr)

12. Grytsuk I.V. "Formuvannia i doslidzhennia kompleksnoi systemy kombinovanoho prohrivu dvyhuna i transportnoho zasobu" [The development and the study of the combined heating system of engines and vehicles], *The Herald of Kharkiv National Automobile and Highway University*, **70**: 23 – 32, 2015. (Ukr)

13. Shulgin V. "Systema predpuskovogo razogreva dvygatelya gorodskogo avtobusa s primeneniem teplovogo akkumulyatora" [The system plugs warming up the city bus engine using the heat accumulator] *Organization and safety of traffic in major cities: Coll. rep. 5th between the bunks. Conf. 19-20 September 2002 / St. Petersburg. state. arhit.-building. Univ. - St. Petersburg, 2002. - p. 372-375. Print. (Rus)*

14. Patent for invention № 103729 Ukraine, (2013.01) F01P 3/22, B60H 1/04, B60K 11/00, "The system of coolant optimal temperatures in ICE" / Yu.F. Gutarevych, V.P. Mateichyk, I.V. Grytsuk, V.P. Volkov, A.O. Kahramanian, P.B. Komov, O.B. Komov, V.Yo. Poddubniak, M.I. Serhiienko, Z.I. Krasnokutska / (Ukraine); Patent applicant and patent holder: National Transport University, State № ua 103729; app. 30.10.2012; publ. 10.04.2013, Bul. №7.- 17p.:il. (Ukr)

15. Patent for invention № 106525 Ukraine, F01P 3/22 (2013.01), B60H 1/04 (2013.01), "The system of coolant optimal temperatures in ICE" / Yu.F. Gutarevych, V.P. Mateichyk, I.V. Grytsuk, V.P. Volkov, A.O. Kahramanian, P.B. Komov, O.B. Komov, V.Yo. Poddubniak, M.I. Serhiienko, Z.I. Krasnokutska, S.A. Yeroshchenkov, V.S. Verbovskiy, D.S. Adrov, L.O. Makedonska, A.P. Komov, Ye.O. Komov / (Ukraine); Patent applicant and patent holder: National Transport University, Kharkiv National Transport University, Ukrainian State Academy of Railway Transport, Donetsk Railway Transport Institute, State № ua 106525; app. 16.10.2012 application: a2012 11919, publ. 10.09.2014, Bul. №17.-17p.:il. (Ukr)

16. Karnaukhov N.N., Pustovalov I.A., Yarkin A.V. "Teplovoiy akkumulyator dlya podderzhaniya puskovoy temperatury DVS v period mezhsmennoy stoyanki stroitelnoy mashiny v zimniy period". *Otraslevoy zhurnal «Avtotransportnoe predpriyatie»*, noyabr, 2010. Moskva, Izdatel - NPP Transnavigatsiya, Mintrans Rossii. 45-48. Print. (Rus)

17. Mateichyk V., Tsiuman M. "Doslidzhennia vplyvu rehuliuvalnykh parametriv na palyvnu ekonomichnist i ekolohichni pokaznyky benzynovoho dvyhuna z systemoiu neitralizatsii vidpratsovanykh haziv" [Investigation of adjusting parameters on fuel economy and environmental performance petrol engine with exhaust gas neutralization system], *Scientific notes. - Luck: LNTU, 2010. - № 28. - P. 331-335. (Ukr)*

18. Grytsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Verbovskiy V. "Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System," *SAE Technical Paper 2016-01-8071*, 2016, doi: 10.4271/2016-01-8071.

19. DSTU UN/ECE R 83-05:2009. "Yedyni tekhnichni prypysy shchodo ofitsiinoho zatverdzhennia kolisnykh transportnykh zasobiv stosovno vykydiv zabrudniuvalnykh rehovyn zalezho vid palyva, neobkhdnoho dlia dvyhuniv" [Uniform technical prescriptions concerning the approval wheeled vehicles concerning emissions of pollutants depending on the required fuel engines], Print. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з комбінованою системою прогріву / В.П. Матейчик, В.П. Волков, І.В. Грицук, М.П. Цюман // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті розглянуто результати дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу для вирішення проблеми теплової підготовки в процесі руху при використанні систем прогріву в умовах експлуатації.

Об'єкт дослідження – вплив процесів прогріву двигуна на паливну економічність та екологічні показники транспортного засобу в процесі руху.

Мета роботи – дослідження впливу використання комбінованої системи прогріву двигуна на паливну економічність та екологічні показники транспортного засобу в процесі руху.

Метод дослідження – системний аналіз паливної економічності і екологічних показників транспортних засобів при використанні систем прогріву.

У статті наведені результати експериментальних і теоретичних досліджень системи прогріву двигуна із застосуванням теплового акумулятора з фазовим переходом при русі транспортного засобу в їздовому циклі. Особливість представленої системи полягає в тому, що вона використовує для накопичення теплоти в теплому акумуляторі теплову енергію відпрацьованих газів двигуна в процесі його роботи. Описана методика оцінювання витрати палива і викидів шкідливих речовин транспортного засобу з такою системою в режимах їздового циклу згідно з Правилами ЄЕК ООН № 83-05. Методика враховує параметри навколишнього середовища, дорожні умови, конструктивні параметри транспортного засобу, режими його руху, тепловий стан системи охолодження двигуна і каталітичного нейтралізатора. Експериментальним шляхом визначено закономірності зміни технічних параметрів двигуна G4GC (4Ч 7,72 / 8,45) в процесі його прогріву із застосуванням системи прогріву в складі теплового акумулятора. Методом математичного моделювання отримані кількісні значення показників витрати палива і шкідливих викидів в процесі руху автомобіля KIA CEE'D 2.0 5MT2 в їздовому циклі. Аналіз результатів досліджень показав, що застосування системи прогріву на транспортному засобі дозволяє істотно зменшити час прогріву двигуна, знизити витрату палива і викиди шкідливих речовин в умовах експлуатації.

Результати статті можуть бути впроваджені у процесі проектування і формування систем забезпечення оптимального температурного стану двигунів транспортних засобів.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – пошук найбільш ефективних способів забезпечення оптимального температурного стану двигуна і транспортного засобу в процесі руху при використанні систем прогріву.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ПРОГРІВУ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ОПТИМАЛЬНИЙ ТЕМПЕРАТУРНИЙ СТАН, ДВИГУН, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, КАТАЛІТИЧНИЙ НЕЙТРАЛІЗАТОР, ЇЗДОВИЙ ЦИКЛ.

ABSTRACT

Mateichyk V.P., Volkov V.P., Gritsuk I.V., Tsiuman M.P. The research of vehicle fuel economy and environmental performance with combined heating system. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article describes the research results of vehicle fuel economy and environmental performance for solving the problem of heat preparation in motion process using heating systems under operational conditions.

Object of the study - the impact of the engine heating processes for fuel economy and environmental performance of the vehicle in motion

Purpose of the study - the study of impact the engine combined heating system using for fuel economy and environmental performance of the vehicle in motion.

Method of the study - system analysis of vehicles fuel economy and environmental performance using heating systems.

The article suggests the results of experimental and theoretical studies of the engine heating system with a phase-transitional thermal accumulator when the vehicle is in motion in a driving cycle. The peculiarity of the presented system is that it uses thermal energy of exhaust gases to accumulate energy during engine operation. The article describes the methodology to evaluate vehicle fuel consumption and emission in the driving cycle according to the UNECE Regulation № 83-05. The methodology takes into account the environmental parameters, road conditions, the design parameters of the vehicle, the modes of its motion, thermal state of the engine cooling system and the catalytic converter. Experimental studies determined the patterns of changing technical parameters of the engine G4GC (4FS 7.72 / 8.45) in the heating process using the heating system with thermal accumulator. Mathematical modeling techniques enabled to obtain quantitative values of fuel consumption and emission of KIA CEE'D 2.0 5MT2 in the driving cycle. The analysis of the research results showed that using the vehicle heating system can significantly reduce the time of heating the engine, fuel consumption and harmful emission under operating conditions.

The results of the article can be incorporated into the design and formation processes of optimal temperature state ensuring systems for vehicular engine.

Forecast assumptions about the object of study - searching of the most effective ways for optimal temperature state ensuring of the engine and the vehicle in motion using heating systems.

KEYWORDS: COMBINED HEATING SYSTEM, FUEL ECONOMY, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE, OPTIMAL TEMPERATURE STATE, ENGINE, VEHICLE, CATALYTIC CONVERTER, DRIVING CYCLE.

РЕФЕРАТ

Матейчик В.П. Исследование топливной экономичности и экологических показателей транспортного средства с комбинированной системой прогрева / В.П. Матейчик, В.П. Волков, И.В. Грицук, Н.П. Цюман // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены результаты исследования топливной экономичности и экологических показателей транспортного средства для решения проблемы тепловой подготовки в процессе движения при использовании систем прогрева в условиях эксплуатации.

Объект исследования - влияние процессов прогрева двигателя на топливную экономичность и экологические показатели транспортного средства в процессе движения.

Цель работы - исследование влияния использования комбинированной системы прогрева двигателя на топливную экономичность и экологические показатели транспортного средства в процессе движения.

Метод исследования - системный анализ топливной экономичности и экологических показателей транспортных средств при использовании систем прогрева.

В статье приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований системы прогрева двигателя с применением теплового аккумулятора с фазовым переходом при движении транспортного средства в ездовом цикле. Особенность представленной системы заключается в том, что она использует для накопления теплоты в тепловом аккумуляторе тепловую энергию отработавших газов двигателя в процессе его работы. Описана методика оценивания расхода топлива и выбросов вредных веществ транспортного средства с такой системой в режимах ездового цикла согласно Правилам ЕЭК ООН № 83-05. Методика учитывает параметры окружающей среды, дорожные условия, конструктивные параметры транспортного средства, режимы его движения, тепловое состояние системы охлаждения двигателя и каталитического нейтрализатора. Экспериментальным путем определены закономерности изменения технических параметров двигателя G4GC (4Ч 7,72 / 8,45) в процессе его прогрева с применением системы прогрева в составе теплового аккумулятора. Методом математического моделирования получены количественные значения показателей расхода топлива и вредных выбросов в процессе движения автомобиля KIA CEE'D 2.0 5MT2 в ездовом цикле. Анализ результатов исследований показал, что применение системы прогрева на транспортном средстве позволяет существенно уменьшить время прогрева двигателя, снизить расход топлива и выбросы вредных веществ в условиях эксплуатации.

Результаты статьи могут быть внедрены в процессы проектирования и формирования систем обеспечения оптимального температурного состояния двигателей транспортных средств.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - поиск наиболее эффективных способов обеспечения оптимального температурного состояния двигателя и транспортного средства в процессе движения при использовании систем прогрева.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГРЕВА, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ОПТИМАЛЬНОЕ ТЕМПЕРАТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ, ДВИГАТЕЛЬ, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, КАТАЛИТИЧЕСКИЙ НЕЙТРАЛИЗАТОР, ЕЗДОВОЙ ЦИКЛ.

АВТОРИ:

Матейчик Василь Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +38044-280-79-40, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1.

Волков Володимир Петрович, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри технічної експлуатація і сервісу автомобілів,

e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua, тел. +38057-707-37-69, Україна, 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

Грицук Ігор Валерійович, доктор технічних наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, кафедра технічної експлуатації і сервісу автомобілів, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, тел. +38066-698-37-39, Україна, 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

Цюман Микола Павлович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри двигунів та теплотехніки, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38 044 280 47 16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

AUTHORS:

Mateichyk Vasyl P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Dean of the Automobile Mechanic Faculty, e-mail: wmate@ukr.net, tel. +38044-280-79-40, Ukraine, 01010, Kyiv, Suworova str. 1.

Volkov Volodymyr.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Head of Department Technical maintenance and service of vehicles, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua, tel. +38057-707-37-69, Ukraine, 61002, Kharkiv, Str. Petrovskogo, 25.

Grytsuk Igor V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Department Technical maintenance and service of vehicles, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, tel. +066-698-37-39, Ukraine, 61002, Kharkiv, Str. Petrovskogo, 25.

Tsiunan Mykola P., Ph.D., Associate professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Engines and Heating Engineering, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38 044 280 47 16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suworova str., 1.

АВТОРЫ:

Матейчик Василий Петрович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, декан автомеханического факультета, e-mail: wmate@ukr.net, тел. +38044-280-79-40, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1.

Волков Владимир Петрович, доктор технических наук, профессор, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, заведующий кафедрой технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua, тел. +38057-707-37-69, Украина, 61002, г. Харьков, ул. Петровского, 25.

Грицук Игорь Валериевич, доктор технических наук, доцент, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, кафедра технической эксплуатации и сервиса автомобилей, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, тел. +066-698-37-39, Украина, 61002, г. Харьков, ул. Петровского, 25.

Цюман Николай Павлович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: tsuman@ukr.net, тел. +38 044 280 47 16, Украина, 01010, м. Киев, ул. Суворова, 1.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Мігаль В.Д., доктор технічних наук, професор, Харківський Національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів, Харків, Україна.

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Migal V.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkov National Automobile and Highway University, Professor of Department Technical maintenance and service of vehicles, Kharkov, Ukraine.

Levkivskiy O.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Department of Manufacturing, Repair and Materials Engineering, Kyiv, Ukraine.